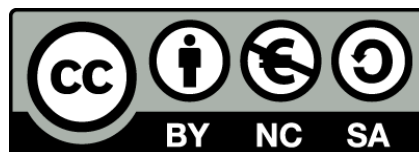




UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

## **Análisis de la aplicabilidad de los dispositivos supraglóticos (mascarilla laríngea) en procedimientos neuroanestésicos**

Paola A. Hurtado Restrepo



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – Compartir Igual 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – Compartir Igual 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0. Spain License.**

# Análisis de la aplicabilidad de los dispositivos supraglóticos (mascarilla laríngea) en procedimientos neuroanestésicos

Doctorando  
Paola A Hurtado Restrepo

Directores  
Neus Fàbregas Julià  
Ricard Valero Castell



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA





UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

Los Doctores **Neus Fàbregas Julià** y **Ricard Valero Castell**, como directores del trabajo de tesis doctoral: **Análisis de la aplicabilidad de los dispositivos supraglóticos (mascarilla laríngea) en procedimientos neuroanestésicos.**

Certifican:

Que esta tesis ha sido realizada por **Paola A Hurtado Restrepo**, bajo nuestra dirección, para optar al grado de Doctor.

Los artículos que se incluyen en esta tesis cumplen las condiciones vigentes en la Facultad de Medicina de la Universitat de Barcelona para la presentación de tesis doctorales por publicaciones.

En Barcelona, a 9 setembre de 2021

Neus Fàbregas Julià

Ricard Valero Castell



## AGRADECIMIENTOS

---

A mis maestros Prof. Ricard Valero Castell y a la Prof. Neus Fábregas Julia por su dedicación, su paciencia y su generosidad durante todos estos años.

A todos los maestros que he tenido en el servicio de Anestesiología, en especial a la Dra Pilar Taura, a la Prof. Carmen Gomar, a la Dra Mercè Luis por sus enseñanzas de vida y de la profesión. Que suerte haberos conocido y haber sido vuestra alumna.

A mis compañeros radiólogos y neurocirujanos especialmente al Dr Joaquim Enseñat, a Quim, por toda su ayuda, por su confianza y por todos los buenos momentos en el quirófano durante estos años.

A mis compañeros y amigos del grupo Enrique, Javier, Marta, Isa G, Nico, Isa B y Jaume, gracias por todo vuestro apoyo y cariño. Porque todo es posible a vuestro lado.

A las enfermeras de quirófano de neurocirugía Gemma, Ana, Gloria y Cristina por su ayuda incondicional y por su amistad.

A los pacientes por su colaboración desinteresada.

A Mauro, Miguel y Lucas por su tiempo, su comprensión y sobre todo por su amor.

A mis padres por enseñarme a soñar.



## Abreviaciones

---

- **DSG:** Dispositivos supraglóticos
- **DVP:** Derivación ventriculoperitoneal
- **DTC:** Doppler transcraneal
- **IOT:** Intubación orotraqueal
- **LCR:** Líquido Cefalorraquídeo
- **ML:** Mascarilla laríngea
- **NRC:** Neurocirugía
- **TOT:** Tubo orotraqueal
- **UCI:** Unidad de cuidados intensivos
- **VAD:** Vía aérea difícil





<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>5</b>
<b>ABREVIACIONES</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>1. LA VÍA AÉREA EN ANESTESIA</b>	<b>12</b>
1.1. DSG (mascarilla laríngea) en anestesia y paciente crítico	13
1.2. Del uso de la ML en las indicaciones avanzadas	16
<b>2. MANEJO DE LA VÍA AÉREA EN NEUROCIRUGÍA</b>	<b>18</b>
2.1. Manejo de la vía aérea en cirugía de hipófisis	21
2.2. Manejo de la vía aérea en cirugía lumbar	23
2.3. Manejo de la vía aérea en cirugía cervical	25
2.4. Manejo de la vía aérea en cirugía derivación ventrículooperitoneal	25
2.5. Manejo de la vía aérea en Neuroradiología intervencionista	26
2.6. Manejo de la vía aérea en NRC con el paciente despierto (“awake neurosurgery”)	27
<b>3. SEGURIDAD EN ANESTESIOLOGÍA</b>	<b>29</b>
3.1. Conceptos Básicos	29
3.2. Seguridad en la vía aérea	29
3.3. Seguridad en los DSG	30
<b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b>	<b>33</b>
<b>1. HIPÓTESIS</b>	<b>34</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>34</b>
Objetivo General	34
<b>MÉTODOS Y RESULTADOS</b>	<b>37</b>
Artículo 1.	38
Artículo 2.	44
Artículo 3.	50
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>63</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>71</b>



## INTRODUCCIÓN

---

## 1. LA VÍA AÉREA EN ANESTESIA

La innovación tecnológica ha conseguido que las intervenciones quirúrgicas se realicen cada vez con mayor precisión y además con menores efectos secundarios para los pacientes. En consecuencia, la agresión quirúrgica disminuye, aunque las cirugías sean complejas, y la recuperación post operatoria es más segura, rápida y con mejor pronóstico. Una prueba de ello es el auge de los procesos de “rápida recuperación postoperatoria”, enmarcadas en nuestro país en las recientemente publicadas guías RICA,<sup>1</sup> así como el aumento progresivo de la cirugía mayor ambulatoria y los procedimientos mínimamente invasivos dentro y fuera del quirófano.

Sin embargo, incluso las nuevas técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas para poderse llevar a cabo siguen requiriendo, en muchos casos, unas condiciones de relajación total del paciente. Esto implica que en muchos procedimientos se requiera la realización de una anestesia general, la mayoría de las veces administrando fármacos relajantes neuromusculares. En este contexto es imprescindible asegurar una ventilación y oxigenación correctas, para lo que es necesaria la manipulación de la vía aérea con diferentes dispositivos para mantenerla permeable y evitar broncoaspiraciones. También se requiere el soporte ventilatorio mediante la conexión al respirador y el uso de diferentes modalidades de ventilación mecánica.

La seguridad del paciente durante el manejo de la vía aérea es una de las principales preocupaciones entre los anestesiólogos.<sup>2</sup> La introducción de la pulsioximetría y la capnografía se asociaron a una disminución de las complicaciones respiratorias y el daño cerebral relacionados con la anestesia.<sup>3,4</sup> A pesar de estas monitorizaciones, en la década de los 90 se observó que la incidencia de daño cerebral permanente asociado a complicaciones en el manejo de la vía aérea durante la anestesia general era mucho más alta que la incidencia asociada al manejo cardiovascular.<sup>5</sup> Desde entonces, la especialidad ha asumido el reto de mejorar el manejo de la vía aérea avanzando en formación continuada, incluyendo talleres de simulación, promoviendo líneas de investigación y desarrollando nuevas técnicas enfocadas en resolver diferentes problemas que se seguían produciendo durante la manipulación de la vía aérea. Esto ha dado como resultado centenares de proyectos de investigación y publicaciones, y también ha promovido la formación de sociedades científicas centradas en el manejo de la denominada “vía aérea difícil” (VAD) en diferentes países. Se han propuesto guías de actuación con recomendaciones y árboles de decisión para conseguir un óptimo manejo de la vía aérea y ayudar a superar con rapidez y seguridad cualquier dificultad, prevista o imprevista, que se pueda presentar en diferentes situaciones.<sup>6,7,8</sup>

Respecto a los dispositivos utilizados para controlar la vía aérea, desde hace mucho tiempo, al iniciar el proceso anestésico se ventila al paciente con una mascarilla facial que abarca nariz y boca, para mantener una ventilación asistida adecuada, durante el periodo de inducción. A continuación, cuando el paciente tiene un plano de profundidad anestésica suficientemente profundo, se retira la mascarilla y durante muchos años se ha utilizado el laringoscopio, mayoritariamente el laringoscopio de Macintosh, para la visualización e identificación de las cuerdas vocales e introducción del tubo orotraqueal (TOT) a su través. Esta maniobra se conoce como intubación orotraqueal (IOT). El objetivo de introducir un TOT a través de las cuerdas vocales es mantener la vía aérea permeable garantizando una ventilación y oxigenación adecuada y, a su vez, conservar la separación de la vía aérea y el sistema digestivo.

A partir de la década de los 80 se empezaron a realizar intubaciones con fibrobroncoscopio para resolver los casos en que no se conseguía visualizar las cuerdas vocales con el laringoscopio y en los 90 aparecieron los videolaringoscopios, con gran potencial en pacientes con VAD ya que mejoran la visión de la orofaringe respecto a los laringoscopios convencionales y son de mantenimiento más económico y de manejo más fácil comparados con los fibrobroncoscopios.<sup>6</sup>

### 1.1. DSG (mascarilla laríngea) en anestesia y paciente crítico

De forma paralela al uso del fibrobroncoscopio para realizar la IOT en las situaciones de VAD en anestesia, en los años 80 aparecieron también los DSG diseñados con la finalidad de ofrecer una alternativa a la intubación orotraqueal. La cánula orofaríngea con balón<sup>9</sup>, el tubo laríngeo<sup>10</sup>, el combitubo<sup>11</sup> y la ML clásica (LMA, Teleflex, Westmeath, Ireland) son algunos de estos dispositivos. La ML fue diseñada por el Dr. Brain, quien fue el primero en describir su uso clínico en 1983.<sup>12</sup> Este primer diseño consistía en una máscara con un balón que se colocaba a la entrada de la laringe, su extremo distal quedaba en el esófago y el orificio de salida de aire quedaba en frente de la glotis; al insuflar el balón, los bordes de la mascarilla sellaban las zonas laterales de la faringe impidiendo la fuga de aire y permitiendo la ventilación.<sup>13</sup> (Figura 1)

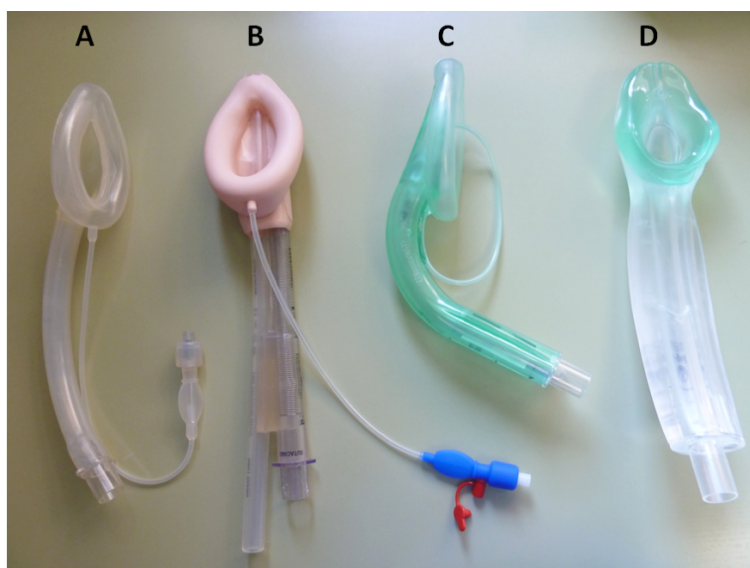


Figura 1. Ejemplos de diferentes tipos de Mascarillas laríngeas/DSG. A: primera generación de ML desechable, B: segunda generación reutilizable (ML Proseal®); C: segunda generación desechable (ML Ambu®), D: segunda generación sin balón hinchable (ML i-gel®).

#### COLOCACIÓN DE LA MASCARILLA LARÍNGEA

Una vez insertada en la faringe, forma un sello de baja presión alrededor de la entrada de la laringe, permitiendo la ventilación y la oxigenación con menos estimulación que la laringoscopia y la intubación.<sup>14</sup> (Figura 2)

La ML puede ser colocada mediante la Técnica clásica que se iniciaría con la colocación del paciente en posición de olfateo (cuello flexionado en relación al tórax y cabeza extendida sobre el mismo) manteniendo dicha posición con la mano no dominante. La mascarilla se coge en la unión del manguito con el tubo con el dedo índice en posición anterior y el pulgar en posterior, como si cogiéramos un lápiz. La boca debe de abrirse suavemente y el manguito, previamente lubricado, se posiciona completamente aplanado contra el paladar duro evitando que la punta se doble. A partir de esta posición ya no es necesaria la ayuda del pulgar y la mascarilla se empuja con el dedo índice avanzándola a lo largo de la curva palatofaríngea enfrentando la dirección de empuje de la mano dominante con la no dominante. Durante este movimiento final el dedo índice está extendido y la muñeca en rotación interna. Para evitar el desplazamiento de la mascarilla podemos sujetar el extremo distal del tubo hasta que el índice es retirado. Durante la inserción, se debe inspeccionar el interior de la boca para evitar que la punta de la mascarilla se doble.<sup>15</sup>

Existen otros métodos adicionales para la inserción de la ML ProSeal®:

- Con ayuda de una herramienta introductora cuya punta se encaja en la trabilla de la mascarilla y en la ranura se enclava el tubo aéreo. Con esta técnica la inserción es similar a la de la ML fastrach, evitando introducir los dedos en la boca y puede facilitar la inserción en posiciones no convencionales como de frente o de lado del paciente.
- Técnica guiada, bien con una guía elástica gum elastic bougie, o con ayuda de un catéter de aspiración, que se ubican, bien lubricados, en el tubo de drenaje. En el caso de la guía elástica se necesita la visión directa con una manipulación suave con el laringoscopio y en el caso del catéter se introduce a ciegas y sólo si se encuentra resistencia se utiliza el laringoscopio. En ambos casos se introducen los fiadores unos 5-10 cm en el esófago y después se avanza la ML sobre ellos, hasta que la punta se apoya en el esfínter esofágico superior. Con estas técnicas la tasa de éxito al primer intento está en el 97% con el uso del catéter y en el 100% con la guía elástica.<sup>16,17</sup>

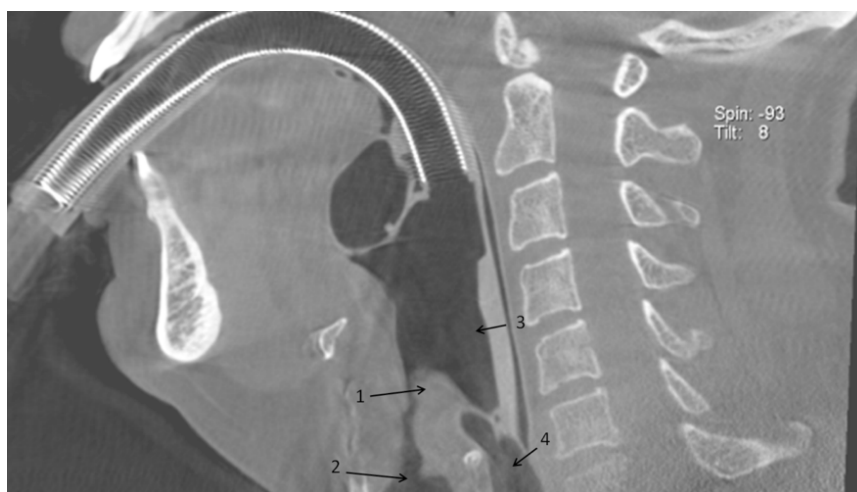


Figura 2. Imagen de una mascarilla laríngea, insertada en su posición, en una resonancia magnética nuclear. (1. Epiglotis, 2. Tráquea, 3. Mascarilla Laríngea, 4. Esófago)

Inicialmente, las indicaciones de la ML se circunscribían a su uso como alternativa de la ventilación con máscara facial, en cirugías no invasivas, intervenciones inferiores a 2 horas de duración, en pacientes sanos (clasificación de la American Society of Anesthesiology (ASA) 1 y 2), y mayoritariamente en ventilación espontánea.<sup>18</sup>

Posteriormente, a medida que los anestesiólogos fueron ganando experiencia en su uso y el diseño de los dispositivos fue mejorando, estas indicaciones se extendieron tanto para procedimientos quirúrgicos más complejos como sustituto del TOT,<sup>19</sup> y como dispositivos útiles para el manejo de la VAD no prevista y la VAD prevista como conductor para la intubación.<sup>7</sup>

Minimizar la agresión a la vía aérea de un paciente sin restar seguridad y eficacia es el objetivo de cualquier manejo anestésico. La aparición y uso de la ML respeta estos parámetros, por lo que se ha convertido en un apoyo decisivo del acto quirúrgico.

Los DSG han demostrado a su vez un papel vital para el rescate de la vía aérea en situaciones de “no puedo intubar no puedo oxigenar”.<sup>20</sup>

Las ML son fáciles de usar y más efectivas que la mascarilla facial durante las maniobras de resucitación<sup>21</sup> y pueden utilizarse además como alternativa a la intubación en el ámbito extrahospitalario.<sup>22</sup>

Entre las **ventajas** de los DSG destacan:

- Fácil y rápida colocación sin necesidad de relajantes musculares.<sup>23</sup>
- Disminución de la respuesta neuroendocrina de la laringoscopia e intubación. Esta respuesta, aunque es corta en el tiempo, puede ser particularmente deletérea en la circulación coronaria y cerebral en pacientes de alto riesgo, teniendo como consecuencia potencial la aparición de isquemia miocárdica, ruptura de aneurisma de aorta, edema cerebral o hemorragia cerebral.<sup>24,25,26</sup>
- Disminución de traumatismos potenciales de la laringoscopia e intubación.<sup>27,28</sup>
- Posibilidad de mantener la ventilación espontánea.<sup>29</sup>
- Menores requerimientos de anestésicos.<sup>30,31</sup>
- Menor incidencia de tos y laringoespasma en la recuperación postoperatoria inmediata<sup>12,32</sup>, así como a una menor incidencia de disfonía, dolor de garganta y náusea en comparación con el tubo endotraqueal.
- Menor elevación de la presión intraocular e intracraneal.<sup>14</sup>

Las **contraindicaciones** del uso de los DSG, entre otros, serían un elevado riesgo de broncoaspiración, anomalías sospechosas o conocidas en la anatomía supraglótica o la necesidad de presiones altas en las vías respiratorias para una ventilación eficaz. (Tabla 1)

Contraindicaciones relativas del uso de los DSG		
Riesgo de broncoaspiración		
Paciente que requiera presiones altas de la vía aérea para su manejo ventilatorio		
Interferencia con el campo quirúrgico: cirugía intraoral		
Cirugía que amenace el correcto funcionamiento del dispositivo: procedimientos que incluyan compresión cervical o manipulación de la boca		
Pacientes con patología que interfiera en la inserción o función de la ML		
Patología previa que pueda agravarse con la ML como traumatismo/tumores orales	Nivel extraglótico	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ apertura de boca limitada (&lt; 2 cm difícil, &lt; 1.2 cm imposible)</li> <li>■ dientes prominentes</li> <li>■ macroglosia</li> <li>■ tumores/traumatismos orales</li> <li>■ tumores/traumatismos faríngeos</li> <li>■ columna cervical inestable</li> <li>■ obesidad mórbida</li> </ul>
	Nivel Glótico/ Subglótico	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ laringomalacia</li> <li>■ tumores/traumatismos glóticos</li> <li>■ tumores/estenosis subglóticas</li> <li>■ fibrosis pulmonar</li> <li>■ asma bronquial</li> <li>■ síndrome de distrés respiratorio del adulto</li> <li>■ neumotórax a tensión</li> </ul>

Tabla 1: contraindicaciones relativas del uso de los DSG<sup>33,34</sup>



A pesar de sus numerosas ventajas, también se han descrito **complicaciones** asociadas al uso de la ML, La mayor parte se relacionan con un entrenamiento inadecuado y la utilización de dispositivos de primera generación, sin canal gástrico.<sup>19</sup>

- El riesgo de distensión gástrica, reflujo gastroesofágico y contaminación traqueal (broncoaspiración) puede aumentar con un posicionamiento incorrecto, especialmente si se utiliza presión positiva. Un estudio realizado en el Reino Unido, *the Fourth National Audit Project (NAP4)*, observó que la aspiración fue la causa más frecuente de mortalidad por complicaciones de la vía aérea e identificó pacientes en los que se utilizaron DSG a pesar de tener condiciones que favorecerían la aspiración como la obstrucción intestinal. Otro factor de riesgo identificado en este estudio fueron la obesidad y las neoplasias de cabeza y cuello. La aspiración de contenido gástrico ocurrió más frecuentemente con DSG de primera generación, así que sería recomendable el uso de dispositivos de segunda generación para prevenir esta complicación.<sup>35</sup>
- El traumatismo en los tejidos blandos durante la colocación de la ML no es poco frecuente y la ML puede verse teñida de sangre al extraerla. El plegado de la punta de la ML sobre sí misma, el uso de la fuerza indebida, la técnica incorrecta o la profundidad inadecuada de la anestesia podría ser responsable de esta complicación.<sup>36</sup>
- Se han notificado varios casos de parálisis nerviosas, incluyendo parálisis del nervio lingual, nervio hipogloso, nervio glossofaríngeo y nervio laríngeo recurrente.<sup>37</sup> Para prevenir la lesión nerviosa o la fuga orotraqueal es adecuado medir las fugas y la presión de inflado de la ML con un manómetro para evitar la sobrepresión.
- Se han descrito también otros eventos como hinchazón de la lengua, cianosis de la lengua, luxación de cartilago aritenoides, dislocación de la articulación temporomandibular, y disfunción de las cuerdas vocales. Algunas de estas complicaciones pueden atribuirse a presiones altas del manguito o a una duración prolongada del uso de la ML.<sup>38</sup>

El análisis de la experiencia y de las complicaciones es lo que al final supone que la ML pase de usarse de situaciones más sencillas a intervenciones más avanzadas. Así mismo, es necesaria la formación continuada y el entrenamiento constante para desarrollar habilidad y destreza que permita enfrentarse a situaciones menos convencionales de manera segura.

La utilización de dispositivos de segunda generación está altamente recomendada porque proveen mejores condiciones de ventilación y su colocación óptima puede ser confirmada mediante diferentes tests clínicos.<sup>39</sup>

## 1.2. Del uso de la ML en las indicaciones avanzadas

En las últimas décadas se han desarrollado y modificado distintos DSG originales (llamados de primera generación) hasta llegar a los dispositivos de segunda generación con características diferentes con respecto a la ML inicial.

Estas **características diferenciales** serían:

- Una mejor presión de sellado orofaríngeo.
- La existencia de un canal gástrico (que se instala en el esfínter esofágico superior cuya función es aislar la vía aérea de una posible regurgitación del líquido gástrico y, por tanto, de contaminación de la vía respiratoria).
- La capacidad de intubación mediante fibrobroncoscopio a su través.<sup>40</sup>

Algunos ejemplos de dispositivos de segunda generación son la ML Proseal<sup>®</sup>, diseño del 2001, que intenta mejorar los fallos o deficiencias de la anterior, protegiendo la vía aérea frente a la aspiración añadiendo un segundo tubo, que se encuentra lateral al tubo de la vía aérea y permite el paso de una sonda de aspiración a su través.<sup>41</sup> La ML i-gel<sup>®</sup> no contiene ningún componente metálico en su interior, lo que la hace ideal para evitar artefactos durante su uso en la resonancia magnética.<sup>42</sup>

La inserción de la ML de segunda generación puede hacerse de forma digital, que es la forma tradicional, o de forma guiada, colocando a través del canal gástrico una sonda nasogástrica o guía que evita que la punta de la mascarilla se doble.<sup>43</sup>

A medida que se ha ganado más experiencia en el uso de los DSG y con la evolución en el diseño de las mascarillas, se ha ampliado la utilización de estas en escenarios como:

- Cirugía laparoscópica.<sup>44</sup>
- Pacientes obesos.<sup>45</sup>
- Cirugías de larga duración.<sup>46</sup>
- Posiciones diferentes al supino.<sup>35</sup>

Hay cada vez más experiencia en el uso de la ML en **cirugía laparoscópica**. Entre las ventajas conocidas destaca una mayor estabilidad hemodinámica y respiratoria y el menor compromiso del movimiento mucociliar. La ML también se ha asociado a una menor incidencia de laringoespasma y tos durante la educación, así como a una menor incidencia de disfonía, dolor de garganta y náuseas en comparación con el tubo endotraqueal. Además, la utilización de la ML en procedimientos laparoscópicos digestivos<sup>30</sup> o ginecológicos<sup>47</sup> se ha asociado a menor incidencia de náuseas y a menor incidencia de dolor en el postoperatorio inmediato en comparación a los pacientes intubados. Estas características favorecen el alta precoz en procedimientos cada vez más rápidos y menos invasivos lo que mejora el resultado de global de estas intervenciones.<sup>30</sup> En este contexto, un metaanálisis han enfatizado la importancia de dejar la sonda gástrica colocada a través de la mascarilla para favorecer el drenaje de contenido gástrico en caso de regurgitación.<sup>44</sup>

La utilización de la ML en **posiciones diferentes al supino** es también un uso avanzado de los DSG. La metodología para la colocación de los DSG en pacientes en prono ha sido extensamente descrita.<sup>48-50</sup> Varios estudios han descrito altas tasas de éxito en la inserción y la ventilación con DSG en prono, semejantes a los descritos en supino, por anestesiólogos experimentados,<sup>48,50-52</sup> aún en pacientes obesos.<sup>49</sup> El uso de la ML en prono tiene varias ventajas como la reducción del tiempo entre la inducción y la incisión, la disminución de cambios cardiovasculares y la disminución de esfuerzo del equipo para girar al paciente de supino a prono.<sup>53</sup> Pacientes cuidadosamente seleccionados se pueden beneficiar de adoptar el prono y así evitar el riesgo de eventos adversos derivados de cambiar la posición de supino a prono una vez anestesiados. La factibilidad de insertar ML en pacientes anestesiados en **prono** se ha descrito en estudios previos, con defensores<sup>54</sup> y detractores.<sup>55</sup>

Algunas consideraciones relevantes deben ser enfatizadas para un uso clínico seguro. Primero, el anestesiólogo debe tener una amplia experiencia con el uso de DSG para poder identificar rápidamente y manejar cualquier complicación que pueda surgir. Segundo, los DSG de segunda generación están especialmente recomendados en este uso particular ya que proporcionan una mejor ventilación y mayor protección de la vía aérea. Tercero, se debe tener el material para el manejo de la VAD imprevista disponible inmediatamente. Y, finalmente, una selección cuidadosa de los pacientes elegibles para este procedimiento es esencial.<sup>51</sup> Añadir que la inserción de una ML estando el paciente en decúbito prono ha sido usado como técnica de rescate después de la extubación accidental en posición prona.<sup>54,56</sup>

Otro uso avanzado de la ML es la **sustitución del TOT por un dispositivo supraglótico en la educación anestésica (despertar)**. La apnea durante el recambio del TOT por la mascarilla puede ser evitada mediante la técnica de Bailey que consiste en insertar una sonda de succión de 8-10 cm a través del tubo de drenaje de la ML, luego colocar la mascarilla por detrás del TOT, permitiendo que el catéter entre en el esófago y guíe la punta de la mascarilla hasta su posición correcta. Después, el balón de la ML se hincha hasta una presión de 60 cm H<sub>2</sub>O con un manómetro, se cambia el circuito, se vacía el neumotaponamiento y se retira el TOT.<sup>57</sup>

Diferentes estudios han mostrado que la retirada de la ML está asociada a menos efectos cardiovasculares que la extubación tanto en pacientes hipertensos como normotensos; menor frecuencia cardíaca y menor presión arterial.<sup>58</sup> Esta puede ser una alternativa efectiva para proveer estabilidad hemodinámica en pacientes cardiovasculares o neuroquirúrgicos vulnerables, particularmente en pacientes con historia de hipertensión arterial, reduciendo el riesgo de complicaciones en el periodo postoperatorio.<sup>32</sup>

También ha sido usada en cirugía torácica para prevenir la tos durante el despertar, intercambiando el TOT de doble luz por la ML al finalizar la intervención.<sup>59</sup>

La extubación previo intercambio del TOT con una ML ha sido incluida en las guías de la Sociedad de VAD para el manejo de la extubación traqueal en pacientes con VAD, donde los autores la recomiendan como una técnica avanzada.<sup>8</sup>

## 2. MANEJO DE LA VÍA AÉREA EN NEUROCIRUGÍA

El objetivo del manejo anestésico en neurocirugía (NRC) es garantizar la adecuada profundidad anestésica, y la monitorización intraoperatoria tanto respiratoria como hemodinámica sistémica y cerebral. Además, el efecto de los fármacos anestésicos, de los cambios de presión arterial media, de la temperatura y de los niveles de anhídrido carbónico puede tener una influencia decisiva para contrarrestar algunos tipos de edema cerebral. Todo ello para facilitar la labor de los cirujanos, la monitorización neurofisiológica y minimizar cualquier iatrogenia perioperatoria.

El manejo de la vía aérea en neuroanestesia no difiere mucho del manejo estándar para anestesia general recomendada por las guías internacionales. Sin embargo, hay algunos factores únicos relacionados con la naturaleza de algunos procedimientos neuroquirúrgicos y con las implicaciones de ciertas enfermedades neurológicas que presentan retos específicos para mantener la ventilación y la permeabilidad de la vía aérea durante todo el proceso perioperatorio. Los neuroanestesiólogos necesitan ser conscientes de los riesgos y ser hábiles en diferentes técnicas para manejar la vía aérea de forma eficiente y segura.

El manejo de la **vía aérea y la patología neurológica están recíprocamente relacionados**. Las características de los pacientes neurológicos, como la disminución del nivel de consciencia, un cierto grado de miopatía o lesiones de pares craneales bajos, afectan directamente la permeabilidad de la vía aérea, los reflejos protectores o el control de la ventilación, disminuyendo el margen de seguridad de las maniobras para asegurar la vía aérea.

La **evaluación preoperatoria de la vía aérea en NRC** es, en términos generales, similar a la población quirúrgica general. Está recomendada la evaluación concienzuda de la vía aérea especialmente en pacientes con enfermedades asociadas a VAD, como la artritis reumatoide, patología de la columna cervical o acromegalia., lo cual precisa de una buena planificación.

Se debe tener especial consideración durante la valoración preanestésica por el riesgo de aumento de la presión intracraneal y su repercusión clínica en el paciente con patología neurológica. Así mismo, es importante tener en cuenta la asociación de lesiones de los pares craneales bajos, con la disminución de los reflejos protectores de la vía aérea, con el consecuente riesgo aumentado de aspiración o hipoventilación. Se debe discutir con antelación

los detalles de la cirugía y la posición del paciente para planear una estrategia apropiada para el manejo de la vía aérea.

La **inducción anestésica en el paciente neuroquirúrgico**, el objetivo principal del anestesiólogo durante la inducción y la laringoscopia es mantener un estricto control hemodinámico para bloquear la respuesta simpática de la laringoscopia.

La respuesta a la manipulación agresiva de la vía aérea y el fracaso en ventilar o administrar una oxigenación adecuada puede tener un impacto devastador en el resultado neurológico en pacientes con lesiones de la columna cervical o con hipertensión intracraneal, por ejemplo. La hipercapnia podría desencadenar hiperemia cerebral, aumento de la PIC y disminución de la perfusión cerebral, y la hipoxia empeoraría la isquemia cerebral en especial en pacientes con la autorregulación comprometida.

La intubación provoca un aumento del consumo de oxígeno, taquicardia e hipertensión como consecuencia del aumento en la secreción de catecolaminas que afectarían la homeostasis cerebral. Es necesario mantener una presión de perfusión cerebral adecuada para evitar tanto episodios de isquemia como de hiperemia cerebral. Igualmente, se debe evitar la aparición de tos, náuseas, vómitos o cualquier maniobra de Valsalva que, añadidos a la alteración de la autorregulación propia de la patología del paciente, podrían provocar episodios severos de hiperemia cerebral. Para prevenir las alteraciones hemodinámicas durante la laringoscopia y evitar el aumento de la PIC se han usado fármacos como la lidocaína a dosis de 1 mg/Kg<sup>60</sup> o el esmolol<sup>61</sup> durante la inducción. Otro fármaco utilizado ha sido la clonidina<sup>62</sup> administrada por vía oral la noche previa a la intervención o una hora antes de la llegada del paciente al quirófano. También se ha utilizado para este propósito la dexmedetomidina ( $\alpha$ -2 agonista) durante el intraoperatorio para mantener la estabilidad hemodinámica.<sup>63</sup> La intubación guiada a través de un dispositivo supraglótico como la ML I-gel® o Aura Gain® también es útil para disminuir la respuesta hemodinámica a la laringoscopia.<sup>64</sup>

El **mantenimiento anestésico** es muy importante asegurar cuidadosamente el TOT bien sujeto con un apósito adhesivo antes de posicionar el paciente para prevenir la extubación accidental. Además, si la cabeza y el cuello no van a estar en posición neutra, es preferible usar un tubo anillado. Es recomendable un bloqueador de mordida blando para evitar la oclusión del TOT y es obligatorio cuando es necesaria la monitorización de potenciales motores evocados para asegurar la integridad de la vía motora. En la cirugía endoscópica transnasal es muy importante el taponamiento orotraqueal para evitar el paso de sangre a la glotis o al estómago.

La **edución** en el postoperatorio inmediato se debe realizar en la mayoría de los procedimientos neuroquirúrgicos, dado que la valoración clínica es el mejor monitor neurológico para detectar complicaciones intracraneales. La edución y extubación debe realizarse con la misma monitorización y cuidados anestésicos que el intraoperatorio. Es importante **garantizar un despertar rápido** y suave que prevenga la agitación, el aumento del consumo de oxígeno, la secreción de catecolaminas, la hipercapnia y la hipertensión. Estos pueden exacerbar la hiperemia observada aún en educiones sin incidencias, lo cual puede conducir a edema cerebral o hemorragia.<sup>64</sup> Aún más, las maniobras de Valsalva, la tos o las arcadas durante el despertar dificultan el retorno venoso y pueden aumentar la PIC. El efecto de la tos sobre la PIC tiene una duración variable dependiendo de la complianza cerebral, pero es usualmente menor a 5 minutos.<sup>65</sup>

La recuperación de la anestesia general es un periodo de estrés intenso para el paciente: se produce una activación simpática, liberación de catecolaminas, aumento de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca.<sup>58</sup> Los eventos estresantes aumentan el flujo cerebral y el consumo de oxígeno cerebral pudiendo producir un aumento de la PIC y así favorecer la lesión cerebral. Medidas para prevenir la agitación, la hipertensión, los temblores y la tos están muy justificados en el contexto de los pacientes sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos.<sup>66</sup> El control hemodinámico y la prevención de la tos y de cualquier maniobra de Valsalva son elementos claves para el manejo óptimo del paciente durante el despertar, especialmente en estos pacientes que son de alto riesgo.

Varios estudios han explorado métodos para reducir el efecto de la extubación en la hemodinámica cerebral. Medicamentos como la lidocaína,<sup>67</sup> el esmolol<sup>68,69</sup> el diltiazem/nicardipina,<sup>70</sup> el fentanilo<sup>71</sup> y la dexmedetomidina<sup>72</sup> han sido usados efectivamente para este propósito. La perfusión de remifentanilo ha sido utilizada ampliamente en NRC y ha sido sugerido también como estrategia para conseguir un despertar suave;<sup>8</sup> sin embargo, no hay estudios que demuestren su eficacia en pacientes neuroquirúrgicos. El uso del remifentanilo en este periodo puede mejorar la analgesia y puede reducir las alteraciones hemodinámicas, pero debe ser cuidadosamente titulado para evitar la depresión neurológica (la cual podría enmascarar una complicación neurológica). También se ha de prevenir la depresión respiratoria que podría causar hipercapnia e hiperemia y así abolir cualquier efecto beneficioso a nivel hemodinámico.

El despertar precoz en el paciente neuroquirúrgicos ofrece varias ventajas. La máxima monitorización disponible en el quirófano, realizada por el mismo anestesiólogo que conoce el paciente parece lo más seguro. Además, el traslado a la Unidad de Cuidados intensivos (UCI) es más sencillo, reduciendo la realización de exploraciones complementarias innecesarias y se produce un mejor aprovechamiento de los recursos de UCI, siempre limitados. Además, en un estudio prospectivo aleatorizado de Bruder y cols, el despertar y extubación precoz se asoció con una mejor estabilidad hemodinámica, con una reducción de la secreción catecolaminérgica respecto a una educación diferida a las 2 horas.<sup>73</sup>

### INTUBACION OROTRAQUEAL EN NEUROCIRUGIA

La IOT ha sido la técnica de elección para garantizar una vía aérea permeable durante los procedimientos neuroquirúrgicos de larga duración, para la utilización del marco de fijación del cráneo y en las diferentes posiciones quirúrgicas, especialmente el prono. La variedad de posiciones (diferentes colocaciones en prono, decúbito lateral, sedestación, en “hamaca”) y la complejidad de la instrumentación quirúrgica crean barreras ergonómicas que dificultan el acceso a la cabeza y a la vía aérea. Esto hace que sea imprescindible tener un plan para manejar la vía aérea a través del procedimiento quirúrgico, desde el plan inicial hasta la extubación, incluyendo estrategias para el rescate de la vía aérea en caso de la extubación accidental o la aparición de otras complicaciones. (Figura 3)

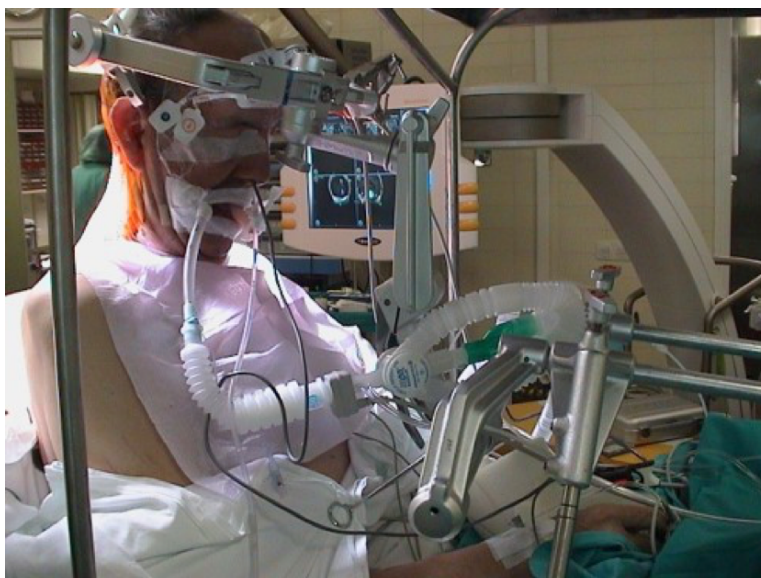


Figura 3. Paciente fijado al marco de Mayfield en posición de sedestación.

Existen diferentes indicaciones para la intubación con fibrobroncoscopio en NRC. El paciente acromegálico con marcadores de VAD prevista debería ser intubado con fibrobroncoscopio en ventilación espontánea y también está indicado el uso del fibrobroncoscopio en la patología medular cervical para prevenir maniobras de hiperextensión que puedan empeorar la mielopatía existente.

## INTRODUCCIÓN DEL USO DE LA ML EN NRC

La evolución en la práctica neuroquirúrgica y el aumento de los procedimientos mínimamente invasivos han generado una amplia variedad de situaciones clínicas en la que el uso de la ML puede ser una opción adecuada en ciertos procedimientos por sus efectos beneficiosos a nivel cardiovascular y respiratorio los cuales se refleja a nivel intracraneal, ofreciendo, a su vez, ventajas para el mantenimiento de la ventilación y el acceso a la vía aérea así como una recuperación más segura y eficiente de la anestesia.

El uso de la ML en NRC está aún muy limitado y enfocado principalmente a cirugías de corta duración o específicas como la cirugía “awake”, la estimulación cerebral profunda y la implantación de una derivación ventriculoperitoneal (DVP).<sup>74</sup> Además, es de elección en procedimientos cortos que no precisan de relajación muscular, favoreciendo el despertar precoz y sin relajación muscular residual, lo que nos permitiría la valoración neurológica temprana en pacientes neuroquirúrgicos.

la ML es el dispositivo ideal para el rescate de la vía aérea por sobredosificación en casos de craneotomía despierta o de extubación accidental.<sup>75</sup>

Además, la sustitución del TOT por un dispositivo supraglótico puede ser una alternativa efectiva para conseguir la estabilidad hemodinámica, bloquear la respuesta simpática y la hiperemia cerebral en pacientes vulnerables neuroquirúrgicos, particularmente en pacientes con historia de hipertensión arterial crónica<sup>64</sup> o con alteraciones de la autoregulación cerebral reduciendo el riesgo de complicaciones importantes en el periodo postoperatorio. En un estudio aleatorizado en pacientes intervenidos de craneotomía supratentorial, el uso del dispositivo supraglótico al final de la cirugía no solo atenuó los cambios hemodinámicos y sus efectos en la hiperemia cerebral sino que también disminuyó drásticamente la incidencia de tos en comparación con el TOT.<sup>32</sup>

Todas estas consideraciones previas enfatizan la recomendación de que el **anestesiólogo a cargo de pacientes neuroquirúrgicos domine un amplio rango de técnicas de manejo de la vía aérea** (intubación con fibrobroncoscopio, DSG de segunda generación, videolaringoscopios, cricotiroidotomía, etc.), para poder solucionar todos los eventos que podrían ocurrir durante la inducción anestésica, posicionamiento del paciente, cirugía, despertar, extubación y periodo postoperatorio inmediato.

En los siguientes apartados profundizaremos en las peculiaridades del abordaje y manejo de la vía aérea en diferentes procedimientos neuroquirúrgicos.

### 2.1. Manejo de la vía aérea en cirugía de hipófisis

Los pacientes con tumores no funcionantes, enfermedad de Cushing o prolactinomas tienen una incidencia de dificultad a la intubación similar a la población quirúrgica general.<sup>76</sup> Sin embargo, la acromegalia es una causa bien reconocida de VAD. La hipersecreción de hormona del crecimiento produce una hipertrofia de los huesos y tejidos faciales lo que resulta en una alteración de la anatomía típica de la vía aérea: prognatismo, macroglosia y reducción de la apertura glótica.

Estos pacientes requieren una evaluación preanestésica cuidadosa de la vía aérea teniendo en cuenta los signos clínicos usados para valorar la dificultad potencial a la intubación, como el test de la mordida del labio superior y la clasificación de Mallampati, la cual ha demostrado ser menos sensible y precisa en comparación con controles no acromegálicos.<sup>77</sup>

Los cambios anatómicos afectan al manejo de la vía aérea porque aumentan el esfuerzo necesario para desplazar la lengua aumentada de tamaño en un espacio submental restringido, haciendo más difícil alinear los ejes laríngeo y faríngeo, así como la visualización durante la laringoscopia. Además, puede añadirse también como dificultad la limitación a la movilidad cervical.<sup>78</sup> La incidencia de laringoscopia difícil (Cormack-Lehane grados III-IV) ha sido reportada entre el 9 al 26% en esta población de pacientes.<sup>76-79</sup>

Presumiblemente por los cambios anatómicos en la vía aérea superior, la acromegalia está asociada a una incidencia más alta de apnea obstructiva del sueño, la cual se ha relacionado a VAD.<sup>80</sup> Los pacientes de más alto riesgo son aquellos con acromegalia y apnea obstructiva del sueño.<sup>81</sup> En estos casos, se debe prever dificultad a la ventilación con mascarilla facial y laringoscopia difícil.

Actualmente, la mayoría de las cirugías de hipófisis se realizan por vía endoscópica transnasal, por lo que la IOT es un requisito indispensable en esta cirugía. Es muy importante fijar el TOT de forma muy concienzuda para evitar la extubación accidental.

La intubación en ventilación espontánea está indicada en pacientes con acromegalia y VAD prevista ya que de este modo se asegura una correcta oxigenación y ventilación durante todo el proceso de inducción anestésica. La sedación con sistemas TCI (*Target controlled infusion*) es útil para evitar la apnea y el recuerdo en estos pacientes.<sup>82</sup> Si el paciente no tiene criterios de ventilación o intubación difícil, se puede realizar una inducción estándar teniendo disponibilidad inmediata del equipo de VAD como medida de seguridad.

Antes de iniciar la cirugía se debe colocar un taponamiento faríngeo para proteger la glotis del sangrado procedente del campo quirúrgico. Sin embargo, se debe estar alerta a las potenciales complicaciones por exceso de presión sobre los tejidos circundantes como la lesión del nervio lingual que se ha asociado al taponamiento faríngeo.<sup>83</sup> Una vez finalizada la intervención se debe retirar y proceder a una aspiración cuidadosa de toda la orofaringe para evitar broncoaspiración de sangre remanente. A estos pacientes se les suele colocar un taponamiento nasal al finalizar la cirugía, lo cual podría ser causa de molestia al despertar; se le debe explicar esta circunstancia en el preoperatorio.

La cirugía endoscópica se ha asociado a una incidencia de fístula de líquido cefalorraquídeo (LCR) más elevada que la microcirugía.<sup>84</sup> La fístula de LCR es la principal complicación de las técnicas de hipofisectomía endoscópica, y su aparición implica casi siempre la necesidad de una nueva cirugía para la realización de un colgajo y oclusión de la microperforación dural.<sup>85</sup> En un estudio en nuestro medio se reportó una incidencia del 8% de esta complicación.<sup>86</sup> La tos es un factor de riesgo para la aparición de fístula postoperatoria; en un estudio de Hanba y cols. se evidenció la asociación de la tos crónica en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica o asma con la aparición de fístula de LCR después de la cirugía hipofisaria.<sup>85</sup> Por ello es muy importante evitar cualquier maniobra de Valsalva al finalizar la cirugía. Tradicionalmente para evitar la tos se realizaba la extubación en un plano superficial con el riesgo potencial de hipoventilación, aspiración o apnea.<sup>87</sup>

Igualmente, se debe tener una estrategia bien planeada durante la educación para evitar la hipertensión y el posible sangrado.

La sustitución del TOT por ML para realizar la educación anestésica, además de evitar las maniobras de Valsalva, la hipertensión y la tos durante el despertar, podría ser potencialmente útil para evitar la aparición de sangrado en el lecho quirúrgico (epistaxis) y fístula de LCR.



## 2.2. Manejo de la vía aérea en cirugía lumbar

Algunas patologías que afectan a la columna lumbar podrían afectar también a la columna cervical como la artritis reumatoide o la espondilitis anquilopoyética. La valoración preoperatoria debe incluir los antecedentes de intubación difícil y valorar la restricción a los movimientos cervicales.

La cirugía de columna lumbar puede realizarse en decúbito prono “neutro”, en posición genu-pectoral o con apoyo en la zona sacra (figura 4). Estas posiciones están asociada a un aumento del riesgo de lesión nerviosa por tracción o presión debido a que puede resultar demasiada elongación o flexión para determinados pacientes. Se han descrito lesiones oculares, en orejas, pechos y genitales; dolor postoperatorio y limitación al movimiento cervical, interferencia con el flujo de los vasos cervicales, inestabilidad hemodinámica, dificultad para la ventilación y problemas para realizar maniobras de resucitación cardiopulmonar comparada con la posición supino.<sup>88</sup>



Figura 4. Paciente en posición prona con apoyo sacro para cirugía lumbar

La aproximación estándar a la vía aérea en estas posiciones consiste usualmente en realizar la IOT con el paciente en supino y luego girarlo y colocarlo en la posición quirúrgica. El uso de tubos orotraqueales anillados es recomendable para evitar la obstrucción de la vía aérea por pinzamiento o acodamiento del tubo secundario a la posición. El TOT debe fijarse cuidadosamente para evitar que se desplace durante la movilización del paciente o a lo largo de la cirugía. Existen diferentes formas de fijar el tubo con venda o con cinta; repasándolo varias veces y fijándolo a diferentes puntos; en pacientes con barba se podría optar por una venda alrededor del cuello para fijar el tubo, cuidando evitar la compresión de las venas yugulares.



Además, en la posición en prono, las secreciones del paciente pueden humedecer la fijación y se podría perder el control de la vía aérea. Para evitar esto, se pueden usar antisialagogos o colocar un taponamiento faríngeo.

Por otra parte, movilizar a un paciente anestesiado para pasarlo del decúbito supino al prono no solo necesita tiempo y recursos humanos, sino que también se acompaña de varios riesgos potenciales durante el proceso, como la extubación accidental, la pérdida de vías intravenosas o la lesión del paciente o de las personas del equipo. Hay que tener cuidado durante el posicionamiento de que la ventilación no se inestabilice hemodinámicamente, debemos asegurar que el retorno venoso sea adecuado y de que todos los puntos de presión queden protegidos. Se debe prestar especial atención a la protección ocular y a la colocación de las extremidades para evitar lesiones nerviosas. La cabeza y el cuello pueden estar neutros con un soporte de prono adecuado o rotadas a un lado. En ese caso, se debe evitar la rotación excesiva para asegurar el flujo normal de las arterias carótida y vertebral.<sup>82</sup>

En conclusión, para el manejo de la vía aérea del paciente en prono se debe tener en cuenta una estrategia inicial en la inducción y la intubación, un plan de rescate en caso de extubación accidental durante la cirugía y una estrategia para la extubación después del procedimiento quirúrgico.

Durante la cirugía se deben detectar precozmente y tratar diferentes complicaciones potenciales como son la fuga en el sistema de ventilación, la salida del TOT o el desplazamiento del TOT hacia un bronquio:

- **La fuga en el sistema ventilatorio** es una incidencia común y fácil de manejar durante la cirugía. Sin embargo, es más compleja cuando el paciente está en prono. Las alarmas de seguridad de los respiradores son muy útiles para detectar la fuga, nos avisan cuando disminuye el volumen minuto de retorno o desaparece la presión de insuflación. Para manejar la situación se debe encontrar rápidamente la fuente de la fuga, inspeccionando el circuito anestésico de forma secuencial. En el paciente en prono habitualmente es más fácil empezar desde la máquina de anestesia hasta el paciente, especialmente si la cabeza del paciente está lejos de la estación anestésica. Esto incluiría la revisión de los flujos, volúmenes del ventilador y la bolsa, válvulas, tubuladuras y conexiones. Las fugas en el ventilador o circuito anestésico pueden incluir desconexiones, fugas alrededor de conexiones o válvulas o agujeros indetectables en los componentes del circuito. El manejo de esas fugas puede incluir aumentar el flujo de gas fresco o reemplazar total o parcialmente el circuito o el ventilador. Las fugas asociadas al dispositivo de vía aérea incluyen el desplazamiento total o parcial del dispositivo, volumen inadecuado del balón del TOT y la ruptura del balón. Si el daño del tubo es significativo, lo mejor es cambiarlo. Al contrario, si la fuga es pequeña se podría contemplar continuar la cirugía con un taponamiento orofaríngeo y cambiando la técnica anestésica a anestesia intravenosa para evitar la contaminación ambiental con gases halogenados. Es muy importante reconocer si estas medidas fallan para ventilar y oxigenar el paciente lo más pronto posible.

- Si se produce un **desplazamiento del TOT o una extubación accidental**, el objetivo es reanudar la oxigenación del paciente lo más pronto posible. Esta situación debería ser tratada como una emergencia no prevista de VAD y se deben seguir los principios básicos de las guías establecidas.<sup>89,90,91</sup> Primero, el personal de quirófano debe ser informado de la situación de emergencia y de la necesidad de ayuda adicional. Se debe disponer del carro de VAD y de una camilla al lado del paciente. El equipo quirúrgico debe cubrir la herida quirúrgica para pasar el paciente a posición supina en la camilla si es necesario. Si la ventilación y la oxigenación son aceptables y es posible ventilar al paciente a través del TOT y hay capnografía, la punta del tubo estará probablemente en la tráquea y el balón por encima de las cuerdas vocales, en este caso se debe deshinchar el neumotaponamiento y avanzar el TOT. Si se dispone del material se puede avanzar el TOT sobre un intercambiador o un fibrobronoscopio flexible. Si el TOT está afuera completamente, el paciente se debe girar a posición supina para un manejo definitivo de la vía aérea. Aunque, a priori, esa parece la medida más sencilla, esto podría ser difícil de conseguir de forma rápida. Además, podría ser arriesgado para el paciente según el momento de la instrumentación quirúrgica.<sup>92</sup> Más aún, si esperamos a tener al paciente en supino para manejar la vía aérea, esto podría retrasar la oxigenación con potenciales

secuelas. Así que es deseable tener varias alternativas para restablecer la oxigenación en esta situación. Si el paciente se gira a supino rápidamente procederemos como con cualquier paciente anestesiado en supino. Las opciones para oxigenar en prono son la ventilación con mascarilla facial, los DSG, o la más compleja IOT (opcionalmente con videolaringoscopio o fibrobroncoscopio) o la vía quirúrgica, de manera excepcional.

A pesar de que aún existe controversia,<sup>55</sup> el uso de los DSG en la cirugía espinal está ganando popularidad. La colocación del dispositivo supraglótico después de que el paciente se autoposicione en prono solventa algunos de los riesgos mencionados anteriormente al girar un paciente inconsciente y ahorra tiempo.<sup>53</sup>

Las mismas consideraciones en el despertar del paciente después de una craneotomía aplican a la cirugía espinal. Los aumentos de la presión arterial después de la extubación han sido asociados a la aparición de hematoma espinal epidural.<sup>93</sup> El despertar de los pacientes en posición prona y permitir que vuelvan a la posición supina por ellos mismos es una ventaja adicional del uso de los DSG en esta intervención.

### 2.3. Manejo de la vía aérea en cirugía cervical

En estas cirugías es de vital importancia la valoración preoperatoria del paciente, pues algunos de ellos pueden presentar patología asociada a VAD, como artritis reumatoide, canal medular estrecho congénito, síndrome de Arnold Chiari, síndrome de Klippel-Feil, síndrome de Down o espondilits anquilopoyética.

La intubación con fibrobroncoscopio/videolaringoscopio puede estar indicada por patología asociada a intubación difícil, así como para disminuir la hiperextensión durante la laringoscopia, lo cual podría agravar la mielopatía existente.<sup>94</sup>

Así como en la intubación se debe tener en cuenta los riesgos para planificar una estrategia apropiada, antes de la extubación se deben tener en cuenta varios factores como antecedentes de asma, obesidad, y otros asociados a la cirugía, como la exposición de más de 3 cuerpos vertebrales, la apertura de la duramadre, el sangrado quirúrgico mayor de 300 mL, o la duración de la cirugía mayor de 5 horas. En caso de coexistir varios factores, el paciente se consideraría de alto riesgo y se debería valorar la vía aérea con un fibrobroncoscopio antes de la extubación y/o realizar una extubación sobre guía flexible. En caso de existir factores de riesgo individuales o relacionados con el procedimiento y sospechar compromiso de la vía aérea también se podría indicar la extubación diferida.<sup>95</sup> En el postoperatorio se debe vigilar atentamente la aparición de estridor, disfonía y dificultad respiratoria para tratar precozmente las complicaciones de la vía aérea, como la aparición de un hematoma compresivo, que pueden ser catastróficas en estos pacientes.

### 2.4. Manejo de la vía aérea en cirugía derivación ventrículo-peritoneal

La hidrocefalia es una de las enfermedades neuroquirúrgicas más frecuentes y su tratamiento de elección consiste en la colocación quirúrgica de un sistema de derivación del LCR. Este sistema, conocido como DVP, desvía el flujo del LCR del sistema ventricular cerebral a la cavidad peritoneal donde pueda ser absorbido como parte del proceso circulatorio.<sup>96</sup> Esta cirugía es realizada habitualmente en pacientes ancianos y en ocasiones con importante comorbilidad; también en pacientes con patología cerebral espontánea o traumática que han requerido largos ingresos en UCI y presentan miopatía del paciente crítico.

El uso de técnicas anestésicas menos agresivas, junto con la administración de fármacos de vida media corta y ausencia de efectos a largo plazo es ideal para el manejo de estos pacientes neuroquirúrgicos que muy frecuentemente llegan al quirófano con un limitado nivel de conciencia y en los que se pretende que recuperen su estado basal en el menor espacio posible de tiempo.

Durante estas intervenciones, tradicionalmente se había usado la IOT como técnica estándar de manejo de la vía aérea dado que los pacientes se colocan en una posición de rotación extrema del cuello para facilitar la tunelización subcutánea del catéter desde el sistema ventricular cerebral hasta el peritoneo y, además, la cabeza está cubierta con los campos quirúrgicos. Aunque la IOT con tubo anillado parece ser la técnica más extendida para el manejo de la vía aérea de estos pacientes, algunos estudios sugieren que el uso de la ML es una alternativa factible para estos procedimientos neuroquirúrgicos de corta duración.<sup>97,98</sup>

La utilización de la ML nos permitiría, en comparación con la IOT, reducir los cambios hemodinámicos y favorecer una recuperación anestésica precoz al asociarse a una anestesia más ligera<sup>99</sup> y sin necesidad de relajantes musculares.

Como precaución, se debe revisar la posición del dispositivo supraglótico y ajustarlo después de la rotación lateral de la cabeza ya que esta maniobra puede causar el desplazamiento del dispositivo resultando en fuga aérea u obstrucción de la vía aérea. Las mejores opciones para esta indicación son los dispositivos flexibles y los de segunda generación. En caso de que los ajustes no sean efectivos, la IOT puede ser necesaria. En un estudio realizado por nuestro grupo valoramos nuestra experiencia con el uso de DSG en esta intervención y concluimos que el uso de la ML fue factible y seguro, y permitió un despertar rápido y sin necesidad de bloqueantes neuromusculares en la mayoría de los pacientes sometidos a cirugía de DVP. La utilización de estos dispositivos en posiciones forzadas de la cabeza y cuello se considera un uso avanzado y requiere experiencia en el diagnóstico y manejo de complicaciones, uso de dispositivos adecuados, una selección adecuada de los pacientes y acceso inmediato al material de manejo de la VAD.<sup>100</sup>

## 2.5. Manejo de la vía aérea en Neuroradiología intervencionista

Se deben tener en cuenta las precauciones generales de trabajo en un área con radiaciones ionizantes, evitando las interferencias del circuito respiratorio, así como de los cables de la monitorización y las vías venosas con el equipo de rayos X, especialmente con los dispositivos 3-D, ya que estos necesitan rotar alrededor (360°) de la cabeza. El TOT debe estar cuidadosamente fijado para prevenir la extubación accidental durante la adquisición de imágenes. El acceso a la cabecera del paciente es difícil debido a la presencia de los aparatosos equipos de imagen. En caso de requerir acceder a la vía aérea durante el procedimiento, se debe parar el procedimiento y actuar según lo comentado en el apartado del manejo de la vía aérea en la cirugía lumbar. (Figura 5)



Figura 5. Paciente en la sala de angioradiología.

La **embolización de aneurismas cerebrales**, guiada mediante angioradiología, se puede realizar bajo anestesia general e intubación<sup>101</sup> o bajo sedación ligera, que tiene como ventaja la posibilidad de evaluación del estado neurológico durante el procedimiento.<sup>102</sup>

La sedación tiene como ventaja el evitar los cambios hemodinámicos de la intubación y el despertar, pero como desventaja puede provocar la aparición de hipoxemia e hipercapnia y la posible presentación de movimientos súbitos durante el procedimiento con el consecuente riesgo, o el retraso para tratar una emergencia en caso de ruptura del aneurisma durante el procedimiento.<sup>103</sup>

La inducción de la anestesia debe ser suave para prevenir el resangrado por aumento o disminución de la presión transmural del aneurisma que podría conducir a la ruptura del saco aneurismático. Mantener la normoventilación durante todo el proceso debe ser una prioridad evitando periodos de apnea o hiperventilación. El uso de los DSG reduciría el impacto hemodinámico tanto en la inducción como en la educación de la anestesia, atenuando la variación de la presión arterial y sus efectos en la pared del aneurisma.<sup>104</sup> El uso del labetalol ha sido útil para manejar los picos hipertensivos de los pacientes durante la educación.<sup>105</sup>

La terapia endovascular es el tratamiento estándar para pacientes seleccionados con **ictus isquémico agudo** secundario a la obstrucción de grandes vasos en la circulación anterior y si se presentan en las primeras 6 horas del comienzo de los síntomas. Sin embargo, numerosas cuestiones permanecen sin aclarar respecto a la mejor estrategia para el manejo endovascular, incluyendo la estrategia anestésica para conseguir mejores resultados.

Algunos estudios observacionales han reportado peores resultado con la anestesia general respecto a la sedación consciente durante la terapia endovascular, pero estos resultados pueden tener un sesgo de selección dado que los pacientes con mayor severidad de ictus tienden a ser tratados más probablemente con anestesia general.<sup>106</sup> Además, estudios retrospectivos no han detallado el protocolo anestésico, y unos pocos reportan detalles acerca de los datos hemodinámicos. Realizar una anestesia general puede tener el inconveniente de retrasar el inicio del procedimiento y puede asociarse a caída de la presión arterial, la cual puede empeorar la isquemia cerebral. Por otra parte, el potencial movimiento del paciente durante la sedación consciente puede impedir la revascularización y favorecer las complicaciones del procedimiento.<sup>107</sup>

Las indicaciones para intubar a los pacientes con ictus para la realización de procedimientos endovasculares son una disminución del nivel de consciencia (escala de coma de Glasgow < 9), Inestabilidad hemodinámica o respiratoria, signos de hipertensión endocraneal, convulsiones tónico-clónicas generalizadas, agitación, tamaño del infarto mayor a 2/3 del territorio de la arteria cerebral media y desplazamiento de la línea media.<sup>108</sup> La adecuada oxigenación durante la intubación es esencial para los pacientes con ictus para prevenir la lesión secundaria en un cerebro vulnerable y el incremento de la presión intracraneal. Se debe evitar también la hiper/hipocapnia para disminuir el riesgo de lesión cerebral secundaria. La hipercapnia es un poderoso determinante del flujo sanguíneo cerebral pero también la hipocapnia es peligrosa porque conduce a la vasoconstricción cerebral que causa hipoxia del tejido cerebral y compromete la complianza y el flujo sanguíneo.<sup>109</sup>

## 2.6. Manejo de la vía aérea en NRC con el paciente despierto (“awake neurosurgery”)

La craneotomía en paciente despierto es una técnica única que se usa para la identificación de estructuras neuronales importantes funcionalmente (regiones elocuentes) y se ha convertido en la técnica estándar para el mapeo sensoriomotor y de las funciones cognitivas en diferentes neurocirugías. La mayoría de estos procedimientos son resecciones de tumor, cirugía de epilepsia y estimulación cerebral profunda, lesiones localizadas cerca de áreas elocuentes del cerebro como área motora, áreas del lenguaje como Wernicke o Broca.

El término “*awake neurosurgery*” es un poco engañoso ya que la participación activa y la comunicación con el paciente es requerida únicamente durante la manipulación quirúrgica del tejido cerebral para mapear la función motora o neurológica, pero el resto del procedimiento el paciente está sedado.<sup>110</sup>

- El manejo de la vía aérea se puede hacer mediante la técnica “*sleep-awake-sleep*” (en la que el paciente se halla de manera consecutiva bajo anestesia general, luego es despertado para el registro y posteriormente, de nuevo bajo anestesia general para finalizar la intervención), realizando una intubación orotraqueal/nasotraqueal o ML al principio y al final del procedimiento. El uso de la ML en los procedimientos asleep-awake ha permitido realizar una anestesia general con ventilación controlada, con la ventaja añadida de su fácil retirada y reintroducción con el marco de estereotaxia colocado sujetando la cabeza del paciente y limitando el acceso a la vía aérea.<sup>111</sup>
- La técnica “*awake-sleep*” ha sido descrita como igual de efectiva que el cuidado anestésico monitorizado. Los principales objetivos son ofrecer un mejor confort al paciente y al equipo quirúrgico durante la fase previa a la exéresis, protege realmente al paciente contra experiencias dolorosas, recuerdos del postoperatorio y la hipoventilación. Además, esta técnica permite el control del edema cerebral mediante la hiperventilación y evita el movimiento del paciente.<sup>112</sup>
- Otros grupos realizan esta cirugía manteniendo al paciente respirando de forma espontánea bajo sedación con lentillas nasales y también hay reportes de la utilización del tubo nasofaríngeo.<sup>113</sup> El principal inconveniente de la anestesia monitorizada con el paciente en ventilación espontánea es la aparición de obstrucción de la vía aérea. La incidencia varía entre un 7-16%<sup>114</sup> con la aparición de desaturación que precisa tracción de la mandíbula, aumento del aporte de oxígeno, ventilación con mascarilla facial o intubación. La incidencia de obstrucción de la vía aérea se ha visto disminuida por el uso de cánulas nasotraqueales.<sup>115</sup>

Es muy importante la valoración preoperatoria del paciente, para identificar factores de riesgo tales como la obesidad o la presencia de marcadores de VAD prevista. Esta evaluación nos ayudará a decidir la técnica a escoger, así como para preparar un plan alternativo en caso de aparecer una complicación respiratoria, teniendo en cuenta la dificultad añadida por la presencia del marco de estereotaxia para el acceso a la vía aérea del paciente. Otras complicaciones que podrían aparecer serían las crisis comiciales, la hipercapnia, la agitación o la aparición de complicaciones de la cirugía.

En un estudio realizado en maniqués, se comparó la IOT con la inserción de la ML con el marco estereotáxico colocado. Este estudio concluyó que el dispositivo de vía aérea más rápido de colocar era la ML.<sup>100</sup>

### 3. SEGURIDAD EN ANESTESIOLOGÍA

#### 3.1. Conceptos Básicos

En 2010 la *European Society of Anaesthesia and Intensive Care* (ESAIC) firmó la “Declaración de Helsinki para la seguridad del paciente en anestesiología”; los anestesiólogos tenemos una oportunidad única para influenciar la calidad y la seguridad en el cuidado del paciente.<sup>116</sup> Se acordaron varios puntos sobre la seguridad de los pacientes, su educación e información. Se especificó que el factor humano y el trabajo en equipo son fundamentales y que no hay ninguna norma o ley que esté por encima de la **obligada protección de los pacientes**. Uno de los requisitos de esta Declaración es que todas las instituciones que proporcionan cuidados anestésicos en Europa deben seguir los estándares básicos de monitorización del *European Board of Anesthesiologists* en quirófano y en zonas de recuperación.<sup>117</sup> Los Departamentos de Anestesia deben ser capaces de elaborar un informe de medidas de mejora anual y medir sus resultados en el ámbito de la seguridad del paciente y deben recabar datos para elaborar un informe anual de morbilidad y mortalidad de los pacientes. Las instituciones deben apoyar las auditorías y los sistemas de notificación de incidentes y proporcionar los recursos adecuados para incrementar la calidad y la seguridad de las organizaciones. Hemos pasado de un escenario de salud centrado en la medida de los resultados a otro basado en las expectativas (“outcome”) del paciente.<sup>118</sup> Los sistemas de salud colocan al paciente en el centro en todos los ámbitos<sup>119</sup> y uno de los objetivos primordiales es conseguir evitar todas las muertes prevenibles,<sup>120</sup> siguiendo al resto de “proyectos zero” para eliminar las infecciones nosocomiales que se han ido incorporando de manera generalizada.<sup>121</sup>

El papel central del anestesiólogo en el cuidado del paciente agudo y quirúrgico, las mejoras en la seguridad de la práctica anestésica con una disminución en la mortalidad desde 1970 de más de 10 veces y el interés pionero en este tema, ha hecho de la anestesiología la especialidad médica líder en manejar los problemas de seguridad de los pacientes.<sup>122,123</sup> A pesar de esto todavía hay margen de mejora y es por este motivo que en varios países se está incluyendo en la formación de los anestesiólogos entrenamiento en situaciones de crisis en escenarios de simulación para perfeccionar habilidades técnicas, la comunicación, la toma de decisiones y el liderazgo.<sup>124</sup>

#### 3.2. Seguridad en la vía aérea

Son muy numerosas las iniciativas que distintas sociedades e instituciones han propugnado para incrementar la seguridad de nuestros pacientes. Desde 2008 la Organización Mundial de la Salud (OMS) promueve la aplicación peroperatoria del “listado de verificación de seguridad quirúrgica” (*Check list* de la OMS) para incrementar la seguridad de las cirugías disminuyendo errores u omisiones.<sup>125</sup> Uno de los ítems que se verifican antes de empezar la inducción anestésica es si el paciente presenta características de una VAD y / o riesgo de broncoaspiración. Ante una respuesta positiva, se verifica a continuación si se tiene acceso rápido a “instrumental /equipos disponibles” para el manejo de la vía aérea.

El manejo de la vía aérea es la piedra angular de la seguridad del paciente en anestesiología. Las deficiencias en el manejo de la vía aérea podrían tener resultados catastróficos para el paciente. Dado que la hipoxia, la consecuencia final común del fracaso de la ventilación, puede causar daño cerebral irreversible en 5 minutos.<sup>126</sup> Por lo tanto, asegurar las vías respiratorias es, junto a la desfibrilación en fibrilación ventricular, extremadamente dependiente del tiempo y potencialmente vital, por lo que es una tarea muy estresante y crítica. La cultura de seguridad en el manejo de la vía aérea puede ser considerado como un marcador prominente para la valoración de las prácticas seguras dentro de una organización.<sup>127</sup>

Uno de los estudios más importantes en cuanto a la seguridad clínica fue el realizado en Reino Unido llamado NAP4 (*National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists (RCOA) and the Difficult Airway Society (DAS)*) para establecer la incidencia de complicaciones mayores del manejo de la vía aérea (muerte, daño cerebral, vía aérea



quirúrgica emergente, admisión no esperada en UCI e ingreso prolongado en UCI) en todos los hospitales del sistema nacional de salud en un periodo de un año. En este estudio, las complicaciones anestésicas llevaron a 16 muertos y tres episodios de daño cerebral. El manejo anestésico fue considerado bueno en el 19% de los casos. El manejo fue pobre en tres cuartas partes de los casos. El estudio concluyó que la incidencia de muerte y daño cerebral secundario al manejo de la vía aérea durante la anestesia general es baja, siendo más frecuente con el TOT (83 por millón) que con DSG (22 por millón). Si se analizan solo las muertes y el daño cerebral, la diferencia de dispositivos es menor siendo en el TOT 9,1 por millón, con la mascarilla facial 6,6 por millón y en los DSG 5 por millón. No es sorprendente que sean más frecuentes las complicaciones con el TOT dado que la mayoría de los casos incluyen pacientes de alto riesgo y técnicas más complicadas. La revisión del manejo de la vía aérea sugiere que en la mayoría de los casos hay margen de mejora, los factores que contribuyeron a las complicaciones fueron deficiencias relacionadas con el juicio clínico, la comunicación, la planificación, el equipamiento y el entrenamiento.<sup>35</sup>

En Estados Unidos se realizó también un estudio utilizando la base de datos de reclamaciones por mala práctica en las que la vía aérea era identificada como la causa principal del daño entre los años 2000-2012 y se compararon con las reclamaciones entre 1993-1999. Las reclamaciones en los años más recientes (2000-2012) eran más frecuentes en pacientes más enfermos (76% ASA III-VI) intervenidos de forma emergente, en comparación con las reclamaciones de 1993-1999. La proporción de eventos de intubación traqueal difícil que ocurrieron fuera del aérea quirúrgica en 2000-2012 fue mayor que en las reclamaciones más antiguas (23% vs. 11%,  $p=0,035$ ). El 75% de los pacientes en las reclamaciones de 2000-2012 tenían predictores preoperatorios de VAD. Casi tres cuartas partes de las reclamaciones entre 2000-2012 mostraban falta de juicio, incluyendo falta de un plan de manejo durante la situación de emergencia y la no utilización de un dispositivo supraglótico para intentar la oxigenación.<sup>128</sup>

### 3.3. Seguridad en los DSG

El daño por el uso de la ML se deriva principalmente del fracaso de la ventilación o a la aparición de aspiración pulmonar. También puede ocurrir una lesión mecánica (traumatismo directo, lesión nerviosa), siendo considerablemente menos común que cuando se utiliza un TOT. Deben seguirse los principios básicos y las ML solo deben usarse según las instrucciones de los fabricantes para su uso. Las buenas prácticas básicas incluyen evitar el uso de DSG cuando existe un riesgo clínicamente significativo de aspiración. La formación en el uso del dispositivo debe ser meticulosa, y cuando se utilizan, los dispositivos deben estar bien fijados en su lugar. Un dispositivo mal fijado o colocado no debe ser aceptado para su utilización ya que son propensos a dar problemas.<sup>129</sup>

Theiler *et al.* Publicaron un estudio con 2049 pacientes con ML i-gel®.<sup>130</sup> La inserción al primer intento fue exitosa en el 93% de los casos y el éxito en general fue del 96%. La presión media de sellado de la vía aérea fue de 26 cmH<sub>2</sub>O. Se reportó una incidencia de complicaciones del 5,4%. El fracaso de la técnica estuvo asociado al sexo masculino, mala dentadura, mandíbula pequeña y a la edad avanzada. Las complicaciones incluyeron laringoespasma en 1,2%, lesión nerviosa en un 1,2%, hematoma glótico en el 0,05%, respuesta vagal y paro cardíaco en el 0,05%.

Cook reportó una serie de 1000 pacientes a los que se les manejó la vía aérea con ML por el mismo anesthesiólogo.<sup>131</sup> Un cuarto de los pacientes pesaban más de 90 Kg y el 17% de los pacientes fueron operados de cirugía abdominal (12% laparoscópica, 5% abierta). La ML fue insertada y efectiva al primer intento en el 85% y en general en el 99,4%. Tuvieron 9 fracasos, dos ocurrieron durante el manejo de la VAD. La presión media de sellado de la vía aérea fue de 32 cmH<sub>2</sub>O. Los fallos/complicaciones ocurrieron en el 3,4% de los pacientes. Las complicaciones incluyeron eventos menores de obstrucción de la vía aérea que no precisaron remover la ML en el 2,7%, el fallo (necesidad de retirar el dispositivo después de una inserción inicialmente exitosa) ocurrió en el 0,4% y la lesión nerviosa en un 0,1%.<sup>132</sup>

El NAP4 identificó las ventajas potenciales del rescate de la vía aérea con dispositivos de segunda generación y recomendó que todos los hospitales los tuvieran disponibles para su uso de rutina y para el rescate de la vía

aérea.<sup>35</sup> La competencia y la experiencia en el uso de cualquier dispositivo supraglótico requiere entrenamiento y práctica. Todos los anesestesiólogos deberían estar entrenados y tener acceso a DSG de segunda generación.<sup>91</sup>

En la Declaración de Helsinki también se acordó el requisito de que todas las instituciones deben desarrollar o adoptar protocolos y medidas de seguridad en diferentes aspectos entre los que se encuentra la "VAD". La disponibilidad de ML de diferentes tamaños forma parte de estos protocolos y se encuentra detallado en las "Directrices de procedimientos de comprobación y validación ("chequeo") previos a la anestesia de la Sociedad Española de Anestesiología y Reanimación (SEDAR).<sup>133</sup>

Es importante tener en cuenta que el uso de los DSG (principalmente ML) ha sido incluido dentro de todos los algoritmos del manejo de la VAD, tanto prevista como imprevista.<sup>134,135</sup>

Es difícil generalizar los resultados de los estudios con DSG en cuanto a la seguridad, dada la baja incidencia de complicaciones y la heterogeneidad en la cultura de seguridad de los hospitales y las diferencias en la formación en vía aérea y, específicamente, en el uso avanzado de los DSG.





## HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

---

## 1. HIPÓTESIS

La ML es una alternativa segura y efectiva en el manejo de la vía aérea en pacientes sometidos a diferentes procedimientos neuroquirúrgicos o de neuroradiología intervencionista.

La ML es un método factible y eficaz para el manejo de la vía aérea en pacientes bien seleccionados capaces de colocarse ellos mismos en posición de decúbito prono para cirugía lumbar.

La ML es una alternativa segura y eficaz para el manejo de la vía aérea en pacientes sometidos a la embolización de aneurismas cerebrales no rotos.

La sustitución del TOT por la mascarilla laríngea, una vez finalizada la cirugía y previamente a la educación anestésica, en los pacientes sometidos a cirugía hipofisaria transesfenoidal, se asocia a un perfil hemodinámico sistémico más favorable, a velocidades menores de flujo sanguíneo cerebral y a una menor incidencia de tos en el postoperatorio.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo General

Valorar la seguridad y efectividad del uso de la ML en el manejo anestésico de diferentes intervenciones en pacientes neuroquirúrgicos y procedimientos neuroangioradiológicos.

### Objetivo principal

- Valorar la seguridad, eficacia y utilidad del manejo de vía aérea mediante ML en pacientes bajo anestesia general en decúbito prono o posición genupectoral modificada, intervenidos de cirugía lumbar programada mínimamente invasiva.
- Valorar la seguridad y eficacia del uso de los DSG para el manejo de la vía aérea en la embolización de aneurismas cerebrales no rotos.
- Comparar las variables hemodinámicas sistémicas y cerebrales, así como la incidencia de tos en pacientes neuroquirúrgicos sometidos a hipofisectomía transesfenoidal endoscópica durante el despertar de la anestesia general con el procedimiento estándar (extubación orotraqueal) o después de reemplazar el TOT por una ML.

### Objetivos concretos

En el análisis del manejo de la vía aérea mediante ML en pacientes intervenidos de cirugía lumbar:

- Evaluar la efectividad de la ML en proporcionar una ventilación y oxigenación eficaz.
- Evaluar la dificultad en la inserción y manejo de ML:
  - Necesidad de maniobras de ajuste o recolocación de ML para optimizar la ventilación.
  - Intubación por fracaso de la técnica.
- Analizar las complicaciones de la vía aérea: broncoespasmo, laringoespasmo, fugas que precisaran de la recolocación de la ML, desaturación por debajo del 95% y broncoaspiración.

**En el análisis del manejo de la vía aérea mediante DSG en pacientes sometidos a embolización de aneurismas cerebrales no rotos:**

- Evaluar la necesidad de ajuste o recolocación de DSG para optimizar la ventilación.
- Evaluar la dificultad en la colocación de DSG.
  - Número de intentos de recolocación.
  - Intubación por fracaso de la técnica.
  - Complicaciones de la vía aérea.

**En el análisis del manejo de la vía aérea mediante ML en pacientes intervenidos de hipofisectomía transesfenoidal endoscópica:**

- Analizar y comparar los cambios hemodinámicos sistémicos (frecuencia cardiaca, presión arterial sistólica y media, el gasto cardiaco), según el manejo de la vía aérea en el despertar después de la extubación o la retirada de la ML en pacientes intervenidos de cirugía hipofisaria transesfenoidal.
- Analizar y comparar los cambios hemodinámicos cerebrales (saturación de oxígeno cerebral, la velocidad de la arteria cerebral media medida mediante Doppler transcraneal (DTC)) en la cirugía hipofisaria transesfenoidal, según el manejo de la vía aérea en el despertar después de la extubación o la retirada de la ML.
- Analizar y comparar las variaciones de los niveles plasmáticos de noradrenalina durante las distintas fases de la anestesia, según el manejo de la vía aérea en el despertar después de la extubación o la retirada de la ML en pacientes intervenidos de cirugía hipofisaria transesfenoidal.
- Evaluar y comparar la incidencia de tos durante el despertar, comparando el efecto de la ML vs. el TOT, según el manejo de la vía aérea en el despertar después de la extubación o la retirada de la ML en pacientes intervenidos de cirugía hipofisaria transesfenoidal.
- Evaluar la incidencia de fistula de LCR, según el manejo de la vía aérea en el despertar después de la extubación o la retirada de la ML en pacientes intervenidos de cirugía hipofisaria transesfenoidal.



## MÉTODOS Y RESULTADOS

---

## ARTÍCULO 1.

*Laryngeal Mask Ventilation During Lumbar Spine Neurosurgery in Knee-Chest Position is Feasible.*

Hurtado P, Fàbregas N, Forero C, Tercero J, Carrero E, de Riva N, Gracia I, López AM, Valero R.

Publicado en: Journal of Neurosurgical Anesthesiology. 2017 Jul; 29(3):317-321.

Impact factor: 3.956      Primer cuartil

### RESUMEN DEL ESTUDIO

**Antecedentes:** En este estudio describimos nuestra experiencia con el uso de la ML en pacientes colocados en posición genupectoral para cirugía lumbar.

**Métodos:** Se registro el manejo de la vía aérea: (recolocación de la ML, IOT por fallo en la inserción de la ML), antecedente de VAD conocida y complicaciones de la vía aérea. Se compararon los grupos con el T test o el  $\chi^2$  test según los datos.

**Resultados:** Un total de 358 casos fueron revisados entre el 2008 y el 2013. Se realizó IOT en 108 pacientes y la ML se escogió en 250 pacientes (69.8%). Los pacientes que se intubaron fueron mayores y con mayor incidencia de VAD; la duración de la cirugía también fue mayor en este grupo ( $P < 0,001$ ). La inserción de la ML fue efectiva en un 97,2%; 7 pacientes (2,8%) fueron intubados por fuga persistente. Las incidencias de la vía aérea se resolvieron sin comprometer la seguridad del paciente.

**Conclusiones:** Concluimos que el manejo de la vía aérea con ML en cirugía lumbar en posición genupectoral fue factible en pacientes seleccionados cuando el anesthesiólogo es experimentado.

## CLINICAL REPORT

# Laryngeal Mask Ventilation During Lumbar Spine Neurosurgery in Knee-Chest Position is Feasible

Paola Hurtado, MD, Neus Fàbregas, MD, PhD, Carolina Forero, MD, Javier Tercero, MD, Enriqué Carrero, MD, PhD, Nicolas de Riva, MD, Isabel Gracia, MD, Anna M. Lopez, MD, PhD, and Ricard Valero, MD, PhD

**Background:** This study describes our experience with laryngeal mask (LM) inserted after anesthetic induction in patients already in knee-chest position for lumbar neurosurgery.

**Methods:** Airway management (need for LM repositioning, orotracheal intubation because of failed LM insertion), anticipated difficult airway, and airway complications were registered. Statistics were compared between groups with the *t* test or the  $\chi^2$  test, as appropriate.

**Results:** A total of 358 cases were reviewed from 2008 to 2013. Tracheal intubation was performed in 108 patients and LM was chosen for 250 patients (69.8%). Intubated patients had a higher mean age and rate of anticipated difficult airway; duration of surgery was longer ( $P < 0.001$ , all comparisons). LM insertion and anesthetic induction proved effective in 97.2% of the LM-ventilated patients; 7 patients (2.8%) were intubated because of persistent leakage. Incidences with airway management were resolved without compromising patient safety.

**Conclusion:** LM airway management during lumbar neurosurgery in knee-chest position is feasible for selected patients when the anesthetist is experienced.

**Key Words:** airway management, laryngeal mask, lumbar spine surgery, neurosurgery

(*J Neurosurg Anesthesiol* 2017;29:317–321)

Received for publication June 28, 2015; accepted December 21, 2015.  
From the Anesthesiology Department, Hospital Clínic de Barcelona, Barcelona, Spain.

P.H.: study design, data analysis, and manuscript writing; N.F.: study design, data analysis, and manuscript writing; C.F.: data analysis and manuscript reviewing; J.T.: data collection and manuscript review; E.C.: data collection and manuscript review; N.D.R.: data collection and manuscript review; I.G.: data collection and manuscript review; A.L.: data collection, data analysis, and manuscript writing; R.V.: study design, data analysis, and manuscript writing.

A.M.L. has received honoraria from the companies LMA, Bioser, and Ambu. R.V. has received some travel expenses from the company Bioser. The remaining authors have no funding or conflicts of interest to disclose.

Address correspondence to: Ricard Valero, MD, PhD, Anesthesiology Department, Hospital Clínic de Barcelona, Villarroel 170, Barcelona 08036, Spain (e-mail: rvalero@clinic.ub.es).

Copyright © 2016 Wolters Kluwer Health, Inc. All rights reserved.  
DOI: 10.1097/ANA.0000000000000277

Accumulated clinical experience with supraglottic airway devices and ongoing design improvements have encouraged ever widening applications. Laryngeal masks (LMs) have been used successfully for airway management even when anesthetized patients are placed in non-supine positions during emergency or elective surgery.<sup>1</sup> Induction of anesthesia in prone position followed by LM insertion continues to be controversial, however, because of the potential risk of ventilatory failure and the consequent need to quickly switch the patient to supine position.<sup>2,3</sup>

In interventions on the lumbar spine, which account for the largest proportion of neurosurgical procedures,<sup>4</sup> the patient is usually placed in prone position after anesthetic induction and orotracheal intubation. To avoid the risks associated with moving an anesthetized patient—such as accidental extubation or loss of venous access—some teams advocate patient self-positioning before induction.<sup>5–7</sup> This approach may also decrease the incidence of neurological and vascular lesions caused by poor patient positioning and it saves staff time and effort required for moving the unconscious patient.<sup>3</sup>

We have been performing lumbar spine neurosurgery under general anesthesia and LM ventilation, inserting the mask in prone position, since 2008 in our hospital<sup>8,9</sup> without remarkable incidents, and in view of ongoing debate<sup>2,10</sup> we wished to add our case series to the available evidence on this approach used under routine clinical conditions. The aim of this retrospective study was to describe our experience with LM airway management, including insertion of the device after induction of anesthesia in prone self-positioned patients undergoing lumbar spine neurosurgery.

## METHODS

### Patients

This retrospective study was approved by our hospital's clinical research ethics committee (reference HCB/2014/0097). The committee waived the requirement for written informed consent. The case histories of all patients who underwent lumbar spine neurosurgery from January 2008 through October 2013 were reviewed. Procedures requiring spinal instrumentation involving > 2 levels were excluded.



### Anesthetic Procedures and Monitoring

The anesthetist chose whether or not to prescribe 5 mg of oral diazepam the night before and 2 hours before surgery. Patients' usual medications, such as corticosteroids or anticonvulsants, were continued throughout the procedures. Antibiotic prophylaxis (ceftriaxone, 2 g) was administered. The anesthetist was free to choose either LM airway management or orotracheal intubation.

In all cases, monitoring included noninvasive arterial blood pressure, electrocardiogram, pulse oximetry (S/5; Datex Ohmeda, Helsinki, Finland), and bispectral index (BIS; Covidien, Mansfield, MA). The patient was preoxygenated (100% oxygen) through a face mask. Anesthesia was induced intravenously with propofol (4 to 6  $\mu\text{g}/\text{mL}$  target concentration) and remifentanyl (2 to 4  $\text{ng}/\text{mL}$  target concentration) through a target-controlled infusion system (Orchestra Infusion Workstation, Primea Base; Fresenius Vial, Bad Homburg v.d.H., Germany).

If the anesthetist chose LM ventilation, the patient was first asked to adopt the knee-chest position in the Cloward frame, which distributes pressure and supports the head rotated to the side the patient finds most comfortable.

The face mask used for preoxygenation was kept in place for induction. When the appropriate depth of anesthesia was reached, a deflated LM (ProSeal LMA or Supreme LMA; Laryngeal Mask Co. Ltd., Le Rocher, Victoria, Mahe, Seychelles) was lubricated with a water-soluble jelly and inserted. A number 4 LM was used for patients weighing 50 to 70 kg and a number 5 LM for patients weighing over 70 kg. To guide ProSeal LM insertions, a suction catheter was first advanced through the gastric channel.<sup>11</sup> After insertion, the cuff was inflated to a pressure just < 60 cm H<sub>2</sub>O, confirmed with a manometer (VBM Medizintechnik GmbH, Sulz, Germany). During induction and LM insertion, a spare surgery trolley was kept nearby in case a switch to supine position became necessary in the event of technical failure.<sup>5,9</sup> All anesthetists were experienced with the use of these LMs (range, 50 to 300 insertions).

Total intravenous anesthesia was maintained with propofol and remifentanyl adjusted according to the bispectral index and administered through the target-controlled infusion system. Anesthetists could choose whether or not to use a muscle relaxant (0.6 mg/kg of rocuronium) at any point during the operation. For volume-controlled ventilation (Primus; Dräger Medical Hispania, Madrid), tidal volume was set at 8 to 10 mL/kg to maintain exhaled carbon dioxide pressure at 35 to 40 mm Hg and peak inspiratory pressure < 25 cm H<sub>2</sub>O. The patient was awakened from anesthesia and the LM was removed once respiratory mechanics had recovered, whether the patient was in the knee-chest position or had been returned to supine position.

For patients the anesthetist chose to intubate, the same total intravenous anesthesia method was used. Muscle relaxants were used in all intubated patients, and anesthesia was induced while these patients were still in supine position. Once anesthetized and intubated, a team

of at least 4 operating theater staff members cooperated to place the patient in the surgical position.

From records we extracted patient data (age, weight, height, body mass index, sex) and whether difficult airway criteria had been anticipated during pre-anesthetic assessment.

Outcome variables extracted from records were (1) the need for repositioning of the LM to optimize ventilation; (2) orotracheal intubation because of failed LM insertion; and (3) any of the following airway complications: laryngeal spasm, bronchospasm, leaks requiring LM repositioning, arterial oxygen desaturation (< 95% measured by pulse oximetry), and bronchial aspiration. Details of airway management strategies were extracted for intubated patients. Duration of surgery, from the beginning of the anesthesia team care to patient awakening was also recorded.

### Statistical Analysis

Quantitative and qualitative variables were expressed with means  $\pm$  SD or absolute frequencies and percentage, respectively. Statistics were compared between groups with the *t* test or the  $\chi^2$  test, as appropriate. SPSS version 18 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL) was used for all analyses. A value of *P* < 0.05 was considered statistically significant.

### RESULTS

Data for 358 lumbar spine neurosurgeries performed with the patient in knee-chest position were collected for the period from 2008 through 2013. Clinical and patient characteristics are shown in Table 1. The patients chosen for intubation were older than patients in the LM group, they had more factors predicting difficult airway management, and their procedures were longer (*P* < 0.001, all comparisons) (Table 1).

Ventilation through a LM was chosen in 250 cases (69.8%) (231, ProSeal; 19, Supreme). Management of ventilation in these patients is summarized in Table 2.

Of the 229 with no warning of anticipated difficult airway in the chart, 215 had no airway complications during surgery and in 14 patients some degree of airway difficulty management appeared. Ten patients required

**TABLE 1.** Patient Characteristics According to Technique Chosen for Intraoperative Airway Management

	Orotacheal Intubation	Laryngeal Mask	Total
No. patients	108	250	358
Sex (female/male)	55/53	134/116	189/169
Duration of surgery (min)	221 $\pm$ 68.9	182.7 $\pm$ 51.9*	193.8 $\pm$ 59.6
Age (y)	59.2 $\pm$ 15.9	53.5 $\pm$ 15*	55.1 $\pm$ 15.5
Body mass index	27.8 $\pm$ 4.9	26.8 $\pm$ 13.8	27.1 $\pm$ 11.7
Anticipated difficult airway (n [%])	26 (24.1)	21 (8.4)*	47 (13.1)

\**P*  $\leq$  0.001 between groups.

**TABLE 2.** Management of Laryngeal Mask-ventilated Patients

	Anticipated		Total
	No Anticipated Difficult Airway	Difficult Airway	
No complications (n [%])	215 (86.0)	18 (7.2)	233 (93.2)
Maneuvers required to optimize ventilation (n [%])	10 (4.0)	0	10 (4.0)
Orotracheal intubation required (n [%])	4 (1.6)	3 (1.2)	7 (2.8)
Total (n [%])	229 (91.6)	21 (8.4)	250

Values are absolute numbers and percentages of the total number of laryngeal mask-ventilated patients (n = 250).

attention to optimize ventilation, one of them had a mild bronchospasm that improved with administration of an inhaled bronchodilator and intravenous infusion of a corticosteroid and magnesium; 8 required LM repositioning and after the second attempt could be ventilated through the device; and in 1 patient the ProSeal LM had to be replaced with a Supreme LM. Three patients were switched to supine position and intubated due to inadequate ventilation with the LM. LM ventilation failure was related to bronchospasm in 1 case and to persistent leakage in 2. In a fourth patient, a persistent leak could not be corrected after 2 attempts to reposition the LM, and it was necessary to intubate the trachea with the aid of a fiberoptic bronchoscope with the patient still in prone position.

One or 2 criteria for difficult intubation or ventilation were present in 21 patients (8.4%) where the anesthesiologist in charge chose to insert a LM: 3 patients were classified Mallampati class III; the remaining 18 had obstructive sleep apnea and/or were moderately obese.

No difficult ventilation was recorded in 18 of them. In 3 patients with difficult airway criteria LM ventilation failed because of persistent leakage despite repositioning maneuvers; these patients were intubated in supine position with the aid of a laryngoscope (1 patient) or a fiberoptic bronchoscope (2 patients). No cases of arterial oxygen desaturation, bronchial aspiration, or any other complication attributable to airway management were observed in this group. Failed LM ventilation requiring oro-tracheal intubation occurred before 2010.

Orotracheal intubation was chosen for 108 patients, nearly a quarter of whom had some criteria for difficult airway. Patients with 3 or more criteria for difficult airway were awake intubated with fiberoptic. In 6 patients, however, the difficulty was unexpected. Table 3 shows the strategies used to manage the airway in these cases.

## DISCUSSION

Our data support the clinical effectiveness and feasibility of anesthetic induction and insertion of a LM airway after patients have placed themselves in knee-chest position for lumbar neurosurgery. This approach was effective in 97.2% of the patients in this series. The incidence of complications was 2.8%, all of them occurring within the first 2 years, and could be resolved without compromising patient safety. These findings are consistent with studies showing that the LM can be used for procedures in prone position.<sup>6-8</sup> A recent review of 16 trials that together included >1600 surgeries of various types performed with the patient in prone position and ventilated through a supraglottic airway device found that ventilation was successful in all but 2 patients who were switched to supine position.<sup>1</sup> It may be argued that the literature could be biased against negative studies. A clinical series showing a high incidence of complication with this technique is unlikely to be submitted, let alone being published. In our study, we report the results of our clinical experience with this airway management approach including all patients from the beginning.

Several studies have investigated this approach to airway management in spinal surgery. Brimacombe et al<sup>6</sup> described their experience with a series of 245 patients, 130 of whom were undergoing orthopedic surgery on the spine. Our group previously described using Supreme or ProSeal LMs in 160 patients undergoing various types of surgery; among them were 38 lumbar discectomy patients.<sup>8,9</sup> Sharma et al<sup>7</sup> used the Supreme LM in 205 patients undergoing orthopedic surgery in prone position; some of their patients were obese. Finally, Olsen et al<sup>3</sup> recently reported a randomized trial in which 64 patients underwent surgery ventilated through ProSeal LMs after self-positioning in prone position; the comparator was oro-tracheal intubation with subsequent switch to prone position. Ventilation was effective in all cases in both those trials: difficulties and incidents were detected and

**TABLE 3.** Management of Intubated Trachea

	No Anticipated Difficult Airway		Anticipated Difficult Airway	Total
	No Difficulty	Unexpected Difficulty		
Laryngoscope (n [%])	55 (50.9)	4 (3.7)	5 (4.6)	64 (59.2)
Laryngoscope, Frova bougie (n [%])	0	0	2 (1.8)	2 (1.8)
Video-assisted laryngoscope (n [%])	2 (1.8)*	1 (0.9)	3 (2.7)	6 (5.5)
Fiberoptic bronchoscope (n [%])	19 (17.6)*	1 (0.9)	16 (14.8)	36 (33.3)
Total (n [%])	76 (70.4)	6 (5.5)	26 (24.1)	108

Values are absolute numbers and percentages of the total number of intubated patients (n = 108).

\*Techniques that were selected for training purposes in these patients.

resolved through the same strategies that are applied in patients in supine position, no serious complications developed, and no patients had to be switched to supine position to solve airway management problems.

Several advantages have been attributed to supraglottic airway devices in comparison with tracheal intubation for procedures in prone position. One is that anesthetic induction and patient positioning take less time, although the clinical importance of the time advantage may not be relevant. In 1 study, induction was accomplished in a mean of 25 minutes in LM airway patients and took only 5 minutes longer on average in intubated patients.<sup>3</sup> A second advantage claimed for self-positioning in prone position and LM airway management is that it reduces the risk of accidental extubation while the patient is being moved.<sup>3</sup> These 2 advantages are specific to patients in prone position, but it is important to remember the well-established advantages of these devices over tracheal tubes in any position or in other settings. LMs have been shown to attenuate hemodynamic changes during airway maneuvers.<sup>12,13</sup> Because LM ventilation is better tolerated than the tracheal tube, eliminates or considerably reduces the need for neuromuscular relaxation, the patient awakens more quickly and neurological assessment can take place sooner; the airway is also less likely to be injured in the immediate postoperative period.<sup>10,12</sup> Although rocuronium was used before LM insertion in all patients in the trial reported by Olsen et al,<sup>3</sup> it was not used in our study of routine clinical practice, in which the anesthesiologists were free to decide when it was necessary to administer a relaxant to improve surgical conditions or mechanical ventilation. Finally, LM insertion has proven useful for emergency airway management or rescue in prone patients<sup>1,14,15</sup> and has been proposed as a useful technique to solve these emergencies.<sup>10</sup> We agree with that recommendation and also suggest that anesthesiologists who gain experience with LM insertion in routine situations are honing skills that will be useful in emergencies when they arise.

Nonetheless, despite the advantages suggested by published studies and case reports, the safety of LM ventilation continues to generate debate. Opponents argue that this airway management technique can be more complicated with patients in prone rather than supine position and that it may be necessary to turn the patient over to resolve problems.<sup>2,16</sup> As the use of LMs in prone position continues to be considered an advanced application of these devices, a series of relevant conditions should be emphasized for safe clinical use. First, the anesthesiologist should have wide experience in the diagnosis and management any type of difficulty that might arise. In addition, second-generation devices are strongly recommended for this particular use, as they provide better ventilator conditions and airway protection, and the material needed to manage a difficult airway should be at hand. Finally, the anesthesiologist should screen patients carefully to ensure they are appropriate candidates. Although the anesthesiologists who inserted the LMs in our

setting had ample experience with these devices, we did see 7 cases of suboptimal ventilation that had to be resolved with tracheal intubation. We attribute these occurrences to the team's learning curve in the first 2 years (2008 and 2009). From 2010 onward, no patients had to be switched from planned LM management to tracheal intubation, most likely due to higher confidence in the technique. This observation underlines the need for extensive experience with these supraglottic devices in routine clinical conditions.

Second-generation LMs fitted with a gastric channel, such as those we used, are the ones most often chosen for patients in prone position.<sup>6-9</sup> Such LMs enable effective ventilation with higher seal pressures. Gastric content can be drained if necessary, and if these LMs become dislodged, they can be easily repositioned using the gastric channel as a guide.<sup>8</sup> The recent introduction of new devices with additional features, as higher seal and direct intubation capabilities, may offer even better advantages.

Our patient selection process reflected our team's consensus on how to manage patients undergoing surgery in prone position. The anesthesiologists, who were free to choose between the 2 methods, selected patients for orotracheal intubation when they were older, were at greater risk for difficult airway, and were undergoing longer surgeries. We believe that these characteristics are the ones that set limits on LM use in prone position, consistent with recent publications.<sup>2,3,10</sup>

Potentiality of disasters must be always in every anesthesiologists mind to prevent and early diagnose complications. Complications may happen, and it is not always possible to predict in which patients inadequate ventilation may occur, or that leaks may prompt readjustment of the LMA. With our approach and recommendations we consider that we are able to detect and treat effectively any of those potential severe complications, not in a different way that we would do with the patients in supine position, or with the patient tracheally intubated in prone position.

A limitation of our study is that it was retrospective. We did not include patients systematically, nor did we establish an algorithm to prospectively guide management of inadequate ventilation due to obstruction or leakage. The clinical decisions in these situations were left to the anesthesiologist in charge. However, we can therefore say confidently that the data analyzed accurately reflect routine practice in our hospital. In addition, our study was not designed to detect differences in postoperative neurological complications attributable to self-positioning for surgery rather than repositioning by operating theater staff after induction. The incidence of such complications is low, so very large studies would be required to demonstrate that the risk declines with self-positioning.

We conclude that LM airway management during neurosurgery on the spine in knee-chest position is feasible in selected patients when the anesthesiologist is experienced with the use of supraglottic airway devices and the management of complications in prone position.

## REFERENCES

- López AM, Valero R. Use of supraglottic airway devices in patients positioned other than supine. *Trends Anesth Crit Care*. 2012;2:65–70.
- Staender S. CON: laryngeal mask must not be used for surgery in prone position. *Eur J Anaesthesiol*. 2014;31:256–258.
- Olsen KS, Petersen JT, Pedersen NA, et al. Self-positioning followed by induction of anaesthesia and insertion of a laryngeal mask airway versus endotracheal intubation and subsequent positioning for spinal surgery in the prone position: a randomised clinical trial. *Eur J Anaesthesiol*. 2014;31:259–265.
- Hughey AB, Lesniak MS, Ansari AA, et al. What will anesthesiologist be anesthetizing? Trends in neurosurgical procedure usage. *Anesth Analg*. 2010;110:1686–1697.
- Ng A, Raitt DG, Smith G. Induction of anesthesia and insertion of a laryngeal mask airway in the prone position for minor surgery. *Anesth Analg*. 2002;94:1194–1198.
- Brimacombe JR, Wenzel V, Keller C. The ProSeal laryngeal mask airway in prone patients: a retrospective audit of 245 patients. *Anaesth Intensive Care*. 2007;35:222–225.
- Sharma V, Verghese C, McKenna PJ. Prospective audit on the use of the LMA-Supreme for airway management of adult patients undergoing elective orthopaedic surgery in prone position. *Br J Anaesth*. 2010;105:228–232.
- López AM, Valero R, Brimacombe J. Insertion and use of the LMA Supreme in the prone position. *Anaesthesia*. 2010;65:154–157.
- López AM, Valero R, Hurtado P, et al. Comparison of the LMA Supreme™ with the LMA ProSeal™ for airway management in patients anaesthetized in prone position. *Br J Anaesth*. 2011;107:265–271.
- Hinkelbein J. PRO: laryngeal masks can be used for surgery in the prone position. *Eur J Anaesthesiol*. 2014;31:253–255.
- García-Aguado R, Viñoles J, Brimacombe J, et al. Suction catheter guided insertion of the ProSeal laryngeal mask airway is superior to the digital technique. *Can J Anaesth*. 2006;53:398–403.
- Carron M, Veronese S, Gomiero W, et al. Hemodynamic and hormonal stress responses to endotracheal tube and ProSeal Laryngeal Mask Airway™ for laparoscopic gastric banding. *Anesthesiology*. 2012;117:309–320.
- Perelló-Cerdà L, Fàbregas N, López AM, et al. ProSeal laryngeal mask airway attenuates systemic and cerebral hemodynamic response during awakening of neurosurgical patients: a randomized clinical trial. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2015;27:194–202.
- Abrishami A, Zilberman P, Chung F. Brief review: airway rescue with insertion of laryngeal mask airway devices with patients in the prone position. *Can J Anaesth*. 2010;57:1014–1020.
- Valero R, Serrano S, Adalia R, et al. Anesthetic management of a patient in prone position with a drill bit penetrating the spinal canal at C1-C2, using a laryngeal mask. *Anesth Analg*. 2004;98:1447–1450.
- Kranke P. Penny wise, pound foolish? Trade-offs when using the laryngeal mask airway for spine surgery in the prone position. *Eur J Anaesthesiol*. 2014;31:249–252.

## ARTÍCULO 2.

*Use of second generation supraglottic device for endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms: A retrospective cohort.*

Hurtado P, García-Orellana M, Amaro S, Carrero E, Zarco F, López A, Fábregas N, Valero R.

Publicado en: Brazilian Journal of Anesthesiology. 2021 Jul-Aug; 71(4):408-412.

Impact Factor: 0.867 Tercer cuartil

### RESUMEN DEL ESTUDIO

**Antecedentes:** El objetivo del estudio es valorar la utilidad del uso de los DSG como alternativa a la IOT para el manejo de la vía aérea durante la anestesia para el tratamiento endovascular de los aneurismas cerebrales no rotos en nuestra institución en un periodo de nueve años.

**Métodos:** Estudiamos retrospectivamente los casos de nuestra institución, desde 2010 hasta 2018. Las variables principales fueron: manejo de la vía aérea (recolocación del dispositivo supraglótico, necesidad de intubación por fracaso de la técnica, complicaciones de la vía aérea). Las variables secundarias analizadas fueron: complejidad del aneurisma, historia de hemorragia subaracnoidea, monitorización hemodinámica y complicaciones perioperatorias.

**Resultados:** Se incluyeron 187 pacientes en dos grupos: dispositivo supraglótico 130 (69,5%) y TOT 57 (30,5%). No se registraron incidentes en el 97% de los casos. Tres pacientes del grupo dispositivo supraglótico requirieron reposicionamiento del dispositivo supraglótico y un paciente preciso IOT por ventilación inadecuada. Tres pacientes del grupo tubo presentaron broncoespasmo o laringoespasmo durante el despertar. Cuarenta y cinco pacientes (24,1%) tenían aneurismas complejos o historia de hemorragia subaracnoidea. Treinta y tres de ellos (73,3%) requirieron IOT en comparación con 24 de los 142 (16,9%) con aneurismas no complejos. Dos pacientes en cada grupo murieron durante el periodo postoperatorio temprano. Dos en cada grupo tuvieron también sangrado intraoperatorio. Un análisis post-hoc demostró que la IOT se usó en 55 pacientes (44%) entre el 2010 hasta el 2014 y solo en 2 pacientes (3,2%) entre 2015 y el 2018, paralelamente a esta tendencia la monitorización invasiva de la presión arterial también descendió desde el periodo temprano al periodo tardío, desde 37(27,2%) de los casos hasta 5 (8,2%).

**Conclusión:** El uso de los DSG, así como otros protocolos menos invasivos, se pueden considerar una alternativa para el manejo de la vía aérea en pacientes seleccionados propuestos para tratamiento endovascular de aneurismas cerebrales no rotos.





# Brazilian Journal of ANESTHESIOLOGY



## CLINICAL RESEARCH

### Use of second generation supraglottic airway device for endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms: a retrospective cohort



Paola Hurtado<sup>a</sup>, Marta Garcia-Orellana<sup>a</sup>, Sergi Amaro<sup>b</sup>, Enrique Carrero<sup>a</sup>, Federico Zarco<sup>c</sup>, Anna Lopez<sup>a</sup>, Neus Fabregas<sup>a</sup>, Ricard Valero<sup>id a,\*</sup>

<sup>a</sup> Hospital Clínic de Barcelona, Anaesthesiology Department, Barcelona, Spain

<sup>b</sup> Hospital Clínic de Barcelona, Neurology Department, Barcelona, Spain

<sup>c</sup> Hospital Clínic de Barcelona, Radiology Department, Barcelona, Spain

Received 19 December 2019; accepted 10 April 2021

Available online 26 April 2021

#### KEYWORDS

Intracranial aneurysm;  
Endovascular procedure;  
Laryngeal mask;  
General anesthesia

#### Abstract

**Background:** We aimed to assess the feasibility of using supraglottic devices as an alternative to orotracheal intubation for airway management during anesthesia for endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms in our department over a nine-year period.

**Methods:** Retrospective single center analysis of cases (2010–2018). Primary outcomes: airway management (supraglottic device repositioning, need for switch to orotracheal intubation, airway complications). Secondary outcomes: aneurysm complexity, history of subarachnoid hemorrhage, hemodynamic monitoring, and perioperative complications.

**Results:** We included 187 patients in two groups: supraglottic device 130 (69.5%) and orotracheal intubation 57 (30.5%). No adverse incidents were recorded in 97% of the cases. Three supraglottic device patients required supraglottic device repositioning and 1 supraglottic device patient required orotracheal intubation due to inadequate ventilation. Three orotracheal intubation patients had a bronchospasm or laryngospasm during awakening. Forty-five patients (24.1%) had complex aneurysms or a history of subarachnoid hemorrhage. Thirty-three of them (73.3%) required orotracheal intubation compared to 24 of the 142 (16.9%) with non-complex aneurysms. Two patients in each group died during early postoperative recovery. Two in each group also had intraoperative bleeding. A post-hoc analysis showed that orotracheal intubation was used in 55 patients (44%) in 2010 through 2014 and 2 (3.2%) in 2015 through 2018, parallel to a trend toward less invasive blood pressure monitoring from the earlier to the later period from 34 (27.2%) cases to 5 (8.2%).

\* Corresponding author.

E-mail: rvalero@clinic.cat (R. Valero).

<https://doi.org/10.1016/j.bjane.2021.04.008>

© 2021 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Conclusion:** Supraglottic device, like other less invasiveness protocols, can be considered a feasible alternative airway management approach in selected patients proposed for endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms.

© 2021 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introduction

The efficacy of endovascular intracranial aneurysm treatment has been recognized since the 1970s, and although its safety has been demonstrated in Unruptured Intracranial Aneurysms (UIAs), little has been published about perioperative anesthetic care in this setting.<sup>1–3</sup> The standard of care calls for general anesthesia with Orotracheal Intubation (OTI), muscle paralysis, controlled ventilation, and standard monitoring plus invasive arterial pressure recording to provide absolute immobility and strict hemodynamic control.<sup>2</sup>

However, OTI is associated with hemodynamic effects that may increase the risk of aneurysm rupture prior to occlusion. Furthermore, OTI is also associated with more coughing episodes and potentially deleterious hemodynamic changes during emergence compared to Supraglottic Devices (SGD), which have less impact in the sympathetic nervous system.<sup>4–6</sup> Nevertheless, there is concern that SGD may not provide the same degree of airway protection and safety as OTI during these long procedures.<sup>3</sup>

Only a few case series, including a limited number of patients, have reported the feasibility of SGD during endovascular treatment of UIAs.<sup>7,8</sup> We present the analysis of our 9-year experience with using SGD as an alternative to assess the feasibility of this approach to airway management in patients undergoing endovascular treatment in UIAs.

## Materials and methods

This retrospective cohort study was approved by the research ethics committee at our university hospital (reference HCB/2018/0691) and registered at clinicaltrials.org (NCT03632902). The committee waived the requirement for specific written informed consent for use of data; thus, consent was obtained only for anesthesia and radiology procedures.

We reviewed the records of all patients who underwent endovascular treatment of a UIA from January 2010 to March 2018. Ruptured intracranial aneurysms were excluded.

## Anesthetic procedures and monitoring

Our institutional protocol included premedication with 5 mg of oral diazepam the night before and 2 hours before surgery, continuation of corticosteroids or anticonvulsants throughout the procedure and antibiotic prophylaxis (intravenous [IV] ceftriaxone, 2 g).

Continuous monitoring consisted of blood pressure (arterial cannulation or use of a noninvasive monitor [ccNexfin,

BMEYE, Irvine, CA, USA]), electrocardiogram, and the Bispectral Index monitoring (BIS, Brain Monitoring System; Covidien, Mansfield, MA, USA), pulse oximetry (S/5; Datex Ohmeda, Helsinki, Finland); and bilateral regional Oxygen Saturation (SrO<sub>2</sub>) (INVOS 5100C Cerebral/Somatic Oximeter, Minneapolis, MN, USA). Each patient was preoxygenated (100% oxygen) through a face mask. All procedures were performed under general anesthesia. Intravenous anesthesia was administered through a target-controlled infusion system (Orchestra Infusion Workstation, Primea Base; Fresenius Vial, Bad Homburg v.d.H., Germany) with propofol (target concentration, 4–6 µg.mL<sup>-1</sup>) and remifentanyl (target, 2–4 ng.mL<sup>-1</sup>) adjusted to keep the bispectral index close to 50. Rocuronium bolus 1 mg.Kg<sup>-1</sup> followed by continuous perfusion (0.1 mg.Kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>) was administered to maintain one response of a train-of-four (S/5 Datex Ohmeda®, Helsinki, Finland). The anesthesiologist, who was experienced in airway management, was free to choose either SGD (I-gel, Intersurgical Ltd, Wokingham, Berkshire, UK) or OTI airway management, according to their own clinical criteria, always following current airway management guidelines.

A bolus dose of heparin (100 IU.kg<sup>-1</sup> IV) was administered at the start of the procedure. The level of anticoagulation was monitored with the activated clotting time (ACT, GEM PCL plus, Bedford, MA, USA), and doses of heparin were repeated if necessary.

In the absence of complications, a dose of 2 mg.Kg<sup>-1</sup> sugammadex was administered, patients were to be awakened and extubated (or the SGD removed) immediately after the end of the procedure for early neurological examination and then transferred to the stroke unit or the postanesthetic care unit.

## Data collection

The main goal was to analyze the type of airway management technique used (SGD or OTI) and airway related events and complications: laryngospasm, bronchospasm, arterial oxygen desaturation (< 95% measured by pulse oximetry), gastric content aspiration and airway symptoms within the first month (during hospitalization or outpatient follow-up). We also collected whether a difficult airway had been anticipated during the preanesthetic assessment. For SGD-managed airways, we recorded the need to reposition it to optimize ventilation or to switch to OTI because of failed SGD insertion. Details of airway management strategies were also extracted for intubated patients.

The analysis included demographic data, aneurysm characteristics, history of arterial hypertension, type of anesthesia, and method of arterial blood pressure monitor-

P. Hurtado, M. Garcia-Orellana, S. Amaro et al.

**Table 1** Patient and aneurysm characteristics.

	OTI	SGD	Total	<i>p</i>
Nº of patients	57	130	187	
Sex, F	40 (89.5)	100 (76.9)	140 (74.9)	0.31
n (%) M	17 (10.5)	30 (23.1)	47 (25.1)	
Age, mean (SD), y	61 (10.5)	57.8 (11.0)	58.8 (10.9)	0.07
BMI, mean (SD), kg·m <sup>-2</sup>	25.6 (5.25)	24.5 (4.2)	24.7 (4.5)	0.24
Anticipated difficult airway, n (%)	6 (10.5)	7 (5.4)	13 (6.8)	0.19
Hypertension, n (%) <sup>a</sup>	26/57	50/130	77 (41.2)	0.36
Aneurysm location, n (%)				0.65
Anterior circulation	45 (79)	99 (76.2)	144 (77)	
Posterior circulation	12 (21)	31 (23.8)	43 (23)	
Complexity, n (%) <sup>b</sup>	33 (57.9)	12 (9.2)	45 (24.1)	0.001

Quantitative and qualitative variables were compared with the *t* test or  $\chi^2$  test, respectively.

BMI, Body Mass Index; OTI, Orotracheal Tube; SGD, Supraglottic Device.

<sup>a</sup> Past medical history of hypertension in medical treatment.

<sup>b</sup> Previous history of subarachnoid haemorrhage or aneurism complexity score  $\geq 4$  on a scale of 0 to 7.

ing. To assess the procedure potential risks, previous history of subarachnoid hemorrhage and aneurysm complexity were also recorded. Complexity was defined by a score of 4 or more points on a scale of 0 to 7 derived by giving one point to each of the following characteristics: wide neck, significant lobulation, calcifications, intra-aneurysmal thrombosis, tortuosity or stenosis of proximal vessels, small size (less than 3 mm), and presence of branches in the sack.

### Statistical analysis

Quantitative variables were expressed as mean (SD) and qualitative variables as absolute frequency and percentage. Statistics were compared between groups with the *t*-test or  $\chi^2$  test, as appropriate. In a post-hoc analysis we also explored variables that might be associated with differing airway management decisions in two consecutive time periods: 2010 to 2014 and 2015 to 2018.

IBM SPSS Statistics 23 for Windows (IBM Corp, Armonk NY, USA) was used for all analyses. A value of *p* < 0.05 was considered statistically significant.

### Results

A total of 187 patients were treated during the study period, 130 (69.5%) of them received a SGD group and 57 (30.5%) were managed with OTI. There were no differences in demographic characteristics, history of hypertension, or anticipated difficult airway rates between the two airway management groups (Table 1).

All incidents during airway management are described in Table 2. In the 3 SGD patients whose device required repositioning, adequate ventilation was achieved on the second attempt. No episodes of desaturation or gastric content aspiration developed in SGD patients. The single laryngospasm in the OTI group occurred during awakening and was associated with intense coughing. The 2 fiberoptic bronchoscope insertions in the OTI group were performed in patients with predicted difficult intubation.

Three postoperative pneumonias (1 in the SGD group and 2 in the OTI group) were diagnosed. All 3 pneumonias were in patients that remained intubated when transferred to the intensive care unit.

OTI was the preferred technique for patients with increased risk of complications either due to previous history of subarachnoid hemorrhage or to the presence of a complex aneurysm. Tracheal intubation was performed in 33 of the 47 high-risk patients (73.3%), but only in 24 of the 142 patients (16.9%) without these risk factors (*p* < 0.0001) (Table 1).

Four patients, 2 in each group, died while in the postoperative period (2.1% of the cohort of 187 patients). Three of the deaths (2 of them in the OTI group) had complex aneurysms. Two OTI patients bled during the procedure and remained intubated when transferred to the intensive care unit, where they died. Postoperative bleeding was detected in 2 SGD patients. The first presented with mild right paresis that progressed to diminished consciousness over the next few hours. This patient was immediately intubated, a pericallosal artery bleed was observed with cranial tomography, and transferred to the ICU. The second developed a headache and experienced vasospasm after being asymptomatic for the first 6 hours after awakening. Subarachnoid bleeding was diagnosed by cranial tomography and the patient was admitted in the ICU. Eleven days later, a bilateral cerebral stroke involving the middle cerebral and anterior cerebral arteries was observed and he died a few days later.

There was a parallel trend toward the use of less invasive airway management and less invasive blood pressure monitoring over the period of study. A post-hoc analysis showed that OTI was used in 55 patients (44%) from 2010 to 2014 and 2 (3.2%) from 2015 to 2018, parallel to a trend toward less invasive blood pressure monitoring from the earlier to the later period; from 34 (27.2%) cases to 5 (8.2%).

### Discussion

In our case series, the use of SGD provided effective airway management during endovascular treatment of UIAs



**Table 2** Events during airway management by group and anticipated difficult airway classification.

	No ADA	ADA	Total
<b>SGD group</b>			
No incidences, n (%)	119 (91.5%)	7 (5.4%)	126 (96.9%)
<b>Incidents, n (%)</b>			
Repositioning <sup>a</sup>	3 (2.3%)	0	3 (2.3%)
Switch to OTI	1 (0.8%)	0	1 (0.8%)
Total, n (%)	124 (95.4%)	7 (5.4%)	130
<b>OTI group</b>			
No incidences, n (%)	49 (86%)	3 (5.3%)	52 (91.2%)
<b>Incidents, n (%)</b>			
Laryngospasm	0	1 (1.7%)	1 (1.7%)
Bronchospasm	2 (3.5%)	0	2 (3.5%)
Fiberoptic intubation, n (%)	0	2 (3.5%)	2 (3.5%)
Total, n (%)	51 (89.5%)	6 (10.5%)	57

ADA, Anticipated Difficult Airway; SGD, Supraglottic Device; NA, Not Applicable; OTI, Orotracheal Intubation.

<sup>a</sup> SGD repositioning or adjustment manoeuvres were needed to improve ventilation.

and was associated with a low incidence of airway-related events or complications. No major airway complications occurred in the patients whose airways were managed with SGD. Post-procedure pneumonia was diagnosed in 3 patients under prolonged mechanical ventilation due to neurological complications that cannot be attributed to airway instrumentation during the procedure. To date, no randomized trials or prospective studies comparing OTI to SGD management in neuroradiological interventions have been published; only data from two retrospective observational studies in this setting are available, including 3 and 26 cases of uneventful SGD use,<sup>7,8</sup> which is consistent with our findings.

During endovascular embolization of intracranial aneurysm, the transmural pressure gradient of the aneurysm sac must remain constant<sup>2,9,10</sup> to decrease the risk of rupture, estimated to be 1.4% of the cases.<sup>11</sup> Furthermore, preventing the ischemia and bleeding that can occur at different moments, during or shortly after the procedure, requires a strict and continuous control of the hemodynamic and respiratory parameters, in particular during the induction of anesthesia and the awakening period. As studies in other settings have demonstrated the benefit of using SGD to reduce the deleterious hemodynamic impact of airway manipulation during induction and emergence of anesthesia in comparison to OTI, it could be speculated that they may contribute to reduce the risk of aneurysm rupture and postoperative intracranial bleeding.<sup>6,12,13</sup> The data of our retrospective analysis do not allow drawing conclusions because more patients with high risk for complication were managed with OTI. In our series, 4 cases of aneurysm rupture and bleeding occurred. The 2 patients in the OTI group were still intubated. The 2 patients in the SGD group were intubated postoperatively and transferred to the intensive care unit when neurological status declined after several hours. Although complications after uneventful endovascular procedures seem to be rare,<sup>14</sup> it appears very important to monitor these patients very closely and evaluate neurological function often during the first 6 hours of recovery to detect events early, as we did in our series. An additional advantages of SGD use is that

the early and smooth recovery from anesthesia, facilitating the immediate assessment of neurological status after the procedure, which has been found to be beneficial.<sup>15</sup>

The shift toward SGD in our series progressed alongside a transition to minimally invasive periprocedural protocols, including the use of noninvasive continuous monitoring, as better equipment became available. This evolution in clinical practice also reflects the consolidation of our collective experience in the use SGD in neuroanesthesia.<sup>6,16,17</sup>

However, controversy still exist over the use SGD for endovascular treatment of UIAs, as for other neurosurgical procedures, based on concerns over their efficacy and safety on protecting the airway. In our 9-year experience, no complication related to the use of SGD, such as severe hypoxemia or aspiration of gastric contents, were detected and all airway related events were easily solved by repositioning or adjusting the device. These encouraging results could be explained by a prudent patient selection considering several factors. First, patients estimated to be at risk for carotid rupture or cervical bleeding and those with decreased level of consciousness were managed with OTI. Second, patients with predicted difficult airways were managed according to institutional protocols, performing awake tracheal intubation if indicated by the preanesthetic airway evaluation findings. Notwithstanding, 7-patients with criteria for difficult intubation, but not for difficult ventilation or SGD placement, were managed uneventfully with such devices. Third, the number of patients managed with SGD increased steadily as the members of the neuroanesthesia team gained expertise in their use, to include the vast majority of patients scheduled for embolization of unruptured aneurysms. Fourth, an SGD that is appropriate for the indication should be used, and a second-generation device is recommended for advanced uses. Only second-generation SGD were used in our case series, the I-gel was the most commonly available in the radiological suite as it does not have metal components.

Our retrospective analysis has several limitations. First, the number of patients and the severity of their risk factors for complications were not evenly distributed between the groups of patients. Second, data related to hemody-

P. Hurtado, M. Garcia-Orellana, S. Amaro et al.

dynamic and respiratory changes, particularly during induction and emergence from anesthesia, was not precise enough to draw conclusions about the benefits of SGD use over the OTI. Finally, our single center study, with a limited sample size, is not large enough to support the safety of SGD use during the endovascular treatment of UIAs.

In conclusion, our experience suggests that the use of SGD I-gel is a feasible airway management approach for patients proposed for endovascular treatment of UIAs under minimally invasive periprocedural management protocols.

### Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

### Acknowledgements

Mary Ellen Kerans advised on English usage in some versions of the manuscript.

### References

- Serbinenko FA. Balloon catheterization and occlusion of major cerebral vessels. *J Neurosurg.* 1974;41:125–45.
- Lakhani S, Guha A, Nahser HC. Anaesthesia for endovascular management of cerebral aneurysms. *Eur J Anaesthesiol.* 2006;23:902–13.
- Metwally M, Barbary E, Fouad G, et al. Anesthetic considerations for Endo-Vascular Management of Intracranial Aneurysms. *Egypt J Hosp Med.* 2017;69:1864–73.
- Oczenski W, Krenn H, Dahaba AA, et al. Hemodynamic and catecholamine stress responses to insertion of the Combitube®, laryngeal mask airway or tracheal intubation. *Anesth Analg.* 1999;88:1389–94.
- Webster AC, Morley-Forster PK, Dain S, et al. Anesthesia for adenotonsillectomy - a comparison between tracheal intubation and the armored laryngeal mask airway. *Can J Anesth.* 1993;40:1171–7.
- Perelló-Cerdà L, Fàbregas N, López AM, et al. ProSeal laryngeal mask airway attenuates systemic and cerebral hemodynamic response during awakening of neurosurgical patients. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2015;27:194–202.
- Golshevsky J, Cormack J. Laryngeal mask airway device during coiling of unruptured cerebral aneurysms. *J Clin Neurosci.* 2009;16:104–5.
- Karwacki Z, Witkowska M, Niewiadomski S, et al. Anaesthetic management for endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2013;45:145–8.
- Lai Y, Manninen PH. Examiner la ligne de conduite adoptée pour l'anesthésie pendant le traitement d'anévrismes cérébraux en neuroradiologie interventionnelle (NRI) comparé au traitement en salle d'opération. *Can J Anaesth.* 2001;48:391–5.
- De Sloovere VT. Anesthesia for embolization of cerebral aneurysms. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2014;27:431–6.
- Kawabata S, Imamura H, Adachi H, et al. Risk factors for and outcomes of intraprocedural rupture during endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms. *J Neurointerv Surg.* 2018;10:362–6.
- Carron M, Veronese S, Gomiero W, et al. Hemodynamic and hormonal stress responses to endotracheal tube and ProSeal Laryngeal Mask Airway for laparoscopic gastric banding. *Anesthesiology.* 2012;117:309–20.
- Wood ML, Forrest ET. The haemodynamic response to the insertion of the laryngeal mask airway: a comparison with laryngoscopy and tracheal intubation. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1994;38:510–3.
- Niskanen M, Koivisto T, Rinne J, et al. Complications, and postoperative care in patients undergoing treatment for unruptured intracranial aneurysms. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2005;17:100–5.
- Tang C-L, Li J, Zhao B, Xia Z-Y. Bispectral index-guided fast track anesthesia by sevoflurane infusion combined with dexmedetomidine for intracranial aneurysm embolization: study protocol for a multi-center parallel randomized controlled trial. *Asia Pacific J Clin Trials Nerv Syst Dis.* 2016;1:177–85.
- Hurtado P, Fàbregas N, Forero C, et al. Laryngeal mask ventilation during lumbar spine neurosurgery in knee-chest position is feasible. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2017;29:317–21.
- Hurtado P, Valero R, Tercero J, et al. Experiencia con el uso de la mascarilla laríngea Proseal en pacientes sometidos a cirugía de derivación ventrículo peritoneal. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2011;58:362–4.

### ARTÍCULO 3.

*Haemodynamic response, coughing and incidence of cerebrospinal fluid leakage on awakening with an endotracheal tube or laryngeal mask airway in place after transsphenoidal pituitary surgery: a randomised clinical trial.*

Hurtado P, Tercero J, García-Orellana M, Enseñat J, Reyes L, Cabedo G, Ríos J, Carrero E, de Riva N, Fontanals J, Gracia I, Belda I, López A, Fábregas N, Valero R.

Publicado en: Journal of Clinical Medicine. 2021 Jun 28; 10(13):2874.

Impact Factor: 4.241

Primer Cuartil

#### RESUMEN DEL ESTUDIO

**Antecedentes:** Nuestro objetivo es comparar la hemodinámica sistémica y cerebral, así como la presencia de tos durante el despertar después de cirugía hipofisaria tras la extubación o después del recambio del TOT por la ML.

**Métodos:** Los pacientes fueron aleatorizados a ser extubados convencionalmente o a cambiar el TOT por la ML antes del despertar. Medimos presión arterial media, frecuencia cardiaca, velocidad de flujo de la arteria cerebral media, saturación cerebral regional de oxígeno, concentraciones de noradrenalina plasmática, necesidad de drogas vasoactivas, tos e incidencia de fístula de LCR en el postoperatorio. La variable principal fue la presión arterial media; las variables secundarias fueron la saturación cerebral de oxígeno y la incidencia de tos.

**Resultados:** Se incluyeron 45 pacientes. La presión arterial media fue menor durante el despertar respecto a la basal en ambos grupos. No hubo diferencias significativas entre grupos en la presión arterial, ni en el número de pacientes que requirieron fármacos antihipertensivos durante el despertar (TOT: 8 pacientes (34,8%) vs. ML: 3 pacientes (14,3%);  $p=0,116$ ). La velocidad media de flujo de la arteria cerebral media fue mayor en el grupo TOT en el minuto 15 [IC 95%], 103,2 (96,3-110,1) vs 89,6 (82,6-96,5)  $\text{cm s}^{-1}$ ;  $p=0,003$ ). La saturación cerebral de oxígeno, el índice cardiaco y los niveles plasmáticos de noradrenalina fueron similares en ambos grupos. Los episodios de tos fueron más frecuentes en el grupo TOT (81% vs 15%;  $p<0,001$ ). La fístula de LCR ocurrió en 3 pacientes (13) en el grupo TOT.

**Conclusión:** La sustitución del TOT por una ML durante la educación de la anestesia después de la cirugía hipofisaria favorece un perfil hemodinámico más seguro y reduce la incidencia de tos. Esta estrategia podría disminuir el riesgo de fístula de líquido cefalorraquídeo.



## Article

# Hemodynamic Response, Coughing and Incidence of Cerebrospinal Fluid Leakage on Awakening with an Endotracheal Tube or Laryngeal Mask Airway in Place after Transsphenoidal Pituitary Surgery: A Randomized Clinical Trial

Paola Hurtado <sup>1</sup>, Javier Tercero <sup>1</sup> , Marta Garcia-Orellana <sup>1</sup>, Joaquim Enseñat <sup>2</sup>, Luis Reyes <sup>2</sup>, Gemma Cabedo <sup>1</sup>, Jose Rios <sup>3,4</sup>, Enrique Carrero <sup>1</sup>, Nicolas de Riva <sup>1</sup>, Jaume Fontanals <sup>1</sup>, Isabel Gracia <sup>1</sup>, Isabel Belda <sup>1</sup>, Ana M. Lopez <sup>1</sup> , Neus Fabregas <sup>1</sup> and Ricard Valero <sup>1,4,5,\*</sup>



**Citation:** Hurtado, P.; Tercero, J.; Garcia-Orellana, M.; Enseñat, J.; Reyes, L.; Cabedo, G.; Rios, J.; Carrero, E.; de Riva, N.; Fontanals, J.; et al. Hemodynamic Response, Coughing and Incidence of Cerebrospinal Fluid Leakage on Awakening with an Endotracheal Tube or Laryngeal Mask Airway in Place after Transsphenoidal Pituitary Surgery: A Randomized Clinical Trial. *J. Clin. Med.* **2021**, *10*, 2874. <https://doi.org/10.3390/jcm10132874>

**Academic Editors:**  
Bernard Allaouchiche and  
Rafael Badenes

Received: 28 May 2021  
Accepted: 25 June 2021  
Published: 28 June 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

- <sup>1</sup> Department of Anesthesiology, Hospital Clínic de Barcelona, University of Barcelona, 08036 Barcelona, Spain; phurtado@clinic.cat (P.H.); jtercero@clinic.cat (J.T.); magarciao@clinic.cat (M.G.-O.); gcabedo@clinic.cat (G.C.); ecarrero@clinic.cat (E.C.); nderiva@clinic.cat (N.d.R.); jfonta@clinic.cat (J.F.); igracia@clinic.cat (I.G.); ibelda@clinic.cat (I.B.); analopez@clinic.cat (A.M.L.); fabregas@clinic.cat (N.F.)
  - <sup>2</sup> Department of Neurosurgery, Hospital Clínic de Barcelona, University of Barcelona, 08036 Barcelona, Spain; jensenat@clinic.cat (J.E.); lareyes@clinic.cat (L.R.)
  - <sup>3</sup> Biostatistics and Data Management Platform, Hospital Clínic de Barcelona, University of Barcelona, Barcelona, 08036, Spain; Jose.Rios@uab.cat
  - <sup>4</sup> Institut d'Investigacions Biomèdiques August Pi i Sunyer (IDIBAPS), 08036 Barcelona, Spain
  - <sup>5</sup> Centro de Investigación Biomédica en Red de Salud Mental (CIBERSAM), 08036 Barcelona, Spain
- \* Correspondence: rvalero@clinic.cat; Tel.: +34-93-2275-558

**Abstract:** We aimed to compare systemic and cerebral hemodynamics and coughing during emergence after pituitary surgery after endotracheal tube (ETT) extubation or after replacing ETT with a laryngeal mask airway (LMA). Patients were randomized to awaken with an ETT in place or after replacing it with an LMA. We recorded mean arterial pressure (MAP), heart rate, middle cerebral artery (MCA) flow velocity, regional cerebral oxygen saturation (SrO<sub>2</sub>), cardiac index, plasma norepinephrine, need for vasoactive drugs, coughing during emergence, and postoperative cerebrospinal fluid (CSF) leakage. The primary endpoint was postoperative MAP; secondary endpoints were SrO<sub>2</sub> and coughing incidence. Forty-five patients were included. MAP was lower during emergence than at baseline in both groups. There were no significant between-group differences in blood pressure, nor in the number of patients that required antihypertensive drugs during emergence (ETT: 8 patients (34.8%) vs. LMA: 3 patients (14.3%);  $p = 0.116$ ). MCA flow velocity was higher in the ETT group (e.g., mean (95% CI) at 15 min, 103.2 (96.3–110.1) vs. 89.6 (82.6–96.5)  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $p = 0.003$ ). SrO<sub>2</sub>, cardiac index, and norepinephrine levels were similar. Coughing was more frequent in the ETT group (81% vs. 15%;  $p < 0.001$ ). CSF leakage occurred in three patients (13%) in the ETT group. Placing an LMA before removing an ETT during emergence after pituitary surgery favors a safer cerebral hemodynamic profile and reduces coughing. This strategy may lower the risk for CSF leakage.

**Keywords:** laryngeal mask airway; neuroanesthesia; awakening; cerebral hemodynamic response; systemic hemodynamic response; cerebrospinal fluid leakage

## 1. Introduction

The transnasal transsphenoidal endoscopic approach to the sella turca for pituitary surgery and the expanded endonasal approach to the skull base have both improved over the last decade [1,2]. The goal of anesthetic management in pituitary surgery is to guarantee the adequate depth of anesthesia, control arterial blood pressure to enhance endoscopic visibility in the surgical field, and ensure a smooth awakening to prevent

bleeding associated with Valsalva maneuvers or hypertension. Recovery from general anesthesia usually involves sympathetic activation and catecholamine release, which increase blood pressure and heart rate and, thus, elevate cerebral blood flow and oxygen consumption. There is some evidence that coughing and agitation during emergence and poor hemodynamic control during endotracheal extubation in neurosurgical patients undergoing brain surgery may lead to the development of brain complications as edema or hemorrhage [3]. Measures to prevent agitation, hypertension, shivering, and coughing are therefore well justified in neurosurgical patients [4,5].

Laryngeal mask airway (LMA) removal has been reported to have a better safety profile than tracheal extubation, with lower incidence of coughing, retching, and laryngospasm [6]. In this context, replacing an endotracheal tube (ETT) with an LMA at the end of a procedure has been recommended to allow for smooth emergence in at-risk extubations [7], in patients with highly irritable airway or in surgical procedures, such as after neurosurgery, where cardiovascular stimuli during extubation are to be avoided. However, few studies have been conducted to test the effect of this recommendation. Our previous results showed that neurosurgical patients undergoing brain surgery emerged from anesthesia with a more favorable hemodynamic profile, a lower incidence of coughing, and less cerebral hyperemia when an LMA replaced the ETT at the end of surgery but before emergence after undergoing a supratentorial craniotomy [8].

The transnasal transsphenoidal endoscopic approach has been reported to have less associated morbidity than open surgery [9,10], but postoperative cerebrospinal fluid (CSF) leakage remains a major limitation of this technique [11]. The incidence of CSF leakage was 8% in a patient series in our hospital [2]. Studies have linked this complication to postoperative coughing and lower airway disease [12].

The aim of this randomized controlled trial was to study the effect on the emergence of placing an LMA before removal of the ETT in the minimally invasive endoscopic endonasal transsphenoidal pituitary surgery. To this end, we compared systemic and cerebral hemodynamic variables and cough incidence during emergence from general anesthesia under two conditions: after ETT extubation, according to standard procedure, or after replacement of the ETT with an LMA just before extubation. A secondary objective was to assess the effect of this approach on the incidence of CSF leakage in these patients.

## 2. Materials and Methods

This prospective single-site randomized, open-label parallel trial was approved by the research ethics committee of Hospital Clínic de Barcelona (file number HCB/2016/0781) and registered at [clinicaltrials.org](https://clinicaltrials.org) (NCT02988804) on 9 December 2016. A data analysis and statistic plans were written and posted on [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov) and in the institutional review board (research ethics committee of Hospital Clínic de Barcelona) files before data were accessed. The study was performed according to the Declaration of Helsinki Criteria, and this manuscript adheres to the CONSORT guidelines. Patients provided written informed consent.

Adult patients undergoing elective endoscopic endonasal transsphenoidal pituitary surgery were recruited from February 2017 until September 2019. We applied the following exclusion criteria before randomization: anticipated difficult airway (severe acromegaly, limited mouth opening) or unexpected Cormack–Lehane grade IV detected during laryngoscopy, risk of bronchial aspiration (e.g., gastroesophageal reflux disease or lower cranial nerve palsy), uncontrolled arterial hypertension during preoperative assessment. Surgical complications (e.g., severe bleeding, surgical approach modification) after randomization but before extubation were also exclusion criteria.

Patient characteristics (age, body mass index, sex) and relevant aspects of medical history were recorded. We also conducted a cough test during the pre-anesthetic evaluation [13]. It consisted of inviting the patient to take a deep breath and a unique coughing effort. Coughing more than once may reflect the onset of chronic pulmonary obstructive disease (COPD) exacerbation or upper-airway infection.

### 2.1. Anesthetic Procedure

In the operating room, patients were premedicated with intravenous midazolam (1–2 mg). Standard monitoring consisted of electrocardiography, pulse oximetry, continuous arterial pressures (S/5; Datex Ohmeda, Helsinki, Finland), depth of anesthesia (bispectral index) (BIS Brain Monitoring System; Covidien, Mansfield, MA, USA), neuromuscular blockade (response to train-of-four stimulation), temperature and urine output, cerebral regional oxygen saturation (SrO<sub>2</sub>) (INVOS 5100C Cerebral/Somatic Oximeter; Minneapolis, MN, USA), and cardiac index (LiDCOplus™; LiDCO, London, UK). A transcranial Doppler ultrasound monitor (Intraview; Rimed, Singen, Germany) was fixed at the temporal window to monitor middle cerebral artery (MCA) flow velocity during induction and emergence.

General anesthesia was provided with an intravenous site-effect, target-controlled perfusion of 4 µg mL<sup>-1</sup> propofol, 2 ng mL<sup>-1</sup> remifentanyl (Orchestra Infusion Workstation, Primea Base; Fresenius Vial, Bad Homburg v.d.H., Germany), and an intravenous perfusion of rocuronium. Propofol and remifentanyl infusions were set to maintain the BIS index between 40 and 60. Rocuronium doses were given to maintain a response between T0 and T1 in train-of-four stimulation. After intravenous injection of 1.5 mg kg<sup>-1</sup> of lidocaine, we performed direct laryngoscopy and orotracheal intubation with a reinforced ETT (Lo-Contour Oral/Nasal cuffed tracheal tube; Mallinckrodt, Covidien, Tullamore, Ireland) in all patients. Tube sizes were assessed by the anesthetist according to a patient's sex and weight. We recorded the Cormack–Lehane grade, the number of intubation attempts, and the need for additional equipment (tube introducer, videolaryngoscope). The ventilator (Primus; Dräger Medical Hispania, Madrid, Spain) parameters were set to maintain normocapnia and partial pressure of oxygen in arterial blood of 150–200 mm Hg. A pharyngeal tamponade was inserted to prevent the passage of blood to the stomach during surgery. One puff of xylometazoline 0.05% nasal spray was applied every 5 min for 1 h before surgery in the ward. All surgical procedures were performed by the same neurosurgeon (J.E.).

During the surgical procedure, arterial blood pressure was kept low, at about 20% below a patient's baseline but always with a mean arterial pressure (MAP) above 50 mm Hg; the SrO<sub>2</sub> was kept above 50 and no lower than 20% below baseline. Antihypertensive agent (urapidil) was administered when needed, and the doses were recorded. During postoperative period, we treated any hypertensive episode with urapidil.

At the end of surgery, with general anesthesia and muscle relaxation still in effect, we administered paracetamol (1 g) and ondansetron (4 mg) through the intravenous line and removed the pharyngeal tamponade.

### 2.2. Randomization

The first author (P.H.) opened a sequentially numbered, sealed envelope with patient allocation to either the standard procedure (tracheal extubation, ETT group) or replacement of the tracheal tube with a Proseal LMA mask (Laryngeal Mask Co. Ltd., Le Rocher, Victoria, Mahe, Seychelles) (LMA group) before emergence from anesthesia. We used a software-generated randomization list in a 1:1 ratio and unstratified blocks of four patients. The anesthetist was not blind to group assignment.

### 2.3. Study Procedures

In both groups, just after surgery ended, the pharyngeal tamponade was withdrawn, and careful aspiration of pharyngeal secretions was performed.

In the ETT group, just after surgery ended, intravenous infusions of propofol, remifentanyl and rocuronium were stopped, and sugammadex (200 mg) was given to reverse the neuromuscular blockade (train-of-four responses were 1–2/4 at this time). Full recovery of train-of-four responses was documented. When the patient was breathing spontaneously and could follow simple commands, the tube was removed.

In the LMA group, after withdrawing the pharyngeal tamponade and aspirating pharyngeal secretions, with the patient still under general anesthesia, a LMA was inserted



(size 4 or 5, according to the manufacturer's recommendations), using a guided Bailey technique [14,15]. Specifically, the anesthetist first inserted a suction catheter 8–10 cm beyond the distal end of the drainage tube of the LMA to be used, and then inserted the mask behind the ETT, allowing the suction catheter to enter the esophagus and guiding the tip of the LMA into the correct position. After the cuff of the LMA was inflated to a pressure of 60 cm H<sub>2</sub>O with a cuff manometer (VBM Medizintechnik GmbH, Sulz, Germany), the ETT cuff was deflated and the tube was removed. Ventilation continued with the same parameters through the LMA. Intravenous infusions of propofol, remifentanyl, and rocuronium were then stopped, and sugammadex (200 mg) was given, and full recovery of train-of-four responses was documented. Gentle manual ventilator assistance was provided until the patient resumed spontaneous breathing and responded to simple commands. The LMA was then removed. Ondansetron to prevent nausea was prescribed in the postoperative period.

Hemodynamic variables (blood pressure, cardiac index, heart rate, SrO<sub>2</sub>, MCA flow velocity) were recorded at 8 moments: baseline: before anesthetic induction; end of surgery: before extubation (ETT group) or before ETT replacement (LMA group); and throughout emergence at 1, 5, 10, 15, 30, and 60 min after extubation or LMA removal. The last blood pressure and heart rate measurements were taken in the postoperative recovery room. Respiratory variables (including end-tidal carbon dioxide concentration) and arterial blood gases were recorded during mechanical ventilation.

We measured norepinephrine plasma concentrations with a radioimmunoassay kit (Noradrenalin RIA, IBL, Hamburg, Germany) before induction and 30 min after extubation. The normal norepinephrine concentration range in our laboratory is 136–364 pg mL<sup>-1</sup>.

Any coughing episode during emergence was recorded. Postoperative epistaxis and CSF leakage, defined as clinically relevant rhinorrhea diagnosed by the neurosurgeon and requiring repair of the fissure in the nasal cavity, were recorded. The patients were expected to be discharged on the fourth postoperative day, and all were followed for 1 month after surgery.

#### 2.4. Statistical Analysis

The primary endpoint was postoperative MAP. We calculated that we would need 21 patients in each group to detect between-group differences of 10 mm Hg in MAP, assuming a standard deviation (SD) of 11 mm Hg, with a type-1 error of 5% and power of 80%.

Mean (SD) results and 95% confidence intervals (CI) were calculated for each group. The global estimated group effects and 95% CI adjusted to baseline were calculated for each variable. Longitudinal models were constructed using the generalized estimating equation method to account for within-subject correlations over time by means of an unstructured correlation matrix. These models were used to analyze the effect of the intervention on MAP and the secondary endpoints (SrO<sub>2</sub> and cough incidence) during emergence. The main independent factors were time from baseline (end of surgery) and study group (standard extubation vs. extubation after prior placement of an LMA). To evaluate the statistical significance of differences at each data recording time, the model, including the time interaction by group, was run again for each dependent variable. Bonferroni correction of *p* values was used to adjust for multiplicity in time-by-time analyses.

Homogeneity of groups at baseline was tested. A post hoc analysis was performed to compare the hypertensive patients to all the patients enrolled. All analyses were conducted with SPSS version 25 (IBM, Armonk, NY, USA), assuming the superiority of the intervention and a 2-tailed type I error of 5%.

### 3. Results

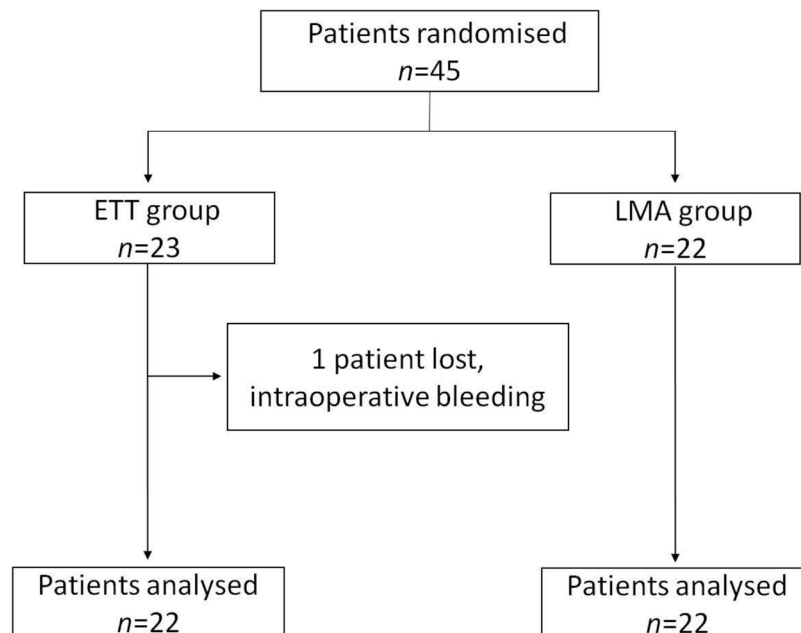
Forty-five patients were randomized and included in the study. No differences in patient characteristics were found between groups at baseline (Table 1). The duration of surgery was 108 ± 35 min. The complexity of surgery was similar in both groups. One

patient from the ETT group was lost to follow-up because extubation was delayed due to life-threatening intraoperative bleeding (carotid artery puncture) (Figure 1).

**Table 1.** Patient characteristics.

	ETT Group	LMA Group
Age (year)	51.7 (14.9)	52.3 (11.4)
Sex (female/male)	12/11	13/9
BMI (kg m <sup>-2</sup> )	27.8 (3.6)	29.3 (5.5)
Cough test (positive)	None	None
Sleep apnea	2 (9%)	2 (9%)
Smokers	5 (21.7%)	2 (9.1%)
Acromegaly	3 (13.6%)	3 (13.6%)
Well-controlled hypertension	11 (50%)	11 (50%) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Values are expressed as mean (SD) or number of patients (percentage). ETT indicates endotracheal tube; LMA, laryngeal mask airway; BMI, body mass index.



**Figure 1.** Flow diagram of patient enrolment, one loss, and data analysis.

The Cormack–Lehane grade was II or lower in all cases, and all the ETTs were easily inserted. The LMA was successfully inserted on the first attempt in all LMA-group patients. No respiratory complications were observed during device replacement and emergence from anesthesia in the LMA group. Nor did partial pressure of oxygen in arterial blood or increases in end-tidal carbon dioxide concentration in expired air decrease during device replacement in the LMA group. No complications related to ETT replacement with an LMA were detected.

Hemodynamic variable changes are listed in Table 2 and plotted in Figures 2 and 3. Thirteen patients (29.5%) required intraoperative antihypertensive drugs (urapidil dose ranging from 5 to 15 mg) to keep blood pressure low and within the range established for each patient. One patient needed ephedrine for an intraoperative hypotensive episode. Compared to baseline, blood pressure was significantly lower at all measured times during emergence from anesthesia in both groups. The greatest difference occurred at the end of surgery ( $p < 0.001$ ) (Figure 2).



Table 2. Hemodynamic data of patients in both groups.

	Emergence from Anesthesia							
	Baseline	Before Extubation	1 min	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min
Systolic blood pressure (mm Hg)								
ETT	135.8 (28)	100.8 (24) *	123 (21) #	123.9 (20)	127.4 (20)	126.4 (16)	124.7 (21) #	126.3 (19)
LMA	138.6 (25)	91.9 (11) *	112.8 (23) *	120.1 (22) *	122.1 (23) *	120.4 (20) *	118.1 (18) *	118.7 (16) *
<i>p</i> value	0.719	0.101	0.120	0.550	0.413	0.273	0.255	0.146
Diastolic blood pressure (mm Hg)								
ETT	81.1 (16)	62.7 (17) *	72.3 (12) #	71.4 (14) #	70.3 (13) *	72.1 (13) *	73.6 (11) *	72.0 (11) *
LMA	81.6 (14)	57.1 (9) *	67.1 (12) *	72.1 (11) #	72 (12) *	71.1 (14) #	69.4 (11) *	69.9 (8) *
<i>p</i> value	0.924	0.165	0.146	0.854	0.667	0.784	0.182	0.423
Heart rate (beats per min)								
ETT	63.6 (11)	62.3 (15)	63.3 (17)	64 (16)	64 (14)	65.1 (13)	64 (11)	60.8 (11)
LMA	69.8 (12)	69.5 (12)	74.3 (13)	75.9 (12) #	76.4 (11) #	73.4 (11)	72.7 (11)	73 (11)
<i>p</i> value	0.065	0.067	0.011	0.004	0.001	0.023	0.008	0.000
Cardiac index (L min <sup>-1</sup> )								
ETT	2.9 (1)	2.1 (1) *	2.4 (1) #	2.4 (1) #	2.5 (1)	2.6 (1)	2.7 (1)	—
LMA	3.1 (1)	2.48 (1) #	2.58 (1) #	2.7 (1)	2.97 (1)	2.8 (1)	2.7 (1)	—
<i>p</i> value	0.543	0.184	0.723	0.477	0.240	0.580	0.990	—
SrO <sub>2</sub> (%)								
ETT	67.7 (8)	66.8 (7)	69.1 (8)	69.3 (8)	70.0 (7)	70.9 (7)	70.5 (7)	—
LMA	65.5 (8)	65.8 (10)	68.9 (10)	70.9 (9) #	70.1 (8)	70.4 (8)	70.4 (9)	—
<i>p</i> value	0.366	0.687	0.946	0.541	0.982	0.845	0.953	—
Mean MCA flow velocity (cm s <sup>-1</sup> )								
ETT	57.0 (15)	50.2 (17)	59.4 (17)	63.3 (20)	65.8 (24)	66.5 (18)	62.0 (18)	—
LMA	55.8 (13)	42.2 (12) *	57.7 (19)	56.6 (17)	58 (18)	55.7 (13)	55.2 (13)	—
<i>p</i> value	0.783	0.063	0.759	0.216	0.204	0.020	0.146	—

Values are expressed as mean (SD). ETT indicates endotracheal tube; LMA, laryngeal mask airway; MCA, middle cerebral artery; SrO<sub>2</sub>, regional cerebral oxygen saturation. *p* value: comparisons between groups; comparisons of group means for intraindividual differences with respect to baseline: \* *p* < 0.001; # *p* < 0.05.

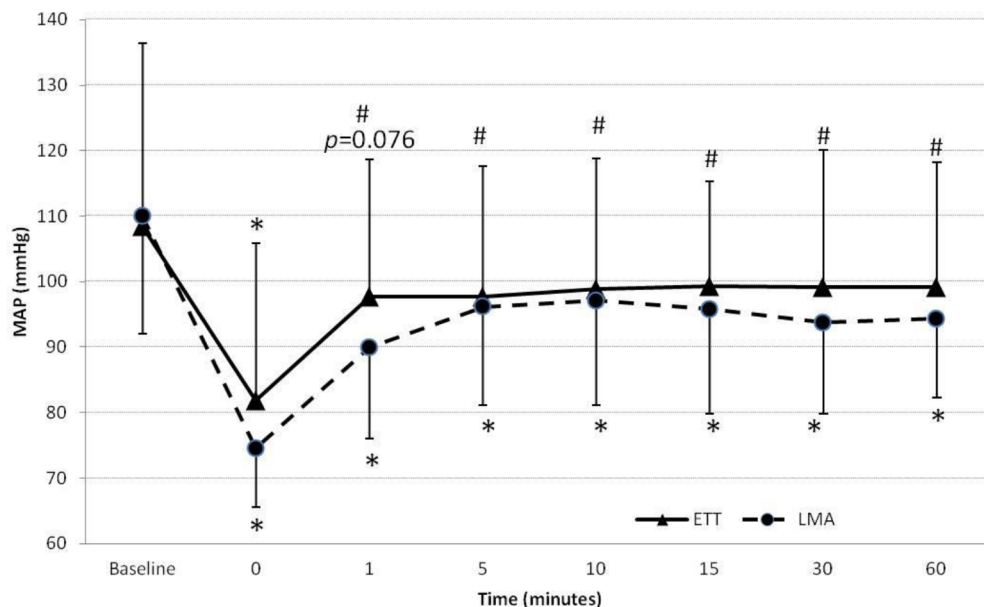
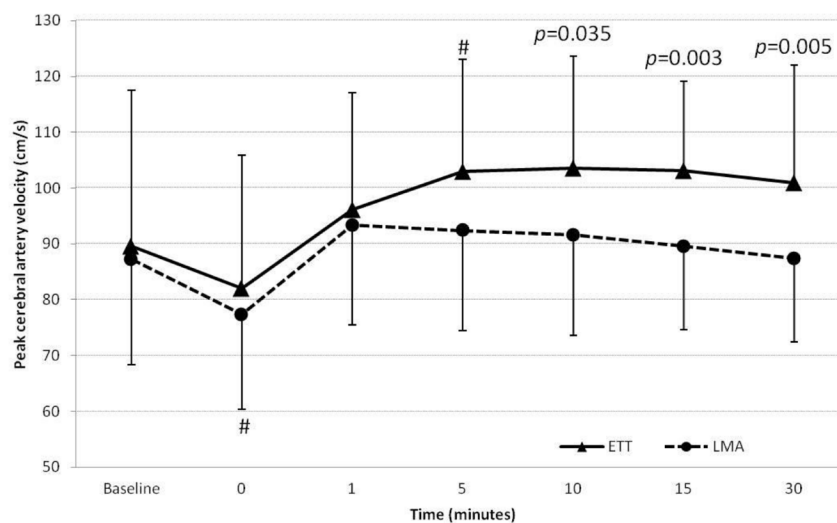


Figure 2. Changes in mean arterial blood pressure (MAP) in patients in the endotracheal tube (ETT) and laryngeal mask airway (LMA) groups. (\* *p* < 0.001 with respect to baseline; # *p* < 0.05 with respect to baseline). Time 0 was the end of surgery, before extubation.



**Figure 3.** Changes in peak median cerebral artery (MCA) flow velocity ( $\text{cm s}^{-1}$ ) in patients in the endotracheal tube (ETT) and laryngeal mask airway (LMA) groups. (#  $p < 0.05$  with respect to baseline). Time 0 was the end of surgery, before extubation.

There were no significant between-group differences in blood pressure, nor in the number of patients that required antihypertensive drugs (urapidil dose ranging 10–20 mg) during emergence (ETT: eight patients (34.8%) vs. LMA: three patients (14.3%);  $p = 0.116$ ) (Figure 2). Heart rate and the cardiac index did not significantly change from baseline and were similar in the two groups.

The peak MCA flow velocity measurements were significantly higher during ETT extubation compared to LMA removal at 5, 10, 15, and 30 min (Figure 3) ( $p = 0.003$ ). Mean MCA flow velocity was also significantly higher at 15 min ( $p = 0.020$ ), but  $\text{SrO}_2$  was similar in the two groups (Table 2).

Mean (SD) norepinephrine plasma levels were higher than at baseline at the end of emergence within each group, rising from 86.1 (65.9) to 103.7 (103.7)  $\text{pg mL}^{-1}$  in the ETT group and from 95.1 (59.2) to 175.5 (331.7)  $\text{pg mL}^{-1}$  in the LMA group. The difference between the groups was not significant ( $p = 0.329$ ).

The analysis of hemodynamic variables in the subgroup of patients with a history of hypertension in each group showed that these patients did not differ from the full cohort of patients enrolled.

Significantly, more patients had coughing episodes in the ETT group than in the LMA group: 18 (81%) vs. 5 (15%) patients, respectively ( $p < 0.001$ ). Postoperative epistaxis was recorded in four patients (18.2%) in the ETT group and three (15%) in the LMA group. Postoperative CSF leakage occurred in three patients (13%) in the ETT group; all of them underwent surgical repair and required an extended hospital stay of at least 1 week (range, 8–16 days). Despite no patients in the LMA group had this complication, the difference was not significant.

#### 4. Discussion

Arterial blood pressure during emergence from anesthesia was stable in both groups but lower than baseline values, regardless of whether the ETT was replaced with an LMA or not before discontinuation of general anesthesia. Blood pressure tended to be nonsignificantly higher in the ETT group patients, even though they received some more antihypertensive treatment during emergence. However, the rise was not clinically relevant.

These findings contrast with the different hemodynamic profile of our previous study performed in patients after supratentorial craniotomy with a similar protocol [8]. In our former clinical trial on supratentorial craniotomy patients, baseline mean arterial pressure was lower than in the present study (about 20 mm Hg lower). We speculate that the preoperative administration of a quite high dose of xylometazoline could provoke a similar mild hypertensive effect in all included patients. Moreover, the present study population included 50% of patients with well-controlled chronic hypertension in both groups, compared with 18% in our previous study. On the other side, strict intraoperative control of arterial blood pressure, maintaining values within the lowest safe threshold to optimize the surgical field through the endoscopic procedure, is a fundamental clinical objective in this type of surgery. For all these reasons, the intraoperative tight control of blood pressure in this study could minimize the differences observed during emergence. Finally, our treatment of any hypertensive peak during emergence and prompt extubation after the resumption of spontaneous breathing may explain the absence of a difference in MAP between the two groups. Another possible explanation for the relatively similar low emergence of MAP values in both groups in the present study compared to our previous one is that pain immediately after transsphenoidal pituitary surgery may be less than after craniotomy, making blood pressure easier to control [16].

Although we did not find between-group differences in MAP during emergence, we found a higher mean MCA flow velocity in the ETT group. Since the anesthetic management and ventilation parameters were identical in both groups and no patient was hypercapnic at any moment during the study, the difference in MCA flow velocity was probably caused by slight differences in MAP, even though the group means did not differ significantly.

Measured norepinephrine levels were low and similar in both groups. Our patients were anesthetized with target-controlled intravenous propofol-remifentanyl, so our observation of this stress hormone is consistent with a recent study that found that adrenocorticotrophic hormone levels were significantly lower immediately after this type of anesthesia than after balanced anesthesia [17]. However, since a better stress hormone response has been reported with LMA use in laparoscopic gastric banding [18] and elective orthopedic surgery or general surgical procedures [19], we expected to see even lower values in the LMA group. We attribute the lack of difference in our study to the strict control of blood pressure and gentle extubation that is so necessary for neurosurgery.

Another main finding of our study was that patients in the LMA group had significantly fewer coughing episodes during emergence compared to the ETT group. This finding is in line with our previous study [8] and other studies that showed fewer episodes of postoperative cough, hypoxemia, and nausea or vomiting associated with LMA removal than with extubation [18,19]. Smooth emergence without coughing is particularly important in skull base surgery, justifying LMA placement before removing the ETT.

Reducing the risk of coughing must be balanced with the risk of aspiration and laryngospasm if some pharyngeal blood remnants from the surgical field reached the larynx. Cough can be reduced if patients have early extubation, with a deeper level of anesthesia, but in our case, this could have increased the risk of aspiration. In our study, patients were extubated, or the laryngeal mask was removed, when they had recovered a higher level of consciousness to minimize aspiration risk. In this way, laryngeal reflexes would have prevented patients from aspiration. Moreover, we removed the pharyngeal tamponade and performed a careful pharyngeal aspiration to remove any remaining blood and secretions. Finally, the insertion of the LMA in the right position before removing the orotracheal tube (Bailey maneuver), also helped minimize this potential complication.

Early extubation and LMA placement is not the only way to accomplish this goal. There are a number of other means to minimize the likelihood of coughing after any surgery, such as intravenous lidocaine, dexmedetomidine, that may also be considered [20].

The higher rate of coughing in the ETT group could be related to the three episodes of CSF leakage in this group. Hanba and colleagues [12] suggested that lower airway disease,

commonly associated with frequent coughing, might be a risk factor for postoperative CSF rhinorrhea. The patients undergoing pituitary surgery who had this condition had almost a two-fold higher incidence of rhinorrhea compared to a cohort of disease-free patients. Their findings are consistent with those of a retrospective analysis of 2918 patients, 84 (2.9%) of whom were readmitted or reoperated for CSF leakage within 30 days of skull base surgery [21]. COPD was significantly associated with CSF leakage in those patients. In our study, the three patients with rhinorrhea required reintervention (flap closure of the fistula), prolonging the hospital stay. None of the three patients had COPD, but two of them were active smokers. Our study was not designed to find differences in CSF leakage. The small sample size to demonstrate an association between coughing and this complication is a limitation of the study. Nevertheless, all our patients were operated on by the same team of surgeons, and the procedures were similar in both groups. Similar concerns may be considered for other types of surgeries where postoperative coughing may affect the outcome of the procedure, such as in facial plastic or aesthetic surgery, delicate sutures after visceral surgery, etc.

Replacing an ETT with an LMA at the end of the procedure has been recommended to allow smooth extubation in “at-risk” patients, such as smokers, asthmatics, and other patients with irritable airways or those in whom the surgical repair may be compromised by cardiovascular stimulation [7]. Emergence is the most intense moment for systemic and cerebral hemodynamic changes, even when extubation is performed meticulously [4]. Using the Bailey maneuver [14] in selected patients still under an adequate depth of anesthesia is a fast, effective and safe way to avoid apnea and a possible increase in PaCO<sub>2</sub>, which could disturb systemic and cerebral hemodynamics. However, it is not recommended in patients with anticipated or known difficult airway or at high risk of bronchial aspiration [7]. We used the Proseal LMA, a second generation supraglottic device, because it seals the airway better than first-generation devices, allows evacuation of gastroesophageal contents, and facilitates guided insertion. This LMA has been successfully used in other neurosurgical settings as lumbar spine microsurgery [22], ventriculoperitoneal shunt [23], and awake craniotomy [24].

Although the interest in reducing postoperative cough may also be important for other surgical procedures, our results in this very specific field may not be extrapolated.

## 5. Conclusions

In conclusion, placing an LMA before removing an ETT and ventilating through the mask during emergence from anesthesia after pituitary surgery favors a safer cerebral hemodynamic profile, although there was no difference in MAP nor in the need of antihypertensive drugs to keep MAP in the desired range. LMA also reduced coughing during an emergency. The possibility that this strategy may also lower the risk for CSF leakage warrants further investigation.

**Author Contributions:** Conceptualization, P.H., J.R., and R.V.; Data curation, P.H. and R.V.; Formal analysis, J.R. and R.V.; Investigation, P.H., J.T., M.G.-O., J.E., L.R., G.C., E.C., N.d.R., J.F., I.G., I.B., and N.F.; Methodology, P.H., J.R., A.M.L., and R.V.; Software, J.R.; Writing—original draft, P.H. and R.V.; Writing—review and editing, P.H., J.T., M.G.-O., J.E., L.R., G.C., E.C., N.d.R., J.F., I.G., I.B., A.M.L., N.F., and R.V. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors. Support was provided solely from departmental sources. This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki and approved by the Institutional Review Board (or Ethics Committee) of the research ethics committee of Hospital Clínic de Barcelona (file number HCB/2016/0781 approved on 2016).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** The datasets used and analyzed during this study are available from the corresponding author on reasonable request.

**Acknowledgments:** The authors thank neurosurgery nurses Ana Quintana and Gloria Pastor for their assistance with the biochemistry analyses; and Manuel Morales and his laboratory support staff for their measurements of norepinephrine plasma concentrations (Biochemistry and Molecular Genetics Laboratory, Hospital Clínic de Barcelona, Spain). Mary Ellen Kerans advised on English usage in some versions of the manuscript.

**Conflicts of Interest:** López has received material and funding for academic or scientific purposes from Teleflex, Ambu A/S, and Bioser, and as a consultant for Ambu A/S. Valero has received consulting fees from Medtronic. The other authors declare that they have no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

## References

- Lund, V.J.; Stammberger, H.; Nicolai, P.; Castelnovo, P.; Beal, T.; Beham, A.; Carrau, R. European position paper on endoscopic management of tumours of the nose, paranasal sinuses and skull base. *Rhinol. Suppl.* **2010**, *22*, 1–143. [[PubMed](#)]
- Ensenat, J.; de Notaris, M.; Sanchez, M.; Fernandez, C.; Ferrer, E.; Bernal-Sprekelsen, M.; Alobid, I. Endoscopic endonasal surgery for skull base tumours: Technique and preliminary results in a consecutive case series report. *Rhinol. J.* **2013**, *51*, 37–46. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Schubert, A. Cerebral Hyperemia, Systemic Hypertension, and Perioperative Intracranial Morbidity: Is There a Smoking Gun? *Anesth. Analg.* **2002**, *94*, 485–487. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Bruder, N.J. Awakening management after neurosurgery for intracranial tumours. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* **2002**, *15*, 477–482. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Fàbregas, N.; Bruder, N. Recovery and neurological evaluation. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* **2007**, *21*, 431–447. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Amoroch, M.C.; Fat, I. Anesthetic Techniques in Endoscopic Sinus and Skull Base Surgery. *Otolaryngol. Clin. N. Am.* **2016**, *49*, 531–547. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Difficult Airway Society Extubation Guidelines Group; Popat, M.; Mitchell, V.; Dravid, R.M.; Patel, A.; Swampillai, C.; Higgs, A. Difficult Airway Society Guidelines for the management of tracheal extubation. *Anaesthesia* **2012**, *67*, 318–340. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Perelló-Cerdà, L.; Fàbregas, N.; Lopez, A.M.; Rios, J.; Tercero, J.; Carrero, E.; Hervías, A.; Gracia, I.; Caral, L.; et al. ProSeal Laryngeal Mask Airway Attenuates Systemic and Cerebral Hemodynamic Response During Awakening of Neurosurgical Patients: A Randomized Clinical Trial. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* **2015**, *27*, 194–202. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Komotar, R.J.; Starke, R.M.; Raper, D.M.S.; Anand, V.K.; Schwartz, T.H. Endoscopic skull base surgery: A comprehensive comparison with open transcranial approaches. *Br. J. Neurosurg.* **2012**, *26*, 637–648. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Rioja, E.; Bernal-Sprekelsen, M.; Enriquez, K.; Enseñat, J.; Valero, R.; De Notaris, M.; Mullol, J.; Alobid, I. Long-term outcomes of endoscopic endonasal approach for skull base surgery: A prospective study. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* **2015**, *273*, 1809–1817. [[CrossRef](#)]
- Ruggeri, A.G.; Cappelletti, M.; Giovannetti, F.; Priore, P.; Pichierri, A.; Delfini, R. Proposal of Standardization of Closure Techniques After Endoscopic Pituitary and Skull Base Surgery Based on Postoperative Cerebrospinal Fluid Leak Risk Classification. *J. Craniofac. Surg.* **2019**, *30*, 1027–1032. [[CrossRef](#)]
- Hanba, C.; Cox, S.; Bobian, M.; Svider, P.F.; Gonik, N.J.; Shkoukani, M.A.; Sheyn, A. Lower airway disease and pituitary surgery: Is there an association with postoperative cerebrospinal fluid leak? *Laryngoscope* **2016**, *127*, 1202–1207. [[CrossRef](#)]
- Morice, A.H.; Fontana, G.A.; Belvisi, M.G.; Birring, S.S.; Chung, K.F.; Dicipinigitis, P.V.; Kastelik, J.A.; McGarvey, L.P.; Smith, J.A.; Tatar, M.; et al. ERS guidelines on the assessment of cough. *Eur. Respir. J.* **2007**, *29*, 1256–1276. [[CrossRef](#)]
- Nair, I.; Bailey, P.M. Review of uses of the laryngeal mask in ENT anaesthesia. *Anaesthesia* **1995**, *50*, 898–900. [[CrossRef](#)]
- García-Aguado, R.; Viñoles, J.; Brimacombe, J.; Vivó, M.; López-Estudillo, R.; Ayala, G. Suction catheter guided insertion of the ProSeal laryngeal mask airway is superior to the digital technique. *Can. J. Anesth.* **2006**, *53*, 398–403. [[CrossRef](#)]
- Chowdhury, T.; Garg, R.; Sheshadri, V.; Venkatraghavan, L.; Bergese, S.D.; Cappellani, R.B.; Schaller, B. Perioperative Factors Contributing the Post-Craniotomy Pain: A Synthesis of Concepts. *Front. Med.* **2017**, *4*, 23. [[CrossRef](#)]
- Yhim, H.-B.; Oh, H.-M.; Yoon, H.-K.; Kim, Y.H.; Park, H.-P. A Retrospective Observational Study of the Neuroendocrine Stress Response in Patients Undergoing Endoscopic Transsphenoidal Surgery for Removal of Pituitary Adenomas: Total Intravenous Versus Balanced Anesthesia. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* **2019**. Epub ahead of print. [[CrossRef](#)]
- Carron, M.; Veronese, S.; Gomiero, W.; Foletto, M.; Nitti, D.; Ori, C.; Freo, U. Hemodynamic and hormonal stress responses to endotracheal tube and ProSeal Laryngeal Mask Airway™ for laparoscopic gastric banding. *Anesthesiology* **2012**, *117*, 309–320. [[CrossRef](#)]
- Dahaba, A.A.; Prax, N.; Gaube, W.; Gries, M.; Rehak, P.H.; Metzler, H. Haemodynamic and catecholamine stress responses to the Laryngeal Tube-Suction Airway and the Proseal Laryngeal Mask Airway. *Anaesthesia* **2006**, *61*, 330–334. [[CrossRef](#)]

20. Tung, A.; Fergusson, N.A.; Ng, N.; Hu, V.; Dormuth, C.; Griesdale, D.E. Medications to reduce emergence coughing after general anaesthesia with tracheal intubation: A systematic review and network meta-analysis. *Br. J. Anaesth.* **2020**, *124*, 480–495. [[CrossRef](#)]
21. Perry, A.; Kerezoudis, P.; Graffeo, C.S.; Carlstrom, L.P.; Peris-Celda, M.; Meyer, F.B.; Bydon, M.; Link, M.J. Little Insights from Big Data: Cerebrospinal Fluid Leak After Skull Base Surgery and the Limitations of Database Research. *World Neurosurg.* **2019**, *127*, e561–e569. [[CrossRef](#)]
22. Hurtado, P.; Fàbregas, N.; Forero, C.; Tercero, J.; Carrero, E.; De Riva, N.; Gracia, I.; Lopez, A.M.; Valero, R. Laryngeal Mask Ventilation During Lumbar Spine Neurosurgery in Knee-Chest Position is Feasible. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* **2017**, *29*, 317–321. [[CrossRef](#)]
23. Hurtado, P.; Valero, R.; Tercero, J.; Carrero, E.; de Riva, N.; Lopez, A.M.; Enseñat, J.; Ubré, M.; Lushchenkov, D.; Fàbregas, N. Experience with the proseal laryngeal mask in ventriculoperitoneal shunting. *Rev Esp Anesthesiol Reanim. Rev. Esp. Anesthesiol. Reanim.* **2011**, *58*, 362–364. [[CrossRef](#)]
24. Tongier, W.; Joshi, G.P.; Landers, D.F.; Mickey, B. Use of the laryngeal mask airway during awake craniotomy for tumor resection. *J. Clin. Anesth.* **2000**, *12*, 592–594. [[CrossRef](#)]



## DISCUSIÓN

---



El uso de la ML ha ido en aumento en los últimos años debido a la facilidad en la colocación de estos dispositivos comparado con la IOT, así como en la mínima variabilidad hemodinámica relacionada con su inserción y retirada. Estas características la hacen muy interesante para su incorporación al manejo de pacientes neuroquirúrgicos.

En nuestros trabajos hemos visto la aplicabilidad del uso de la ML en diferentes escenarios de la NRC: cirugía lumbar, derivación ventriculoperitoneal, cirugía de base de cráneo y neuroradiología intervencionista, compartiendo beneficios a nivel cardiovascular y respiratorio, sin eventos adversos destacables que comprometiera la seguridad de los pacientes.

En nuestro primer estudio, los datos apoyan la efectividad clínica y la viabilidad de realizar la inducción anestésica e insertar la ML después de que los pacientes se han colocado ellos mismos en posición mahometana para cirugía lumbar. En nuestra serie, este enfoque fue efectivo en un 97,2% de todos los pacientes incluidos. La incidencia de complicaciones fue un 2,8% y todas ellas ocurrieron en los dos primeros años desde el inicio del estudio, resolviéndose sin comprometer la seguridad del paciente. Estos hallazgos son consistentes con los de otros estudios que han demostrado que la ML puede ser usada en procedimientos en posición prono con seguridad.<sup>48,49,52</sup> Una revisión de 16 ensayos clínicos, que juntos incluyeron más de 1600 cirugías realizadas en posición prono y ventilados a través de DSG, encontró que todos los pacientes fueron ventilados con éxito excepto 2 pacientes que tuvieron que ser girados a posición supino. Se podría argumentar que la literatura está sesgada contra estudios negativos. Una serie clínica mostrando una alta incidencia de complicaciones con esta técnica es improbable que sea enviada y menos publicada. En nuestro estudio nosotros reportamos los resultados de nuestra experiencia clínica con este abordaje de manejo de la vía aérea incluyendo todos los pacientes desde el principio.

Diversos estudios han investigado esta aproximación al manejo de la vía aérea en cirugía espinal. Brimacombe y colaboradores<sup>48</sup> describen su experiencia en una serie de 245 pacientes, 130 de ellos intervenidos de cirugía ortopédica espinal. Nuestro grupo previamente describió el uso de la ML Supreme® o ML ProSeal® en 160 pacientes intervenidos de diversos procedimientos; entre ellos 38 se sometieron a discectomías lumbares.<sup>50,52</sup> Sharma y colaboradores<sup>49</sup> usaron la ML Supreme® en 205 pacientes operados de cirugía ortopédica en prono; algunos de ellos con obesidad. Finalmente, Olsen y cols.<sup>53</sup> publicaron un estudio aleatorizado con 64 pacientes que se ventilaban con ML ProSeal® después de posicionarse por ellos mismos en posición prona, y estos se compararon con pacientes que se intubaban y posteriormente eran colocados en prono. La ventilación fue efectiva en todos los casos, las dificultades y las incidencias se detectaron y se resolvieron con las mismas estrategias usadas en el paciente en supino, no hubo ninguna complicación grave y ningún paciente tuvo que ser girado a posición supina para manejar los problemas de la vía aérea.

Varias ventajas se han atribuido al manejo de la vía aérea con DSG en comparación con la IOT para procedimientos en prono. Una es que la inducción y el posicionamiento son más rápidos; sin embargo, esta ventaja no tiene gran relevancia clínica. En este estudio, la inducción se realizó en un promedio de 25 minutos en pacientes con ML y tomó solo 5 minutos más en promedio en pacientes intubados.<sup>53</sup> Una segunda ventaja es la reducción del riesgo de extubación accidental mientras el paciente es movilizado.<sup>54</sup> Estas dos ventajas son específicas de los pacientes en prono; sin embargo, es importante recordar otras ventajas que han sido muy bien establecidas de estos dispositivos sobre los tubos orotraqueales en cualquier posición y en otros escenarios. Las ML han demostrado atenuar los cambios hemodinámicos asociados a las maniobras sobre la vía aérea.<sup>45,32</sup> Dado que la ventilación a través de la ML es mejor tolerada que el TOT y elimina o reduce la necesidad de administrar relajantes musculares, el despertar es más rápido y la valoración neurológica se puede realizar de forma precoz; así mismo las complicaciones de la vía aérea en el postoperatorio precoz son menores.<sup>45</sup>

A pesar de que el rocuronio fue usado antes de la inserción de la ML en el estudio reportado por Olsen y cols.<sup>53</sup> nosotros en nuestro estudio no lo usamos de forma rutinaria; el anestesiólogo fue libre de decidir cuando era necesario administrar un relajante muscular para mejorar las condiciones quirúrgicas o la ventilación mecánica.

Finalmente, la inserción de la ML en prono ha sido usada con éxito para el manejo de la vía aérea emergente o de rescate en pacientes en posición prona<sup>56,136</sup> y ha sido propuesta como una estrategia útil para solucionar estas emergencias.<sup>54</sup> Estamos de acuerdo con esta recomendación y también pensamos que los anestesiólogos que adquieran experiencia en situaciones rutinarias tendrán más habilidades para usar la inserción en prono para situaciones emergentes.

No obstante, a pesar de las ventajas sugeridas por los estudios publicados y los casos reportados, la seguridad de la ventilación con la ML continúa generando debate. Los opositores argumentan que esta técnica de manejo de la vía aérea puede ser más complicada en pacientes en prono comparados con la posición supino y que puede ser necesario girar al paciente para resolver problemas.<sup>55,137</sup> Como el uso de la ML en prono continúa considerándose un uso avanzado de estos dispositivos, hay una serie de condiciones importantes que deben ser enfatizadas para su uso clínico seguro. Primero, el anestesiólogo debe tener una amplia experiencia en el diagnóstico y el manejo de cualquier tipo de dificultad que pudiera aparecer. Además, se deberían usar dispositivos de segunda generación para esta indicación en particular, ya que proveen mejores condiciones de ventilación y de protección de la vía aérea. El material de manejo de VAD debe estar disponible inmediatamente. Finalmente, el anestesiólogo debe valorar cuidadosamente los pacientes para asegurarse de que son candidatos apropiados.

A pesar de que nuestro grupo de anestesiólogos tenía experiencia con la inserción de la ML, tuvimos 7 casos de ventilación subóptima que tuvieron que ser intubados. Nosotros atribuimos esto a la curva de aprendizaje del equipo, ya que estos casos se presentaron durante los primeros dos años (2008 y 2009). A partir del 2010 en adelante, ningún paciente precisó ser girado e intubado. Esta observación subraya la importancia de tener una experiencia extensa con estos dispositivos en la práctica clínica habitual.

Las ML de segunda generación con canal gástrico que usamos en este estudio, son las que se utilizan con más frecuencia para pacientes en prono.<sup>48,52</sup> Estas ML permiten ventilar efectivamente con presiones de sello mayores, vaciado del contenido gástrico si fuese necesario y en caso de que se desplacen pueden ser fácilmente reposicionadas usando el canal gástrico como guía.<sup>50</sup> La introducción de nuevos dispositivos con características adicionales, como mayor capacidad de sello y capacidad para intubación directa, pueden ofrecer aún más ventajas.

Nuestra selección de pacientes refleja el consenso de nuestro grupo sobre cómo manejar a los pacientes sometidos a cirugía en prono. El anestesiólogo era libre de elegir entre los dos métodos, eligiendo intubar al paciente si era de edad más avanzada, cumplía criterios de alto riesgo para VAD y la cirugía se preveía larga. Nosotros creemos que estas características deberían marcar los límites para la utilización segura de la ML en prono y es consistente con otras publicaciones.<sup>55,54,53</sup>

La aparición de complicaciones graves debe estar siempre en la mente de cualquier anestesiólogo para prevenir y diagnosticar precozmente. Las complicaciones pueden aparecer y no es posible predecir en cuales pacientes ocurrirá una ventilación inadecuada o fugas que precisen reajustar la ML. Con nuestra aproximación y recomendaciones, nosotros consideramos que somos capaces de detectar y tratar efectivamente cualquier complicación severa potencial al igual que lo haríamos con el paciente en posición supino o con un paciente intubado en prono.

Una limitación de nuestro estudio es que fue retrospectivo, los pacientes no fueron incluidos sistemáticamente y no establecimos un algoritmo prospectivo que guiara el manejo en caso de ventilación inadecuada. Las decisiones clínicas en estas situaciones fueron dejadas al criterio del anestesiólogo que estaba a cargo. Sin embargo, podemos decir que los datos analizados reflejan la práctica clínica en nuestra institución. Además, nuestro estudio no fue diseñado para detectar diferencias en las complicaciones neurológicas en el postoperatorio atribuible a la auto colocación para la cirugía comparada con el reposicionamiento por el equipo quirúrgico después de la inducción anestésica. La incidencia de dichas complicaciones es baja y se habría requerido de una muestra muy grande para demostrar que el riesgo disminuye con el auto posicionamiento.

Concluimos que el manejo de la vía aérea mediante ML durante la cirugía lumbar en posición genupectoral es seguro y factible en pacientes seleccionados, cuando el anestesiólogo tiene experiencia con el uso de DSG y el manejo de complicaciones en prono.

En nuestra serie de casos, el uso de DSG aseguró un manejo efectivo de la vía aérea durante el tratamiento endovascular de los aneurismas no rotos y se asoció con una baja incidencia de complicaciones de la vía aérea. No ocurrió ninguna complicación mayor de la vía aérea en los 130 pacientes manejados con DSG. Tres pacientes fueron diagnosticados de neumonía postprocedimiento en contexto de ventilación mecánica prolongada secundaria a complicaciones neurológicas que no pueden ser atribuibles a la instrumentación de la vía aérea durante el procedimiento. Hasta ahora, no hay estudios publicados aleatorizados o prospectivos que comparen la IOT o los DSG en el manejo de intervenciones neuroradiológicas; solo tenemos datos de estudios retrospectivos observacionales en esta área, que incluían 3 y 26 casos, en los cuales el uso de DSG no se asoció a ningún evento adverso, lo cual es consistente con nuestro hallazgo.<sup>104,138</sup>

Durante la embolización endovascular de aneurismas intracraneales, el gradiente de presión transmural del saco aneurismático debe permanecer constante para disminuir el riesgo de ruptura,<sup>139,140,103</sup> lo que ocurre en un porcentaje estimado de 1,4% de los casos.<sup>141</sup> Asimismo, para prevenir la isquemia y el sangrado que pueden ocurrir en diferentes momentos, durante o poco después del procedimiento, se requiere un continuo y estricto control de los parámetros hemodinámicos y respiratorios, en particular durante la inducción anestésica y durante el despertar. Diversos estudios en otros escenarios han demostrado con anterioridad los beneficios de los DSG para reducir el impacto hemodinámico deletéreo de la manipulación de la vía aérea durante la inducción y la educación anestésica en comparación con la IOT. Ello nos permite especular que este manejo podría contribuir a reducir el riesgo de la ruptura aneurismática y el sangrado intracraneal postprocedimiento.<sup>32,45</sup> Los datos de nuestro análisis retrospectivo no nos permiten hacer conclusiones porque más pacientes de alto riesgo fueron manejados con TOT. En nuestra serie, tuvimos 4 casos de ruptura de aneurisma y sangrado. Los dos pacientes del grupo “tubo” permanecieron intubados. Los dos pacientes del grupo “mascarilla laríngea” fueron intubados postoperatoriamente y llevados a la UCI cuando su estado neurológico se deterioró después de varias horas. Aunque las complicaciones después de procedimientos endovasculares que han transcurrido sin incidentes son poco frecuentes,<sup>142</sup> es muy importante monitorizar de cerca estos pacientes y evaluarlos con escalas neurológicas durante las primeras 6 horas del despertar para detectar complicaciones precozmente, como así hicimos en nuestra serie. Otra ventaja del uso de DSG es el despertar más suave y precoz de la anestesia lo que facilita la valoración inmediata del estado neurológico después del procedimiento, lo cual ha sido encontrado beneficioso.<sup>143</sup>

El cambio progresivo hacia el uso de DSG en nuestros pacientes fue paralelo a la transición a protocolos periprocedimientos mínimamente invasivos, incluyendo el uso de monitorización continua no invasiva, a medida que estuvieron disponibles mejores equipos. Esta evolución en la práctica clínica refleja también la consolidación de nuestra experiencia como grupo en el uso de DSG en neuroanestesia.<sup>32,51,97</sup>

Sin embargo, aún existe controversia sobre el uso de DSG para el tratamiento endovascular de aneurismas cerebrales no rotos, así como para otros procedimientos neuroquirúrgicos, basado en preocupación sobre la eficacia y seguridad para proteger la vía aérea. En nuestra experiencia de 9 años, no observamos ninguna complicación relacionada al uso de DSG como hipoxemia severa o aspiración de contenido gástrico, y todos los eventos relacionados con la vía aérea han sido fácilmente solventados con el ajuste o reposicionamiento del dispositivo. Estos resultados tan alentadores pueden ser explicados por una selección prudente de los pacientes, considerando varios factores. Primero, los pacientes con riesgo estimado de ruptura carotídea o sangrado cervical y aquellos con un nivel disminuido de consciencia fueron manejados con IOT. Segundo, los pacientes con VAD prevista fueron manejados siguiendo los protocolos institucionales, realizando intubación con fibrobroncoscopio en respiración espontánea si estaba indicado por los hallazgos en la valoración preanestésica. No obstante, siete pacientes con criterios de intubación difícil, pero sin criterios de ventilación difícil o dificultad para la inserción de DSG, fueron manejados con estos DSG sin incidencias. Tercero, el número de pacientes manejados con DSG aumentó a medida que los miembros del equipo

fueron ganando experiencia con su uso hasta incluir la gran mayoría de pacientes programados para embolización de aneurismas no rotos. Cuarto, se debe escoger un dispositivo supraglótico apropiado para esta indicación y los dispositivos de segunda generación son los recomendados para usos avanzados. Solo DSG de segunda generación fueron incluidos en nuestra serie de casos, la I-gel® fue la seleccionada en la sala de angiología ya que no contiene componentes metálicos que puedan producir artefactos en la imagen.

Nuestro análisis retrospectivo tiene varias limitaciones. Primero, el número de pacientes y la severidad de sus factores de riesgo para complicaciones no fueron distribuidos de manera uniforme entre grupos. Segundo, los datos relativos a los cambios respiratorios y hemodinámicos, particularmente durante la inducción y la educación de la anestesia no fueron lo suficientemente precisos para obtener conclusiones acerca del beneficio de los DSG sobre la IOT. Finalmente, nuestro estudio de un solo centro, con un tamaño muestral limitado, no es lo suficientemente grande para apoyar la seguridad del uso de DSG durante el tratamiento endovascular de aneurismas cerebrales no rotos.

En conclusión, nuestra experiencia sugiere que el uso de DSG es una manera factible de manejar la vía aérea en procedimientos endovasculares para tratar aneurismas cerebrales no rotos bajo protocolos de manejo periprocedimiento mínimamente invasivos.

Hicimos un estudio clínico aleatorizado con el objetivo de comparar las variables hemodinámicas cerebrales y sistémicas, así como la incidencia de tos durante el despertar de la anestesia general de pacientes intervenidos de cirugía transesfenoidal de hipófisis con el procedimiento estándar de extubación o después de reemplazar el TOT con una ML Proseal.

La presión arterial durante la educación se mantuvo estable en ambos grupos, aunque más baja que los valores basales, en ambos grupos, independientemente de si el TOT fue reemplazado o no por la ML antes del despertar. Los pacientes del grupo “tubo” tuvieron valores de presión arterial más elevados y recibieron más medicación antihipertensiva después del despertar, pero estos resultados no fueron ni clínicamente ni estadísticamente significativos.

El control estricto de la presión arterial en el límite bajo de la normalidad para optimizar el campo quirúrgico hasta el final del procedimiento endoscópico, el tratamiento sistémico de cualquier pico hipertensivo durante el despertar y la extubación temprana después de la recuperación de la ventilación espontánea pueden explicar la ausencia de diferencias en la presión arterial media entre los dos grupos. Estos hallazgos contrastan con los resultados de nuestro estudio previo realizado en pacientes después de craneotomía con un protocolo similar<sup>32</sup> en el cual las presiones después de la extubación fueron ligeramente mayores que las basales, y las presiones durante la extubación alcanzaron valores más altos pero estuvieron significativamente atenuados en los pacientes con ML. Un factor adicional es que el dolor postoperatorio inmediato después de una cirugía hipofisaria transesfenoidal puede ser menor que el de la craneotomía.<sup>144</sup>

Aunque no encontramos diferencias estadísticamente significativas en la presión arterial, las velocidades de flujo de la arteria cerebral media fueron más altas en el grupo “tubo”. Teniendo en cuenta que el manejo anestésico y los parámetros ventilatorios fueron idénticos en ambos grupos y ningún paciente estuvo hipercapnico en ningún momento del estudio, la diferencia en el flujo sanguíneo intracraneal fue probablemente causada por las ligeras diferencias en la presión arterial.

Los niveles de noradrenalina fueron bajos y similares en ambos grupos. Un estudio reciente encontró que los niveles en el postoperatorio inmediato de hormona adrenocorticotropina fueron más bajos en pacientes que recibieron anestesia endovenosa con Propofol y remifentanilo, como los nuestros, que en pacientes que recibieron analgesia balanceada.<sup>26</sup> Sin embargo, contrario a nuestros resultados, otros estudios han probado una asociación entre el uso de la ML y una mejor respuesta hormonal al estrés medida en las concentraciones plasmáticas de adrenalina, noradrenalina, dopamina, hormona adrenocorticotropina y cortisol en diferentes cirugías como en cirugía bariátrica, cirugía ortopédica y cirugía general.<sup>25,45</sup>

Un hallazgo relevante de nuestro estudio fue que los pacientes en el grupo “ML” tuvieron significativamente menos episodios de tos durante el despertar comparados con el grupo “tubo”. Estos hallazgos están alineados con estudios previos que habían mostrado menor incidencia de tos en el postoperatorio, hipoxemia, náuseas y vómitos asociados a la retirada de la ML comparada con la extubación.<sup>25,45</sup> Un despertar suave es particularmente importante en la cirugía de base de cráneo. El intercambio del tubo por mascarilla al final de la cirugía en este procedimiento podría estar bien justificado.

El aumento en la incidencia de episodios de tos en el grupo “tubo” puede estar relacionado con los 3 casos de fístula de LCR observados en este grupo. Hanba y cols. identificaron un nuevo factor de riesgo asociado significativamente a la aparición de fístula en el postoperatorio. En un estudio de pacientes sometidos a cirugía hipofisaria, demostraron que tener enfermedad de la vía aérea baja, comúnmente asociada a tos, resultaba en el doble de incidencia de fístula de LCR en el postoperatorio comparado con la cohorte libre de enfermedad.<sup>85</sup> Este hallazgo es consistente con un análisis retrospectivo de 2918 pacientes donde 84 (2,9%) de los pacientes fueron reingresados o reintervenidos los siguientes 30 días posteriores a la cirugía por fístula de LCR; en estos pacientes la enfermedad pulmonar crónica fue identificada como un factor de riesgo significativo para fístula.<sup>145</sup>

En nuestro estudio, los tres pacientes con fístula requirieron reintervención para el tratamiento de la rinorrea y tuvieron una estancia más prolongada. Jahangiri y cols. reportaron en 2014 que las cirugías por recidivas tumorales o fístula postoperatoria pueden acarrear un riesgo incrementado de anomalías hidroelectrolíticas incluyendo hiponatremia y meningitis, ambos incrementan significativamente la morbilidad e incrementan la estancia hospitalaria.<sup>146</sup>

Nuestro estudio no fue diseñado para encontrar diferencias en la incidencia de fístula de LCR. El pequeño tamaño muestral para demostrar una asociación entre la tos y la aparición de fístula de LCR es una limitación del estudio.

Aunque el “*gold estándar*” para el manejo de la vía aérea en NRC es la IOT debido a la duración de estos procedimientos, las diferentes posiciones quirúrgicas y las dificultades para acceder a la vía aérea durante el intraoperatorio, reemplazar el TOT por la ML al final del procedimiento es una técnica recomendada para asegurar un despertar suave en casos donde hay riesgo de la disrupción de la reparación quirúrgica debido a la estimulación cardiovascular.<sup>8</sup> La educación es el momento de cambios más intensos a nivel hemodinámico cerebral y sistémico incluso si se hace de forma meticulosa.<sup>65</sup> La maniobra de Bailey en pacientes seleccionados, si se realiza bajo una adecuada profundidad anestésica, es rápida, efectiva y segura, evitando el tiempo de apnea y el incremento secundario en la presión arterial de CO<sub>2</sub>, lo cual podría por sí mismo ser deletéreo sobre la hemodinámica cerebral y sistémica.<sup>57</sup> Sin embargo, no está recomendada en pacientes con VAD prevista o conocida o con alto riesgo de broncoaspiración (infrecuente en pacientes programados para NRC).<sup>8</sup> Nosotros usamos la ML Proseal® porque sella mejor la vía aérea que los dispositivos de primera generación, además permite la evacuación del contenido gastroesofágico y permite la inserción guiada. La ML Proseal® ha sido usada con éxito en otras neurocirugías como en la microcirugía lumbar,<sup>51</sup> la DVP<sup>97</sup> y la craneotomía con el paciente despierto.<sup>147</sup>

## CONCLUSIONES

---

1. El manejo de la vía aérea con DSG en pacientes sometidos a diversos procedimientos neuroquirúrgicos es una alternativa eficaz y segura con respecto al tratamiento convencional mediante intubación orotraqueal.
- 2.- Los DSG, insertados en decúbito prono o posición genupectoral modificada, permiten un manejo adecuado de la vía aérea en pacientes bien seleccionados intervenidos de cirugía lumbar programada mínimamente invasiva bajo anestesia general. El uso de DSG de segunda generación en cirugía lumbar programada bajo anestesia general en decúbito prono se asoció a una muy baja incidencia de complicaciones, requiriendo un cambio a IOT en un 2,8% de los casos, pudieron resolverse los incidentes sin comprometer la seguridad del paciente.
3. Los DSG permiten el manejo de la vía aérea en la embolización de aneurismas cerebrales no rotos con una incidencia de eventos adversos similar a la IOT y constituyen un avance en el abordaje progresivamente menos invasivo de estos procedimientos.
4. El despertar de la anestesia general en cirugía hipofisaria después de reemplazar el TOT por ML se asocia a un mejor perfil hemodinámico sistémico y cerebral. El intercambio del TOT por ML una vez finalizada la cirugía y previamente a la educación anestésica tras la cirugía de hipófisis se asocia a una menor incidencia tos. La incidencia mayor de tos en el grupo “tubo” podría relacionarse con la aparición de fístula de líquido cefalorraquídeo.
5. Los beneficios observados en el uso de la ML en pacientes sometidos a numerosos procedimientos neuroquirúrgicos abre las puertas a la futura estandarización de esta modalidad de manejo de la vía aérea en NRC.

## BIBLIOGRAFÍA

---



1. Calvo JM, del Valle E, Ramírez JM, Loinaz C, Martín Traperero. C, Nogueiras C, et al. Vía Clínica De Recuperación Intensificada En Cirugía Del Adulto (Rica). <https://www.seguridaddelpaciente.es/resources/documentos/2021/05/via-clinica-cirugia-adulto-rica-2021.pdf> 3–172 (2020). Available at: <https://cpage.mpr.gob.es/>.
2. Wu, H. H. L., Lewis, S. R., Mirka, C., Wacker, J. & Smith, A. F. Patient safety and the role of the Helsinki Declaration on Patient Safety in Anaesthesiology A European survey. *Eur. J. Anaesthesiol.* **36**, 946–954 (2019).
3. Cheney FW, Posner KL, Lee LA, Caplan RA, D. K. Trends in Anesthesia-related Death and Brain Damage A Closed Claims Analysis. *Anesthesiology.* 1081–1086 (2006).
4. Aziz, M. F. Advancing Patient Safety in Airway Management. *Anesthesiology.* 2018–2020 (2018).
5. Caplan RA, Posner KL, Ward RJ, C. F. Adverse respiratory events in anesthesia: a closed claims analysis. *Anesthesiology.* **72**, 828–33 (1990).
6. Mir, F., Mcnarry, A. F. & Asai, T. Role of the Difficult Airway Society in improving airway management. *Br. J. Anaesth.* **121**, 12–15 (2018).
7. Henderson, J. J., Popat, M. T., Latto, I. P. & Pearce, A. C. Difficult Airway Society guidelines for management of the unanticipated difficult intubation. *Anaesthesia.* **59**, 675–694 (2004).
8. Difficult Airway Society Extubation Guidelines Group, Popat M, Mitchell V, Dravid R, Patel A, Swampillai C, H. A. Difficult Airway Society Guidelines for the management of tracheal extubation. *Anaesthesia.* **67**, 318–340 (2012).
9. Clayton, T. J., Pittman, J. A. L. & Gabbott, D. A. A comparison of two techniques for manual ventilation of the lungs by non-anaesthetists: The bag-valve-facemask and the cuffed oropharyngeal airway (COPA). *Anaesthesia.* **56**, 756–759 (2001).
10. Döriges, V., Ocker, H., Wenzel, V., Steinfath, M. & Gerlach, K. The laryngeal tube S: A modified simple airway device. *Anesth. Analg.* **96**, 618–621 (2003).
11. Agro, F., Frass, M., Benumof, J. L. & Krafft, P. Current status of the Combitube™: A review of the literature. *J. Clin. Anesth.* **14**, 307–314 (2002).
12. Brain, A. The laryngeal mask—a new concept in airway management. *Br. J. Anaesth.* **55**, 801–5 (1983).
13. Brain, A. The development of the Laryngeal Mask—a brief history of the invention, early clinical studies and experimental work from which the Laryngeal Mask evolved. *Eur. J. Anaesthesiol.* **4**, 5–6 (1991).
14. Osborn, I. P. & Aljohani, S. The Role of the Supraglottic Airway in Neurosurgery. *anesthesiologynews.com* 61–66 (2016).
15. Zaballo García, M. & López Álvarez, S. Recomendaciones prácticas de uso de la mascarilla laríngea en cirugía ambulatoria. *Cir. mayor ambul.* **13**, 4–26 (2008).
16. Brimacombe, J., Keller, C. & Judd, D. V. Gum Elastic Bougie-guided Insertion of the ProSeal™ Laryngeal Mask Airway Is Superior to the Digital and Introducer Tool Techniques. *Anesthesiology.* **100**, 25–29 (2004).
17. García-Aguado R, Viñoles J, Brimacombe J, Vivó M, López-Estudillo R, A. G. Suction catheter guided insertion of the ProSeal. *Can J Anaesth.* **53**, 398–403 (2006).
18. Benumof, J. Laryngeal mask airway. Indications and contraindications. *Anesthesiology.* **77**, 843–6 (1992).
19. Timmermann, A., Bergner, U. A. & Russo, S. G. Laryngeal mask airway indications: New frontiers for second-generation supraglottic airways. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* **28**, 717–726 (2015).

20. Law JA, Broemling N, Cooper RM, Drolet P, Duggan LV, Griesdale DE. et al. The difficult airway with recommendations for management - Part 1 - Intubation encountered in an unconscious/induced patient. *Can. J. Anesth.* **60**, 1089–1118 (2013).
21. Burgoyne, L. & Cyna, A. Laryngeal Mask vs Intubating Laryngeal Mask : Insertion and Ventilation By Inexperienced Resuscitators. *Anaesth Intensive Care.* **29**, 604–608 (2001).
22. Xue, F. S., Liao, X., Yuan, Y. J., Wang, Q. & Liu, J. H. Management of unanticipated difficult airway in the pre-hospital emergency setting. *Anesthesiology.* **115**, 441–442 (2011).
23. Tm, L. M. A., Zhang, L. & Resident, Y. S. Is muscle relaxant necessary in patients undergoing laparoscopic gynecological surgery with a ProSeal. *J. Clin. Anesth.* **25**, 32–35 (2013).
24. Kahl, M., Eberhart, L. H. J., Behnke, H. & Sa, S. Stress Response to Tracheal Intubation in Patients Undergoing Coronary Artery Surgery: Direct Laryngoscopy Versus an Intubating Laryngeal Mask Airway. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* **18**, 275–280 (2004).
25. Dahaba AA, Prax N, Gaube W, Gries M, Rehak PH, Metzler H. Haemodynamic and catecholamine stress responses to the Laryngeal Tube-Suction Airway and the Proseal Laryngeal Mask Airway. *Anaesthesia.* **61**, 330–334 (2006).
26. Yhim HB, Oh HM, Yoon HK, Kim YH, P. H. A Retrospective Observational Study of the Neuroendocrine Stress Response in Patients Undergoing Endoscopic Transsphenoidal Surgery for Removal of Pituitary Adenomas : Total Intravenous Versus Balanced Anesthesia. *J Neurosurg Anesth.* **Aug**, 1–10 (2019).
27. Safaeian, R., Hassani, V., Movasaghi, G. & Alimian, M. Postoperative Respiratory Complications of Laryngeal Mask Airway and Tracheal Tube in Ear , Nose and Throat Operations. *Anesth Pain Med.* **5**, (2015).
28. Yu, S. H. & Beirne, O. R. Laryngeal Mask Airways Have a Lower Risk of Airway Complications Compared With Endotracheal Intubation: A Systematic Review. *J Oral Maxillofac Surg.* **68**, 2359–2376 (2010).
29. Somri M, Gaitini L, Matter I, Hawash N, Falcucci O, Fornari GG. et al. A comparison between the Supreme laryngeal mask airway and the laryngeal tube suction during spontaneous ventilation: A randomized prospective study. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* **34**, 182–187 (2018).
30. Kang, S. H. & Park, M. Comparison of early postoperative recovery between laryngeal mask airway and endotracheal tube in laparoscopic cholecystectomy. *Medicine (Baltimore).* **98**, 1–6 (2019).
31. Stevanovic A, Rossaint R, Fritz HG, Froeba G, Heine J, Puehringer FK. et al. Airway reactions and emergence times in general laryngeal mask airway anaesthesia A meta-analysis. *Eur J Anaesthesiol.* **32**, 106–116 (2015).
32. Perelló-Cerdà L, Fàbregas N, López AM, Rios J, Tercero J, Carrero E. et al. ProSeal Laryngeal Mask Airway Attenuates Systemic and Cerebral Hemodynamic Response During Awakening of Neurosurgical Patients. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* **27**, 194–202 (2015).
33. Asai T, M. S. Review Article The laryngeal mask airway : its features , effects and role. *Can. J. Anaesth.* **41**, 930–960 (1994).
34. Jannu A, Shekar A, Balakrishna R, Sudarshan H, Veena GC, B. S. Advantages , Disadvantages , Indications, Contraindications and Surgical Technique of Laryngeal Airway Mask. *Arch Craniofac Surg.* **18**, 223–229 (2017).
35. Cook, T. M., Woodall, N., Frerk, C., National, F. & Project, A. Major complications of airway management in the UK : results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society . Part 1: *Br. J. Anaesth.* **106**, 617–631 (2011).

36. Marjot, R. Pressure exerted by the laryngeal mask airway cuff upon the pharyngeal mucosa. *Br. J. Anaesth.* **70**, 25–29 (1993).
37. Brimacombe, J., Clarke, G. & Keller, C. Lingual nerve injury associated with the ProSeal laryngeal mask airway : a case report and review of the literature. *Br. J. Anaesth.* **95**, 420–423 (2005).
38. Sung, A., Kalstein, A., Radhakrishnan, P., Yarmush, J. & Raouf, S. Laryngeal Mask Airway : Use and Clinical Applications. *J. Bronchol.* **14**, 181–188 (2007).
39. O'Connor CJ Jr, Borromeo CJ, S. M. Assessing ProSeal Laryngeal Mask Positioning : The Suprasternal Notch Test. *Anesth. Analg.* **94**, 1374–1375 (2002).
40. Koerner IP, B. A. Fiberoptic techniques. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* **19**, 611–621 (2005).
41. Bein, B. & Scholz, J. Supraglottic airway devices. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* **19**, 581–593 (2005).
42. Zaballos, M., Bastida, E., Del Castillo, T., De Villoria, J. G. & Jiménez, C. In vitro study of magnetic resonance imaging artefacts of six supraglottic airway devices. *Anaesthesia.* **65**, 569–572 (2010).
43. Nagata, T., Kishi, Y. & Tanigami, H. Oral gastric tube-guided insertion of the ProSeal TM laryngeal mask is an easy and noninvasive method for less experienced users. *J. Anesth.* **26**, 531–535 (2012).
44. Yoon SW, Kang H, Choi GJ, Ryu C, Park YH, Baek CW. et al. Comparison of supraglottic airway devices in laparoscopic surgeries : A network meta-analysis. *J Clin Anesth.* **55**, 52–66 (2018).
45. Carron M, Veronese S, Gomiero W, Foletto M, Nitti D, Ori C. et al. Hemodynamic and Hormonal Stress Responses to Endotracheal Tube and ProSeal Laryngeal Mask Airway TM for Laparoscopic Gastric Banding. *Anesthesiology.* **117**, 309–20 (2012).
46. Shah, K. ProSeal Laryngeal Mask Airway as an Alternative to Standard Endotracheal Tube in Securing Upper Airway in the Patients Undergoing Beating-heart Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Card Anaesth.* **20**, 61–66 (2017).
47. Hohlrieder, M., Brimacombe, J., Eschertzhuber, S., Ulmer, H. & Keller, C. A study of airway management using the ProSeal LMA laryngeal mask airway compared with the tracheal tube on postoperative analgesia requirements following gynaecological laparoscopic surgery. *Anaesthesia.* **62**, 913–918 (2007).
48. Brimacombe, JR, Wenzel, V, Keller, C. The ProSeal laryngeal mask airway in prone patients : a retrospective audit of 245 patients. *Anaesth Intensive Care.* **35**, 222–5 (2007).
49. Sharma, V., Verghese, C. & Mckenna, P. J. Prospective audit on the use of the LMA-Supreme TM for airway management of adult patients undergoing elective orthopaedic surgery in prone position. *Br. J. Anaesth.* **105**, 228–232 (2010).
50. López, AM, Valero, R, Brimacombe, J. Insertion and use of the LMA Supreme in the prone position. *Anaesthesia.* **65**, 154–157 (2010).
51. Hurtado P, Fàbregas N, Forero C, Tercero J, Carrero E, de Riva N. et al. Laryngeal mask ventilation during lumbar spine neurosurgery in knee-chest position is feasible. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* **29**, 317–321 (2017).
52. López AM, Valero R, Hurtado P, Gambús P, Pons M, Anglada T. Comparison of the LMA supremeTM with the LMA ProsealTM for airway management in patients anaesthetized in prone position. *Br. J. Anaesth.* **107**, 265–271 (2011).
53. Olsen, K. S., Petersen, J. T., Pedersen, N. A. & Rovsing, L. Self-positioning followed by induction of anaesthesia and insertion of a laryngeal mask airway versus endotracheal intubation and subsequent positioning for spinal surgery in the prone position: A randomised clinical trial. *Eur. J. Anaesthesiol.* **31**, 259–265 (2014).

54. Hinkelbein, J. Pro. *Eur. J. Anaesthesiol.* **31**, 253–255 (2014).
55. Staender, S. CON: Laryngeal masks must not be used for surgery in the prone position. *Eur. J. Anaesthesiol.* **31**, 256–258 (2014).
56. Abrishami, A., Zilberman, P. & Chung, F. Brief review: Airway rescue with insertion of laryngeal mask airway devices with patients in the prone position. *Can. J. Anesth.* **57**, 1014–1020 (2010).
57. Saracoglu KT, Yilmaz M, Duzyol IY, Turan AZ, Okuyucu KA, Yurt E. Advanced techniques in extubation\_ Bailey maneuver, tube exchange catheter and staged extubation set. *J. Clin. Anesth.* **48**, 28–29 (2018).
58. Suppiah, R. K., Rajan, S., Paul, J. & Kumar, L. Respiratory and hemodynamic outcomes following exchange extubation with laryngeal mask airway as compared to traditional awake extubation. *Anesth Essays Res.* **10**, 212–7 (2016).
59. Tanoubi, I., Ng, J., Sun, M. & Drolet, P. Replacing a double-lumen tube with a single-lumen tube or a laryngeal mask airway device to reduce coughing at emergence after thoracic surgery : a randomized controlled single-blind trial. *Can. J. Anaesthesia-journal Can. D Anesth.* **62**, 988–995 (2015).
60. DY, Q., Wang, K., Zhang, H., Wang, L. & Zou, Z. Efficacy of Intravenous Lidocaine Versus Placebo on Attenuating Cardiovascular Response to Laryngoscopy and Tracheal Intubation: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Minerva Anesthesiol.* **79**, 1423–1435 (2013).
61. Samaha T, Ravussin P, Claquin C, E. C. Prevention of increase of blood pressure and intracranial pressure during endotracheal intubation in neurosurgery: esmolol versus lidocaine. *Ann Fr Anesth Reanim.* **15**, 36–40 (1996).
62. Chadha, R., Joseph, A. & Mohandas, K. Oral Clonidine Pretreatment for Haemodynamic Stability During Craniotomy. *Anaesth Intensive Care.* **20**, 341–344 (1992).
63. Randell, T. T., Aantaa, R. E., Tanskanen, P. E. & Kytta, J. V. Dexmedetomidine as an anaesthetic adjuvant in patients undergoing intracranial tumour surgery : a double-blind , randomized and placebo-controlled study. *Br J Anaesth.* **97**, 658–665 (2006).
64. Tang C, Chai X, Kang F, Huang X, Hou T, Tang F. et al. I-gel Laryngeal Mask Airway Combined with Tracheal Intubation Attenuate Systemic Stress Response in Patients Undergoing Posterior Fossa Surgery. *Mediat. Inflamm.* **2015**, (2015).
65. Bruder, N. J. Awakening management after neurosurgery for intracranial tumours. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* **15**, 477–482 (2002).
66. Fàbregas, N. & Bruder, N. Recovery and neurological evaluation. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* **21**, 431–447 (2007).
67. Andrzejowski J, F. G. The efficacy of lidocaine administered via the LITA tracheal tube in attenuating the extubation response in beta-blocked patients following craniotomy. *Anaesthesia.* **57**, 399–401 (2002).
68. Bilotta F, Lam AM, Doronzio A, Cuzzone V, Delfini R, R. G. Esmolol blunts postoperative hemodynamic changes after propofol-remifentanyl total intravenous fast-track neuroanesthesia for intracranial surgery. *J Clin Anesth.* **20**, 426–430 (2008).
69. Grillo P, Bruder N, Auquier P, Pellissier D, G. F. Esmolol Blunts the Cerebral Blood Flow Velocity Increase During Emergence from Anesthesia in Neurosurgical Patients. *Anesth Analg.* **96**, 1145–9 (2003).
70. Tsutsui, T. Combined Administration of Diltiazem and Nicardipine Attenuates Hypertensive Responses to Emergence and Extubation. *J Neurosurg Anesth.* **14**, 89–95 (2002).

71. Bhagat H, Dash HH, Bithal PK, Chouhan RS, P. M. Planning for Early Emergence in Neurosurgical Patients : A Randomized Prospective Trial of Low-Dose Anesthetics. *Anesth Analg.* **107**, 1348D1355 (2008).
72. Soliman RN, Hassan AR, Rashwan AM, O. A. Prospective, randomized study to assess the role of dexmedetomidine in patients with supratentorial tumors undergoing craniotomy under general anaesthesia. *Middle East J Anaesthesiol.* **21**, 325–34 (2011).
73. Bruder N, Stordeur JM, Ravussin P, Valli M, Dufour H, Bruguerolle B. et al. Metabolic and Hemodynamic Changes During Recovery and Tracheal Extubation in Neurosurgical Patients: Immediate Versus Delayed Recovery. *Neurosurg. Anesth.* **81**, 674–678 (1999).
74. Zhang, Q., Sun, Y., Wang, B. & Wang, S. Comparative study of the laryngeal mask and endotracheal intubation in anesthesia airway management during neurosurgery. *J Int Med Res.* **48**, 300060520902606 (2020).
75. Abrishami, A., Zilberman, P. & Chung. Brief review : Airway rescue with insertion of laryngeal mask airway devices with patients in the prone position. *Can J Anaesth.* **57**, 1014–1020 (2010).
76. Nemergut, E. C. & Zuo, Z. Airway Management in Patients With Pituitary Disease. *J Neurosurg Anesth.* **18**, 73–77 (2006).
77. Sharma, D., Prabhakar, H., Bithal, P. K. & Dash, H. H. Predicting Difficult Laryngoscopy in Acromegaly : A Comparison of Upper Lip Bite Test With Modified. *J Neurosurg Anesth.* **22**, 138–143 (2010).
78. Ali, Z., Bithal, P. K., Prabhakar, H., Rath, G. P. & Dash, H. H. An assessment of the predictors of difficult intubation in patients with acromegaly. *J. Clin. Neurosci.* **16**, 1043–1045 (2009).
79. Schmitt, H., Buchfelder, M., Radespiel-trdger, M. & Fahlbusch, R. Intubation in Acromegalic Patients. *Anesthesiology.* 110–114 (2000).
80. Scacchi, M. & Cavagnini, F. Acromegaly. *Pituitary.* 297–303 (2006). doi:10.1007/s11102-006-0409-4
81. Kaye, D. Comment on “ An assessment of the predictors of difficult intubation in patients with acromegaly”. *J. Clin. Neurosci.* **17**, 279 (2010).
82. Cafiero T, Esposito F, Fraioli G, Gargiulo G, Frangiosa A, Cavallo LM. et al. Remifentanyl-TCI and propofol-TCI for conscious sedation during fiberoptic intubation in the acromegalic patient. *Eur J Anaesthesiol.* **25**, 670–674 (2008).
83. Evers KA, Eindhoven GB, W. J. Transient nerve damage following intubation for. *Can J Anaesth.* **46**, 1143–1145 (1999).
84. D’Haens J, Van Rompaey K, Stadnik T, Haentjens P, Poppe K, Velkeniers B. Fully endoscopic transsphenoidal surgery for functioning pituitary adenomas A retrospective comparison with traditional transsphenoidal microsurgery in the same institution. *Surg. Neurol.* **72**, 336–340 (2009).
85. Hanba C, Svider PF, Jacob JT, Guthikonda M, Liu JK, Eloy JA. et al. Lower Airway Disease and Pituitary Surgery : Is There an Association With Postoperative Cerebrospinal Fluid Leak? *Laryngoscope.* **127**, 1543–1550 (2017).
86. Ensenat J, de Notaris M, Sanchez M, Fernandez C, Ferrer E, Bernal-Sprekelsen M. et al. Endoscopic endonasal surgery for skull base tumours: technique and preliminary results in a consecutive case series report. *Rhinology.* **51**, 37–46 (2013).
87. Costa e Silva L, B. J. Tracheal tube/laryngeal mask exchange for emergence. *Anesthesiology.* **85**, 218 (1996).
88. Edgcombe H, Carter K, Yarrow S. Anaesthesia in the prone position. *Br. J. Anaesth.* **100**, 165–183 (2008).

89. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, Blitt CD, Connis RT ; American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. et al. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*. **118**, 251–270 (2013).
90. Law JA, Broemling N, Cooper RM, Drolet P, Duggan LV, Griesdale DE; Canadian Airway Focus Group et al. The difficult airway with recommendations for management – Part 1 – Difficult tracheal intubation encountered in an unconscious / induced patient. *Can J Anaesth*. **60**, 1089–1118 (2013).
91. Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, Mendonca C, Bhagrath R, Patel A; Difficult Airway Society intubation guidelines working group. et al. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth*. **115**, 827–848 (2015).
92. Raphael, J., Rosenthal-ganon, T. & Gozal, Y. Case Reports Emergency Airway Management with a Laryngeal Mask Airway in a Patient Placed in the Prone Position. *J Clin Anesth*. **16**, 560–1 (2004).
93. Yamada K, Abe Y, Satoh S, Yanagibashi Y, Hyakumachi T, Masuda T. Large Increase in Blood Pressure After Extubation. *Spine*. **40**, 1046–1052 (2015).
94. Aziz, M. Airway Management in Neuroanesthesiology. *Anesthesiol. Clin*. **30**, 229–240 (2012).
95. Farag, E. Airway management for cervical spine surgery. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol*. **30**, 13–25 (2016).
96. Hakim S, A. R. The special clinical problem of symptomatic hydrocephalus with normal cerebrospinal fluid pressure. Observations on cerebrospinal fluid hydrodynamics. *J Neurol Sci*. **2**, 307–327 (1965).
97. Hurtado P, Valero R, Tercero J, Carrero E, de Riva N, López AM. et al. Experiencia con el uso de la mascarilla laríngea Proseal en pacientes sometidos a cirugía de derivación ventrículo peritoneal. *Rev. Esp. Anesthesiol. Reanim*. **58**, 362–364 (2011).
98. Agarwal, A., Shobhana, N. LMA in neurosurgery. *Can. J. Anesth*. **42**, 750 (1995).
99. Monteserín-matesanz, C., González, T., Anadón-baselga, M. J. & Zaballos, M. Supreme TM laryngeal mask airway insertion requires a lower concentration of sevoflurane than ProSeal TM laryngeal mask airway insertion during target-controlled remifentanyl infusion : a prospective randomised controlled study. *BMC Anesthesiol*. **20**, 1–9 (2020).
100. Brockerville M, Unger Z, Rowland NC, Sammartino F, Manninen PH, Venkatraghavan L. Airway Management with a Stereotactic Headframe in Situ-A Mannequin Study. *J. Neurosurg. Anesthesiol*. **30**, 44–48 (2018).
101. Connolly ES Jr, Rabinstein AA, Carhuapoma JR, Derdeyn CP, Dion J, Higashida RT. et al. AHA / ASA Guideline Guidelines for the Management of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association / American Stroke Association. *stroke*. **43**, 1711–37 (2012).
102. Qureshi AI, Suri MF, Khan J, Kim SH, F. R. & Ringer AJ, et al. Endovascular treatment of intracranial aneurysms by using Guglielmi detachable coils in awake patients: safety and feasibility. *J Neurosurg*. **94**, 880–885 (2001).
103. De Sloovere, V. T. Anesthesia for embolization of cerebral aneurysms. *Curr. Opin. Anaesthesiol*. **27**, 431–436 (2014).
104. Golshevsky, J. & Cormack, J. Laryngeal mask airway device during coiling of unruptured cerebral aneurysms. *J. Clin. Neurosci*. **16**, 104–105 (2009).
105. Randell T, Niemelä M, Kytä J, Tanskanen P, Määttä M, Karatas A. et al. Principles of neuroanesthesia in aneurysmal subarachnoid hemorrhage : the Helsinki experience. *Surgical Neurology*. **66**, 382–388 (2006).

106. Brinjikji W, Murad MH, Rabinstein AA, Cloft HJ, Lanzino G, K. D. Conscious Sedation versus General Anesthesia during Endovascular Acute Ischemic Stroke Treatment : A Systematic Review and Meta-Analysis. *AJNR Am J Neuroradiol.* **36**, 525–529 (2015).
107. Simonsen CZ, Yoo AJ, Sørensen LH, Juul N, Johnsen SP, Andersen G. et al. Effect of General Anesthesia and Conscious Sedation During Endovascular Therapy on Infarct Growth and Clinical Outcomes in Acute Ischemic Stroke: A Randomized Clinical. *JAMA Neurol.* **75**, 470–477 (2018).
108. Furie KL, Jayaraman MV. 2018 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke. *Stroke.* **49**, 509-510 (2018).
109. Robba, C., Bonatti, G., Battaglini, D., Rocco, P. R. M. & Pelosi, P. Mechanical ventilation in patients with acute ischaemic stroke : from pathophysiology to clinical practice. *Crit Care.* **23**, 1–14 (2019).
110. Grabert J, Klaschik S, Güresir Á, Jakobs P, Soehle M, Vatter H. et al. Supraglottic devices for airway management in awake craniotomy. *Med.* **98**, (2019).
111. Fukaya C, Katayama Y, Yoshino A, Kobayashi K, Kasai M, Yamamoto T. Intraoperative wake-up procedure with propofol and laryngeal mask for optimal excision of brain tumour in eloquent areas. *J Clin Neurosci.* **8**, 253–255 (2001).
112. Kulikov, A. & Lubnin, A. Anesthesia for awake craniotomy. *Curr Opin Anaesthesiol.* **31**, 506–510 (2018).
113. Cherng CH, Wu ZF, L. B. A Modified Nasopharyngeal Tube for Awake Craniotomy. *J Neurosurg Anesth.* **28**, 275–277 (2016).
114. Manninen, P. H. & Balki, M. Patient Satisfaction with Awake Craniotomy for Tumor Surgery: A Comparison of Remifentanyl and Fentanyl in Conjunction with Propofol. *Anesth Analg.* **102**, 237–42 (2006).
115. Eseonu CI, ReFaey K, Garcia O, John A, Quiñones-Hinojosa A, T. P. Awake Craniotomy Anesthesia: A Comparison of the Monitored Anesthesia Care and Asleep-Awake-Asleep Techniques. *World Neurosurg.* **104**, 679–686 (2017).
116. Mellin-Olsen, J., Staender, S., Whitaker, D. K. & Smith, A. F. The helsinki declaration on patient safety in anaesthesiology. *Eur. J. Anaesthesiol.* **27**, 592–597 (2010).
117. Mellin-Olsen J, O’Sullivan E, Balogh D, Drobnik L, Knape JT, Petrini F,; Section and Board of Anaesthesiology, European Union of Medical Specialists. et al. Guidelines for safety and quality in anaesthesia practice in the European Union. *Eur. J. Anaesthesiol.* **24**, 479–482 (2007).
118. LA, F. Quality Anesthesia: Medicine Measures, Patients Decide. *Anesthesiology.* **129**, 1063–1069 (2018).
119. World Health Organization. Service Delivery and Safety at WHO Placing people at the centre of health services. (2017). Available at: <https://www.who.int/servicedeliverysafety/about/SDS-summary.pdf?ua=1>. (Accessed: 19th July 2021)
120. Foundation, P. S. M. patient safety movement. (2021). Available at: <https://patientsafetymovement.org/>. (Accessed: 19th July 2021)
121. Gencat. Seguretat dels Pacients. *Infecció de l’espai quirúrgic* (2011). Available at: [http://seguretatdelspacients.gencat.cat/ca/professionals/projectes\\_de\\_seguretat\\_dels\\_pacients/infeccio](http://seguretatdelspacients.gencat.cat/ca/professionals/projectes_de_seguretat_dels_pacients/infeccio). (Accessed: 19th July 2021)
122. Avidan, M. S. & Kheterpal, S. Perioperative mortality in developed and developing countries. *Lancet.* **380**, 1038–1039 (2012).



123. Cooper JB, Newbower RS, Long CD, M. B. Preventable anesthesia mishaps: a study of human factors. *Anesthesiology*. **49**, 399–406 (1978).
124. Rask, J. P. & Fortner, S. Adapting simulation curricula to the future needs of anesthesiology. *Int. Anesthesiol. Clin.* **53**, 134–150 (2015).
125. World Health Organization. Lista OMS de verificación de la seguridad de la cirugía manual de aplicación (1a edición). alianza mundial para la seguridad del paciente 3–28 (2008). Available at: [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70083/WHO\\_IER\\_PSP\\_2008.05\\_spa.pdf;jsessionid=E22F61860C93F1E8DAF319BF-1510BECB?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70083/WHO_IER_PSP_2008.05_spa.pdf;jsessionid=E22F61860C93F1E8DAF319BF-1510BECB?sequence=1). (Accessed: 21st July 2021)
126. Rall, M. & Dieckmann, P. Safety culture and crisis resource management in airway management : General principles to enhance patient safety in critical airway situations. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* **19**, 539–557 (2005).
127. Haller, G., Laroche, T. & Clergue, F. Morbidity in anaesthesia: Today and tomorrow. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* **25**, 123–132 (2011).
128. Joffe AM, Aziz MF, Posner KL, Duggan LV, Mincer SL, D. K. Management of Difficult Tracheal Intubation: A Closed Claims Analysis. *Anesthesiology*. **131**, 818–829 (2019).
129. Cook, T. M. Strategies for the prevention of airway complications - a narrative review. *Anaesthesia*. **73**, 93–111 (2018).
130. Theiler, L., Gutzmann, M., Urwyler, N., Kaempfen, B. & Greif, R. i-gel TM supraglottic airway in clinical practice : a prospective observational multicentre study. *Br. J. Anaesth.* **109**, 990–995 (2012).
131. Cook TM, G. B. Analysis of 1000 consecutive uses of the ProSeal laryngeal mask airway TM by one anaesthetist at a district general hospital. *Br. J. Anaesth.* **99**, 436–439 (2007).
132. Trümpelmann P, C. T. Unilateral hypoglossal nerve injury following the use of a ProSeal laryngeal mask. *Anaesthesia*. **60**, 101–102 (2005).
133. Cassinello F, Ariño JJ, Bartolomé Ruibal A, de la Pinta JC, de la Quintana FB, Espinosa ME; Grupo de Trabajo de la Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Tratamiento del Dolor para el desarrollo de Directrices para procedimientos de chequeos previos a la anestesia de la SEDAR. et al. Directrices de procedimientos de comprobación y validación («chequeo») previos a la anestesia de la Sociedad Española de Anestesiología. Cassinello, F. et al. Directrices de procedimientos de comprobación y validación ('chequeo') previos a la anestesia de la SEDAR. *Rev. Esp. Anesthesiol. Reanim.* **60**, 4–10 (2013).
134. López AM, Belda I, Bermejo S, Parra L, Áñez C, Borràs R; Secció de via aèria (SEVA) de la SCARTD. et al. Recomendaciones para la evaluación y manejo de la vía aérea difícil VAD prevista y no prevista de la Societat Catalana d'Anestesiologia, Reanimació i Terapèutica del Dolor, basadas en la adaptación de guías de práctica clínica y consenso de expertos. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* **67**, 325–342 (2020).
135. Edelman, D. A., Perkins, E. J. & Brewster, D. J. Difficult airway management algorithms: a directed review. *Anaesthesia*. **74**, 1175–1185 (2019).
136. Valero, R., Serrano, S., Blasi, A. & Sa, G. Anesthetic management of a patient in prone position with a drill bit penetrating the spinal canal at C1-C2, using a laryngeal mask. *Anesth Analg.* **98**, 1447–1450 (2004).
137. Kranke, P. Penny wise , pound foolish ? Trade-offs when using the laryngeal mask airway for spine surgery in the prone position. *Eur J Anaesthesiol.* **31**, 249–252 (2014).



138. Karwacki Z, Witkowska M, Niewiadomski S, Wiatr A, Bukowski P, Wierzchowska J. et al. Anaesthetic management for endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms. *Anaesthesiol. Intensive Ther.* **45**, 145–148 (2013).
139. Lakhani, S., Guha, A. & Nahser, H. C. Anaesthesia for endovascular management of cerebral aneurysms. *Eur. J. Anaesthesiol.* **23**, 902–913 (2006).
140. Lai, Y. & Manninen, P. H. Examiner la ligne de conduite adoptée pour l'anesthésie pendant le traitement d'anévrismes cérébraux en neuroradiologie interventionnelle (NRI) comparé au traitement en salle d'opération. *Acta radiol.* 391–395 (2000).
141. Kawabata S, Imamura H, Adachi H, Tani S, Tokunaga S, Funatsu T. et al. Risk factors for and outcomes of intraprocedural rupture during endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms. *J. Neurointerv. Surg.* **10**, 362–366 (2018).
142. Niskanen M, Koivisto T, Rinne J, Ronkainen A, Pirskanen S, Saari T. et al. Complications and postoperative care in patients undergoing treatment for unruptured intracranial aneurysms. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* **17**, 100–105 (2005).
143. Tang, C.-L., Li, J., Zhao, B. & Xia, Z.-Y. Bispectral index-guided fast track anesthesia by sevoflurane infusion combined with dexmedetomidine for intracranial aneurysm embolization: study protocol for a multi-center parallel randomized controlled trial. *Asia Pacific J. Clin. Trials Nerv. Syst. Dis.* **1**, 177–185 (2016).
144. Chowdhury, T. Perioperative Factors Contributing the Post-Craniotomy Pain : A Synthesis of Concepts. *Front. Med.* **4**, 1–5 (2017).
145. Perry A, Kerezoudis P, Graffeo CS, Carlstrom LP, Peris-Celda M. et al. Little Insights from Big Data: Cerebrospinal Fluid Leak After Skull Base Surgery and the Limitations of Database Research. *World Neurosurg.* **127**, 561–569 (2019).
146. Jahangiri A, Wagner J, Han SW, Zygourakis CC, Han SJ, Tran MT. et al. Morbidity of repeat transsphenoidal surgery assessed in more than 1000 operations. *J Neurosurg.* **121**, 67–74 (2014).
147. Tongier WK, Joshi GP, Landers DF, M. B. Use of the laryngeal mask airway during awake craniotomy for tumor resection. *J Clin Anesth.* **12**, 592–4 (2000).



