

## La neuromonitorización en cirugía endocrina cervical. Detección y prevención intraoperatoria de parálisis laríngeas

Jiménez García, A.; Jiménez Calderón, M. C.; Vázquez Zarza, V.; Marín Velarde, C.; Díaz Rodríguez, M.; Gila Bohórquez, A.; Reyes Díaz, M. L.; Jurado Tudela, F.; Domínguez Adame, E.; Sánchez Gómez, S.; Oliva Mompeán, F.

*Sección(UCG) de Cirugía Endocrina. Servicio (UCG) de Cirugía General y Ap. Digestivo. Servicio (UCG) de Otorrinolaringología. Nodo Virgen Macarena de Sevilla. Departamento Docente de Cirugía. Facultad de Medicina de la Universidad de Sevilla. Departamento Docente de Cirugía. Facultad de Medicina de la Universidad de Sevilla.*

### Resumen

La lesión del nervio laríngeo recurrente constituye la lesión más significativa de la cirugía tiroidea, junto al hipoparatiroidismo, y aunque menos evidente aunque ocasionalmente representativa, la lesión de la rama externa del nervio laríngeo superior.

En los últimos años la neuromonitorización intraoperatoria ha sido ampliamente tratada en múltiples aspectos, para definir su efectividad, seguridad y connotaciones médico legales, habiéndose publicado en la literatura metanálisis con muestras heterogéneas o insuficientes, y trabajos individualizados que adolecen de rigor metodológico, tamaño y selección muestral y criterios de randomización que pueden confundir las conclusiones de esas investigaciones individuales.

La Neuromonitorización intraoperatoria unánimemente se le considera como el complemento ideal al *gold standard* de la identificación nerviosa intraoperatoria, que satisface el desafío técnico, pero no descarta la consideración fisiopatológica de que la conservación anatómica de un nervio por identificación visual no equivale a su integridad funcional.

Analizamos la Neuromonitorización intraoperatoria intermitente y su valoración objetiva actual en el campo quirúrgico, así como las ventajas que ofrece la Neuromonitorización continua para la detección de efectos adversos que pueden evitar tras su apreciación y cambios de estrategia quirúrgica el desencadenamiento de una lesión nerviosa.

**PALABRAS CLAVE:** Neuromonitorización; parálisis nervio laríngeo recurrente; parálisis cuerdas vocales; cirugía tiroidea; monitorización continua del nervio vago.

### Introducción

La lesión del nervio laríngeo recurrente (NLR), y el hipoparatiroidismo, son las complicaciones más significativas de la cirugía tiroidea, con gran repercusión sobre la calidad de vida del paciente o de tipo médico legal. Menos frecuentes y reconocidas, pero no por ello carentes de importancia, son la lesión de la rama externa del nervio laríngeo superior (RENLS) y los hematomas sofocantes (<1%) que pueden entrañar peligro vital.

El nervio laríngeo recurrente por su vulnerabilidad, puede ser objeto de lesiones de gran consecuencia funcional asociada con alteraciones de la voz y hasta síntomas de disfagia con

aspiración, o en el caso de que sea bilateral, con dificultades respiratorias que pueden precisar traqueotomía. Además, se interpreta como un indicador de calidad que depende de la enfermedad tiroidea y tipo de resección, y de la formación y experiencia del cirujano.

La lesión de la rama externa del nervio laríngeo superior (RENLS), produce una disfunción laríngea que puede resultar menos evidente, pero que puede llegar a ser en ocasiones muy significativa (hasta el 87% de pacientes, aprecian cambios en la voz tras la tiroidectomía), (1) con la producción de debilidad progresiva durante la fonación o imposibilidad de elevar el tono, originando limitaciones de gran trascendencia en determinadas profesiones.

Desde KOCHER y la descripción de la moderna tiroidectomía los cirujanos tratan de hacer descender aún más las complicaciones asociadas con la lesión de las estructuras anatómicas implicadas en esta cirugía, con aportaciones fundamentales en el perfeccionamiento de la técnica, especial-

*Correspondencia:* Prof. Antonio Jiménez García. Ronda de Capuchinos, 1C, 3º F. 41009 Sevilla. antojim@us.es

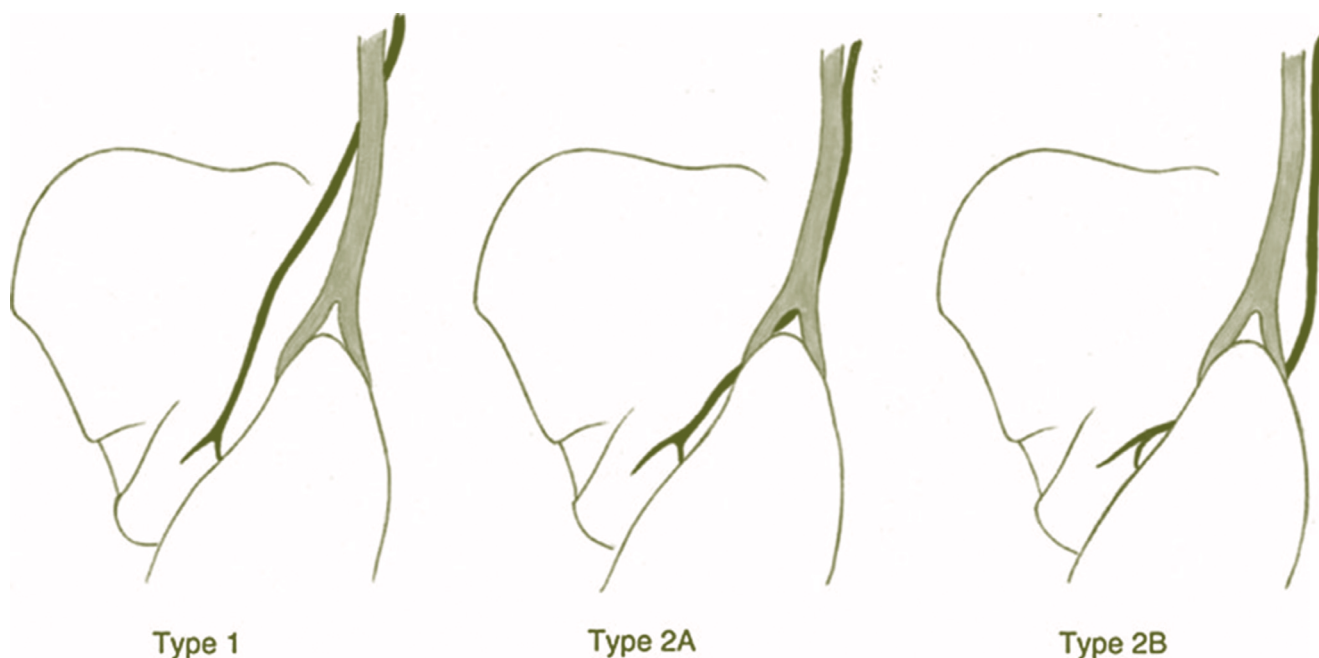


Fig. 1.— Clasificación de Cernea

mente con la recomendación de identificar rutinariamente el nervio laríngeo recurrente (NLR), (LAHEY y HOOVER, 1938) (2),(3),(4); con los estudios electromiográficos de la laringe iniciados por FAABOR-ANDERSEN, 1957, SHEED DP, et al., 1966, FLISBERG K, et al., 1969; o la descripción de la variable situación topográfica de la rama externa del nervio laríngeo superior (RENLS), inicialmente realizada por LENNQUIST y CERNEA (8), (9) que ha generado diversas clasificaciones de gran interés quirúrgico (figs. 1 y 2).

En las dos últimas décadas, han sido creados dispositivos para mejor control intraoperatorio de la hemostasia, que ofrecen la posibilidad de mantener el campo operatorio más exangüe y de ese modo facilitar mejor la identificación de las estructuras anatómicas cercanas al tiroides, y por lo tanto de las estructuras nerviosas. Sin embargo, se ha posibilitado otro riesgo de complicaciones según el tipo de sellador, y son, las lesiones producidas por difusión electrotérmica del calor o el contacto y el calentamiento por vibración de la lámina activa que emana en alguno de los equipos hemostáticos.

En otro orden de cosas, existen *complicaciones técnicas durante la intervención*, que derivan de la propia patología glandular o de anomalías, que pueden afectar a la integridad del nervio, como: a) maniobras traumáticas que son realizadas de modo inoportuno por *tracción*, fundamentalmente en la movilización de la glándula; b) *isquemia* por estiramiento o incluso esqueletización del nervio; c) *ligaduras* realizadas muy próximas a él; d) *sección* nerviosa en situaciones extremas en las que no ha sido correctamente identificado o ha sido confundido con otra estructura, habitualmente vascular, sobre todo en circunstancias peligrosas por el volumen de la glándula y su posición sobre el cruce del nervio con la arteria tiroidea inferior; y e) *cáncer* infiltrativo con adherencias cercanas al ligamento de Berry(10) (11), (fig. 3).

Para evitar y detectar estos mecanismos capaces de originar

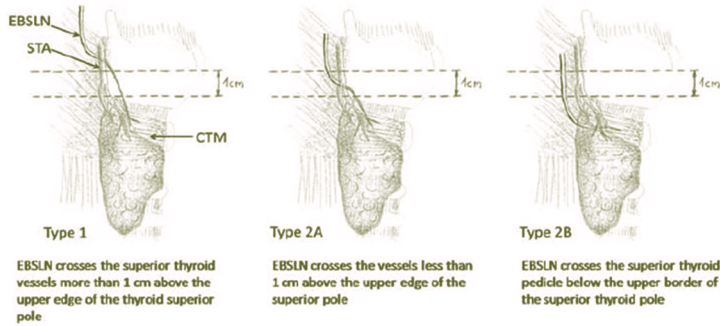
lesiones nerviosas, se han ido desarrollado diversos mecanismos: 1) dispositivos que registran los cambios de presión en el balón del tubo endotraqueal; 2) métodos de visualización mediante un endoscopio para observación directa del movimiento de las cuerdas vocales; 3) sistemas de estimulación eléctrica para observación y palpación de los aritenoides en el área retrocricoides; 4) técnicas electromiográficas ya sea con la inserción de agujas sobre los músculos efectores de la laringe o bien con electrodos de superficie de contacto para el registro de ondas de despolarización y sonido, que confirme la integridad del circuito. (12)

La neuromonitorización, en la práctica clínica como la conocemos hoy día (NMIO) ha sido introducida en las dos últimas décadas, aunque muchos dispositivos fueron creados en la década de 1970. BARWELL (13), fue el pionero en la utilización del monitor de integridad nerviosa (NIM), que modificado posteriormente ha permitido su uso rutinario en cirugía de cabeza y cuello.

En la actualidad tras años de controversia, pero destacando las ventajas de la identificación visual del nervio laríngeo recurrente durante la tiroidectomía, (14) se considera que *la neuromonitorización constituye el complemento ideal al gold standard en las tiroidectomías*, (15) y está siendo utilizada en Estados Unidos por el 53% de los cirujanos generales y 65% de los otorrinolaringólogos; y en Europa, por el 92% cirujanos alemanes de forma rutinaria, siendo recomendado por la German Guidelines y el International Neural Monitoring Study Group en todos los casos

La Guía Clínica de la American Academy of Otolaryngology and Head and Neck Surgery (AAOHNS) sugiere su *utilidad* en: 1) mejora del tiempo de identificación del nervio laríngeo recurrente; 2) reducción de la tasa de parálisis temporales; 3) disminución de parálisis bilaterales a través del pronóstico postoperatorio de la función de la cuerda vocal; e indican que

**Cerneja EBSLN classification scheme:**



**Kierner's EBSLN classification scheme:**

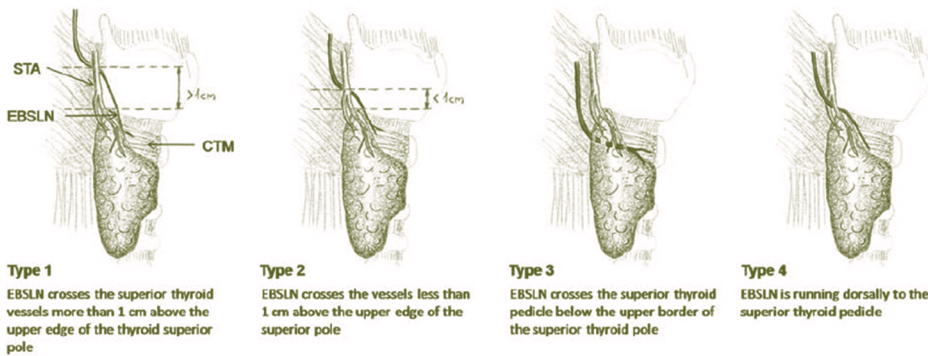
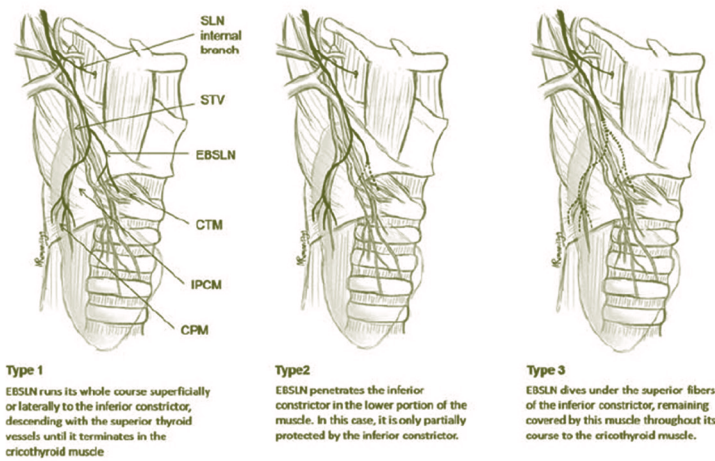
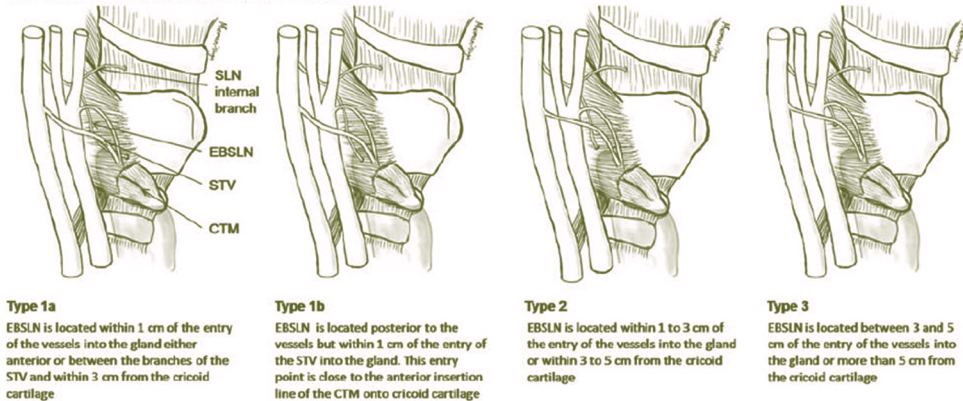


Fig. 2.— Clasificación de Cerneja; Kierner; Friedman y Selvan (28)

**Friedman's EBSLN classification scheme:**



**Selvan's EBSLN classification scheme:**



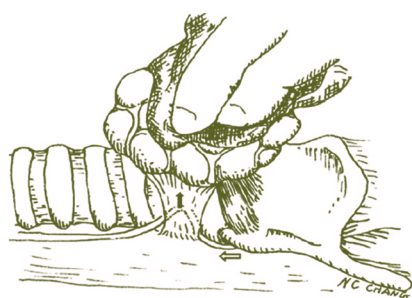


Fig. 3.— Mecanismos posibles de lesión nerviosa durante la cirugía tiroidea.

la neuromonitorización es de especial utilidad en: 1) cirugía tiroidea bilateral; 2) revisiones de cirugía tiroidea, y 3) cirugía con parálisis previa del nervio recurrente.

La American Thyroid Association la recomienda para confirmar la integridad nerviosa en el tratamiento quirúrgico del bocio, y la Guía Clínica de la American Head and Neck Society, en todos los casos de tratamiento quirúrgico del cáncer de tiroides. (16)

### Neuromonitorización intraoperatoria intermitente

La Neuromonitorización intraoperatoria (NMIO) realizada de modo intermitente permite la construcción del mapa de localización topográfica del nervio laríngeo recurrente durante la ejecución de la técnica quirúrgica, de modo complementario a la obligada identificación anatómica del nervio durante la disección, permitiendo trazar el recorrido y trayecto de sus ramas, (*mapping*) y proporcionando una valoración funcional, igual que sucede en otro campo, como la cirugía del nervio facial.

El desafío técnico desde el punto de vista quirúrgico se produce ante la divergencia existente, por el hecho constatado en neurofisiología, de que «conservación anatómica del nervio (por identificación visual) no es equivalente con su integridad funcional», por lo cual en la práctica clínica la parálisis puede existir a pesar de que se aprecie que el nervio se encuentra anatómicamente intacto. Esto desaparece cuando se utiliza, la NMIO y se realiza el registro electromiográfico de la contracción de las cuerdas vocales en forma de potenciales de acción que permiten cuantificar la latencia y amplitud de las ondas. (17)

La incidencia de lesiones del nervio laríngeo recurrente es más elevada en centros no especializados, pero por lo general se admite una frecuencia media de parálisis temporales tras

tiroidectomía de 10.9% aunque con grandes posibilidades de recuperación en un periodo de tiempo que puede alcanzar hasta seis meses de evolución; en cambio la tasa de parálisis definitivas entre equipos con experiencia y con mayor casuística, oscila entre el 0.3 y 0.5% con nervios en riesgo, y el 3%. En patología benigna, la incidencia de parálisis temporales varía entre el 2.3 y 2.9% y entre el 12.8 y 15.4% o más alta, tras tiroidectomías por cáncer de tiroides. (16).

La neuromonitorización, para una realización correcta requiere la verificación de cuatro puntos:

#### 1. Laringoscopia pre y postoperatoria

Durante el preoperatorio es la piedra angular para la correcta interpretación de las señales de NMIO, no solo porque detecta asintomáticas parálisis de cuerdas vocales previas a la cirugía, sino porque proporciona la base de interpretación de los resultados laringoscópicos postoperatorios.

Tras la intervención quirúrgica, si no se realiza laringoscopia postoperatoria, no es posible diagnosticar la alteración funcional de la cuerda/s, ni justificar la recuperación de la voz que puede producirse tras un tiempo más o menos largo (puede durar varios meses), ya sea porque se ha recuperado la neura-praxia originada por desmielinización segmentaria, o porque se ha ocasionado una lesión más importante (axonotmesis o neurotmesis) que ha sido compensada por la cuerda vocal contralateral, siendo diagnosticada en principio de forma errónea como parálisis temporal, lo que realmente correspondía con una parálisis definitiva.

#### 2. Funcionamiento del equipo de registro; protocolo de anestesia y colocación del tubo traqueal

Antes de la intervención, deben comprobarse los componentes del circuito, electrodo, y conexiones teniendo muy en cuenta la correcta posición del tubo endotraqueal en la comisura bucal, por las posibles dislocaciones, desplazamientos o movimientos de rotación que pueda sufrir durante las maniobras quirúrgicas. El óptimo ajuste entre las cuerdas vocales viene indicado por la impedancia que debe ser  $< 5 \text{ k}\Omega$  con una diferencia menor de  $1\Omega$  entre cada electrodo.

Los relajantes musculares interfieren con la señal de transmisión y pueden alterar la señal de registro al reducir la amplitud de la onda, por lo que deben emplearse para la intubación, relajantes musculares no despolarizantes de vida media corta, que deben ser evitados posteriormente durante el transcurso de la operación. El umbral de estimulación debe situarse a  $200 \mu\text{V}$  para asegurar que no hay interferencia con las ondas respiratorias de bajo nivel, que podrían obstaculizar el registro de las señales de neuromonitorización.

#### 3. Umbral máximo de estimulación del nervio vago y laríngeo recurrente

El estímulo mínimo de corriente necesario para producir la contracción de la pared posterior de la laringe (*laryngeal twitch*) está situado entre 0.36 a 0.39 mA., alcanzando la señal de la amplitud y la correspondiente contracción laríngea y registro de onda, con una corriente entre 0.5-1.0 mA., y el umbral supramáximo de estimulación entre 1.0-2.0 mA.

#### 4. Evaluación de la función del nervio laríngeo recurrente antes, durante y después de la resección

Al comienzo y término de la intervención la estimulación del nervio vago es el momento más válido para: a) comprobar el equipamiento técnico y la metabolización del relajante muscular; y b) clarificar el funcionamiento y el curso completo del nervio recurrente.

Durante la resección, la estimulación del nervio se emplea para identificar las variantes del nervio laríngeo recurrente (ramas extralaríngeas y curso no recurrente) y la función del nervio a nivel de la estimulación, distinguiendo otras estructuras anatómicas con las que puede confundirse morfológicamente. (vasos sanguíneos).

En general, la estimulación nerviosa debe realizarse: 1) En el nervio vago; y 2) En el centro del campo quirúrgico cerca de la línea de resección glandular donde el nervio tiene el mayor riesgo de ser lesionado. Por estas razones, la estimulación del nervio vago es ideal para la valoración de la función total del nervio laríngeo recurrente hasta la laringe, y perfecta para el trazado del recorrido de las variantes típicas y atípicas del nervio.

Los valores normales obtenidos tras un gran estudio multicéntrico (18) y la recogida de una gran muestra poblacional, han sido los siguientes:

*Vago derecho:* Amplitud 512  $\mu$ V (rango entre 168-1593)  
Latencia : 8.59 mseg (rango entre 6.64-11.7)

*Vago izquierdo:* Amplitud 469  $\mu$ V (rango entre 138-1241)  
Latencia : 9.38 mseg (rango entre 7.42-11.7)

Como es conocido el NLR derecho y NLR izquierdo son diferentes, al tener el izquierdo un curso más largo (latencia 9.38 mseg) por recurrir en el *ligamento arterioso* del arco aórtico, mientras el derecho (latencia 8.59 mseg) lo hace en la primera parte de la arteria subclavia. También hay que considerar, que la bifurcación extralaríngea del NLR puede suceder en el 70% de los casos, habitualmente a nivel del ligamento de Berry, y en los últimos 1-2 cm antes de su entrada en la laringe, lo que hace que esta zona sea de alto riesgo.

Durante la disección, la importancia de *las ramas anterior y posterior de la bifurcación extralaríngea* y su relación con la parálisis del NLR ha sido poco tratada. Las fibras motoras se encuentran localizadas en la rama anterior para la aducción y abducción de la laringe, y no en la rama posterior, por lo que se destaca una vez más la importancia de la identificación anatómica, ya que cuando se ha reconocido la rama anterior es más difícil lesionar la rama posterior si se ha practicado la correcta disección capsular; en cambio el error grave puede venir de la mala interpretación inicial del hallazgo de la rama posterior y pensar que se trata de la rama motora, o cuando el NLR tiene un diámetro pequeño y aún no se ha bifurcado.

SERPELL (2009) (19) en lo que considera el primer estudio con neuromonitorización de las ramas del NLR, hizo patente la importancia de la técnica en la identificación de la bifurcación del nervio, (ramas extralaríngeas) que localiza bilateralmente y sitúa de modo más frecuente en los últimos 26 mm hasta la entrada a la laringe, identificando la rama an-

terior (motora) en esta zona de alto riesgo, (100% de los casos) que de otro modo (localización visual) además, no podría registrarse.

Las publicaciones realizadas sobre neuromonitorización intraoperatoria también merecen una consideración particular, pues en determinados trabajos se aprecia, como se vuelcan matices no carentes de intereses e interpretaciones diversas, muchas veces apoyados en metanálisis, a veces de agencias, que deben ser ponderados con moderación, pues se llega a apreciar en algunos tras análisis más detallado, que existen factores de sesgo importante donde se incluyen grupos heterogéneos, insuficientes desde el punto de vista del tamaño muestral, carentes de rigor metodológico, y hasta estudios randomizados y no randomizados (12),(21) que fracasan en el intento de valorar la incidencia de lesiones temporales y permanentes.

También, la definición de «nervios en riesgo» es variable, pero por lo general las series coinciden en incluir en esta terminología a las tiroidectomías totales, reintervenciones, bocios de gran volumen o bocios intratorácicos, enfermedad de Graves o cáncer avanzado, aunque en países como Alemania, la neuromonitorización es recomendada en todos los casos.

BARCZYNSKY(21), con una muestra de 1.000 pacientes, con un número similar (500 paciente en cada brazo de muestra) con y sin neuromonitorización en estudio randomizado concluye, que el número de parálisis temporales era menor si era utilizada (1.9 vs. 2.4%), con diferencia estadísticamente significativa, en cambio la incidencia de parálisis permanente era similar en ambos grupos (0.8 vs 1.2%). Entre los subgrupos de bajo riesgo no hubo diferencias entre parálisis temporales y definitivas, (1.8 vs 2.8%) lo que sí ocurría cuando eran nervios en alto riesgo (2.0 vs 4.9%).

En resumen, la valoración de la neuromonitorización intraoperatoria intermitente, resulta de notable ayuda para la identificación del NLR complementando la identificación visual y alcanzando su valor máximo en situaciones de «nervios en riesgo» al incrementar la seguridad del cirujano en la ejecución de la técnica, por lo que su utilización es recomendable en cirugía tiroidea.

La rama externa del nervio laríngeo superior (RENLS) puede ser lesionada (58%) durante la disección y ligadura de los vasos del polo superior del tiroides aunque su detección está obstaculizada por los variados, sutiles síntomas y cambios de la laringoscopia postoperatoria. El nervio laríngeo superior inerva al músculo cricotiroideo, y su lesión origina incapacidad para hablar en voz alta, o emitir sonidos de alta frecuencia, lo que puede ser muy significativo en determinadas profesiones.(22) La localización ha sido ampliamente descrita en múltiples estudios anatómicos (8), y han sido realizadas muchas clasificaciones (fig. 2) en relación con su situación y la posición de la arteria tiroidea superior o el constrictor inferior de la faringe, ya que en el 85% se sitúa lateral a dicho músculo.

CERNEA(9) realiza una clasificación basada en la posición del nervio con respecto al pedículo vascular tiroideo superior, situándolo en: a) *tipo 1*, localizado 1 cm por encima, del punto de bifurcación de la arteria tiroidea superior; b) *tipo 2a*, en el centímetro de distancia entre el punto anterior y el vértice de la glándula; c) *tipo 2b*, por debajo del polo superior de la glándula, aunque con variable situación según el volumen haga

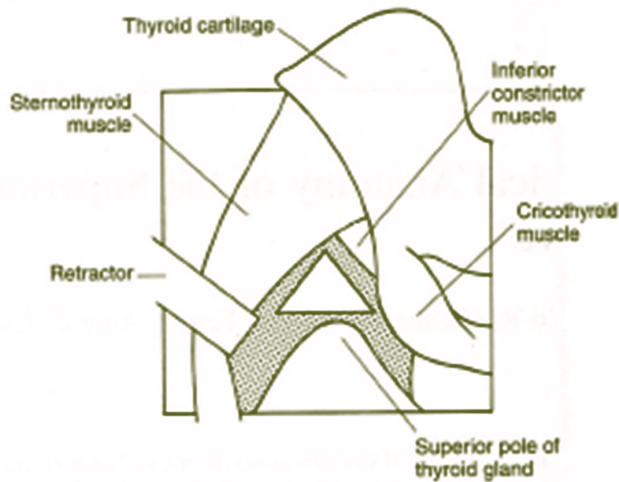


Fig. 4.— Localización del nervio laríngeo superior entre esternotiroideo, músculo constrictor inferior de la faringe, cricotiroideo y vértice del lóbulo tiroideo

ascender el vértice, siendo por ello recomendable identificarlo debajo del músculo esternotiroideo, junto a su inserción, y antes de seccionar los elementos vasculares del pedículo superior (fig. 1).

La gran ventaja que ofrece la Neuromonitorización intraoperatoria consiste en que permite la identificación de la rama externa del nervio laríngeo superior en (RENLS) a través de la contracción del músculo cricotiroideo (100 %), con una incidencia muy superior a la alcanzada por identificación visual, ya que el 20 % discurre en la profundidad de la fascia del constrictor inferior y por ello no puede ser visualizado.

La estimulación junto a la inserción del músculo esternotiroideo puede ser monitorizada y se considera una estrategia quirúrgica obligada y segura para la disección del polo superior (23),(24). Resulta conveniente a veces la sección del extremo del músculo que permite por disección roma dentro del plano avascular del triángulo laringo-esternotiroideo que mejora la exposición del nervio discurrendo paralelo a la arteria tiroidea superior (fig. 4).

La actividad electromiográfica de la rama externa del nervio laríngeo superior (RENLS), puede ser cuantificada en el 80%, a pesar de ser una rama de inervación motora única para el músculo cricotiroideo. Esto es posible gracias a la interconexión motora entre dicha rama y el nervio laríngeo recurrente (NLR) dentro de la laringe, descrita en necropsias como «nervio comunicante» que juega el papel de segundo recurso motor de inervación del músculo tiroaritenotiroideo y justifica que los estudios previos elaborados sobre el diferente posicionamiento que se aprecia tras parálisis de las cuerdas vocales, según la interpretación de determinadas teorías de inervación, resulten actualmente obsoletas, y que gracias a la realización de registros electromiográficos pueda establecerse que las conexiones entre los nervios laríngeos (por el «nervio comunicante») proporcionan suplencia motora y son responsables de las movilidad de las cuerdas, del caprichoso posicionamiento y del variable registro de neuromonitorización a pesar de la misma lesión nerviosa, DILWORTH, (25), SAÑUDO (26), MARANILLO (27), MARTÍN OVIEDO (28) (fig. 5).

La identificación del nervio laríngeo superior (RENLS) es del 34% sin neuromonitorización versus 84% con neuromonitorización teniendo en cuenta que solo por la identificación visual en muchos ocasiones estructuras no neurológicas y fibras tendinosas son erróneamente asumidas como tales, lo que se demuestra por la falta de potenciales de acción al ser estimuladas. Las lesiones temporales están en el 58% de los casos y 3.8% las definitivas(29)

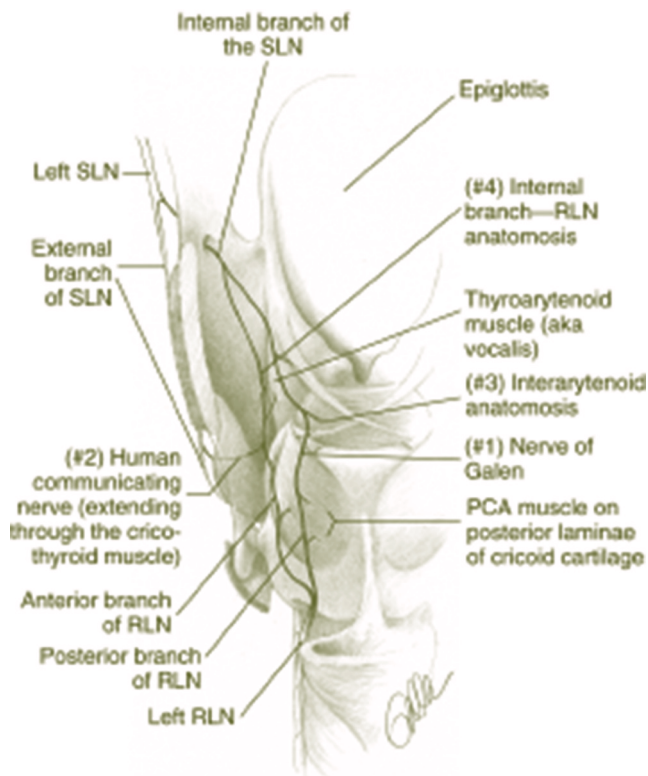


Fig. 5.— Nervio «comunicante humano». (Randolph GW. Surgery of the thyroid and parathyroid glands. Philadelphia, PA: Saunders, 2.013)

### Neuromonitorización intraoperatoria continua

Como se ha dicho, la neuromonitorización intermitente permite la localización de anomalías y del trayecto del nervio laríngeo recurrente y de sus ramas, así como de la rama externa del laríngeo superior, y es el complemento excelente a la identificación visual del nervio sobre todo en situaciones de riesgo, como bocios de gran volumen, intratorácicos, hiperfuncionantes, neoplásicos o tiroidectomías totales; aunque en su contra como es lógico suponer, tiene la limitación de no

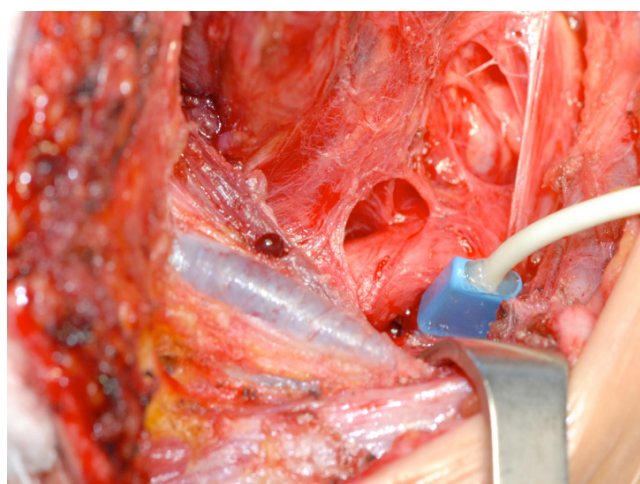
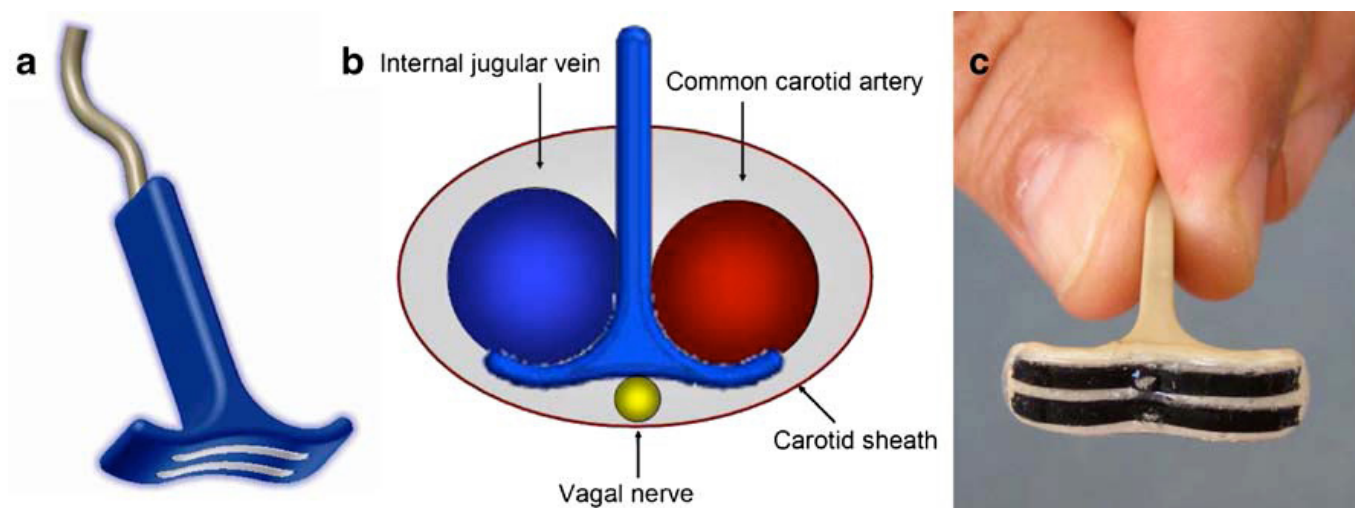


Fig. 6.— Monitorización continua con electrodo «ancla» en cáncer de tiroides. (A. Jiménez et al., 22-6-2.010) (Dr. Langer-Medical)

poder prevenir y por lo tanto informar al cirujano anticipadamente del peligro inminente de lesión nerviosa, circunstancia que puede producirse siempre entre dos estimulaciones en el transcurso de una intervención quirúrgica. (30)

Las *ventajas* que ofrece la neuromonitorización continua a través de la estimulación del nervio vago, permiten registrar de forma permanente la integridad funcional del nervio durante el curso de la cirugía virtualmente en tiempo real (16), (31), e identificar las señales asociadas con una posible lesión inmediata, sin que ello produzca mediante su aplicación efectos contraproducentes destacables, neurales, cardíacos, pulmonares o gastrointestinales(32).

Su aplicación *permite* de forma precisa analizar los *cambios electromiográficos que se producen*: a) registro de eventos considerados adversos, asociados a una *inminente* parálisis de una cuerda; b) apreciación fácil de forma directa *por el cirujano* de los cambios electromiográficos que se originan durante la intervención quirúrgica, y c) resolución del registro de efectos adversos con la *modificación de las maniobras quirúrgicas*. Igualmente debe diferenciar los cambios que traducen una

inminente lesión neural con una malposición del tubo endotraqueal u otros problemas del equipo.

En el *concepto de efectos adversos electromiográficos* sobre las señales de amplitud y latencia de las ondas de los potenciales evocados por estimulación del nervio vago se consideran:

*Evento leve*: Descenso de la amplitud del 50%-70% con una latencia concordante incrementada de un 5-10%.

*Evento severo*: Descenso de la amplitud >70% con una latencia concordante incrementada >10%.

*Pérdida de señal*: Pérdida completa de señal electromiográfica con amplitud <100  $\mu$ V.

Uno de las causas más frecuentes de alteraciones electrofisiológicas ampliamente estudiada en animales de experimentación lo constituye *la tracción* con inmediato descenso de la amplitud (40-60%) y aumento de la latencia (cerca del 15%) que de persistir, acarrea pérdida de la señal. A nivel del tiroides, en el ser humano y de forma indirecta, este mecanismo puede estar producido sobre todo por el ligamento de Berry y el estiramiento del nervio a la entrada de la laringe, sobre todo de la rama anterior motora que a este nivel resulta especialmente vulnerable (fig. 3).

El *mecanismo intrínseco de la lesión axonal*, no está dilucidado. Las fibras colágenas del perineuro se espera que puedan modificar el impacto del mecanismo de estiramiento del nervio, sin embargo puede originarse ruptura de la membrana celular o de la vaina de mielina, y esto hace (in vitro), que la entrada de Calcio ocasione lesión del axón. Si se prolonga la tracción se agrava el acúmulo de Sodio intracelular y se retrasa la recuperación, con lo cual al no encontrarse totalmente activa la bomba Sodio/Potasio descende la producción de ATP, y una respuesta de magnitud normal puede estar seguida de un periodo de bloqueo de la conducción. Esta explicación aunque simplista no tiene en cuenta posibles alteraciones en la unión neuromuscular. Si el acúmulo intraaxonal de Sodio disminuye la recaptación de colina y descende la síntesis y almacenamiento de acetilcolina, se puede originar fatiga del nervio y una respuesta electromiográfica intermitente (30).

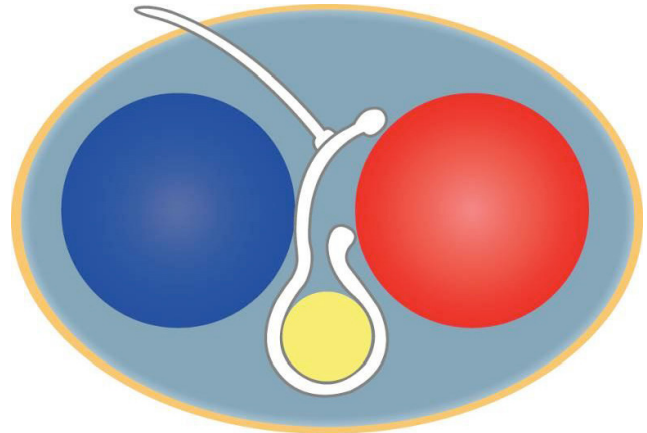
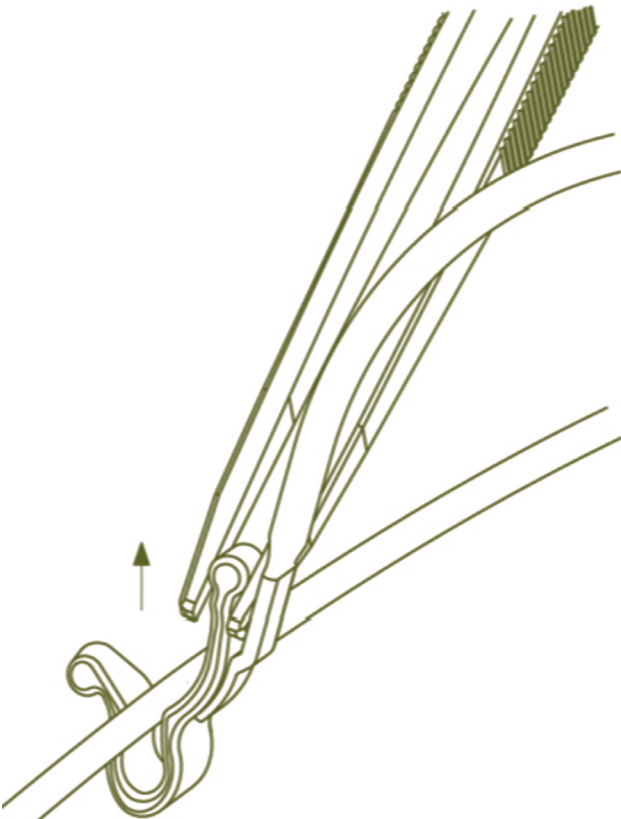
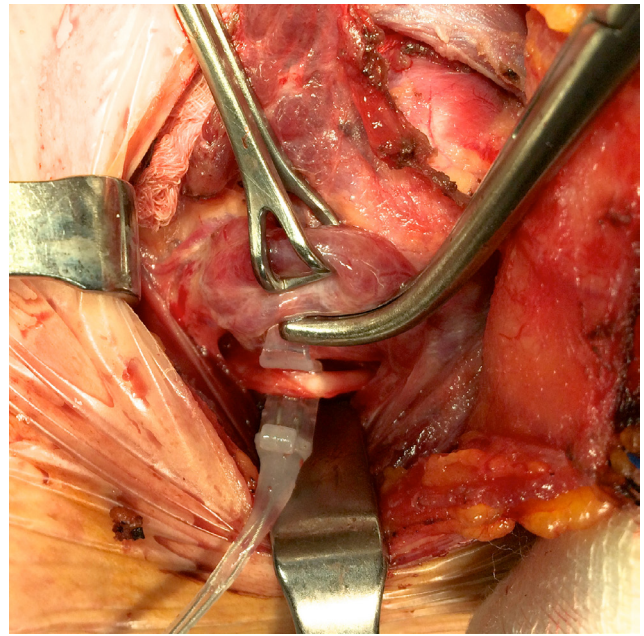
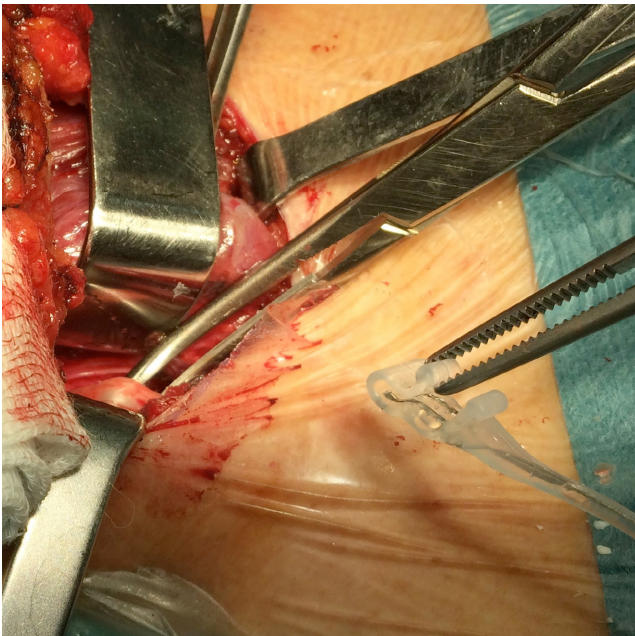


Fig. 7.



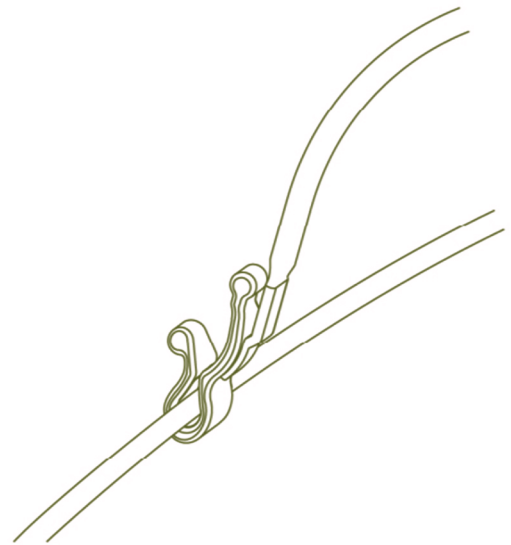
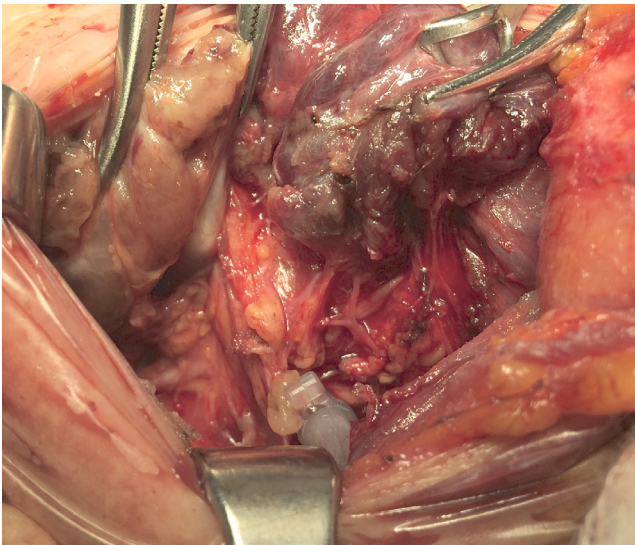


Fig. 7.— Monitorización continua con electrodo «saxofón». Detalles de la colocación en el nervio vago. (A. Jiménez et al., 2.014) (Dr. Langer Medical®, GmbH, Fabrik Sonntag Haus 4a, 79183, Waldkirch, Alemania)

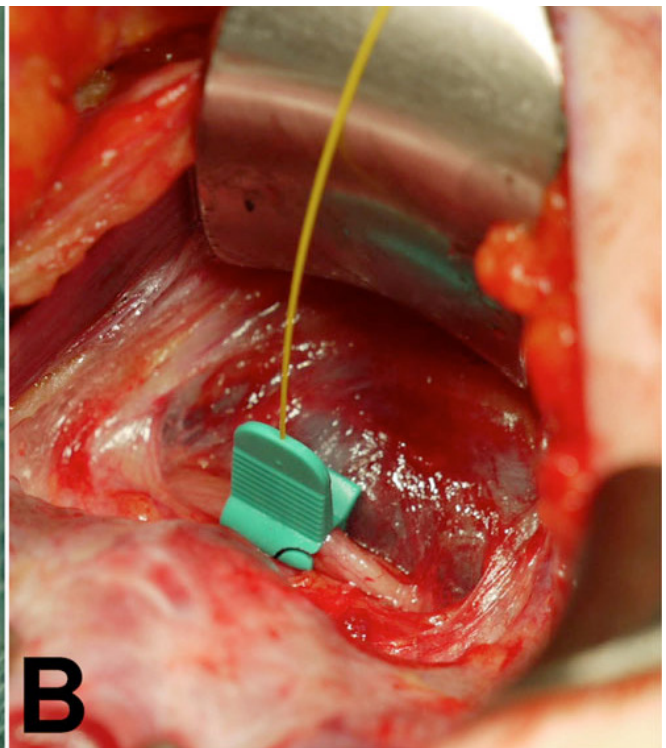
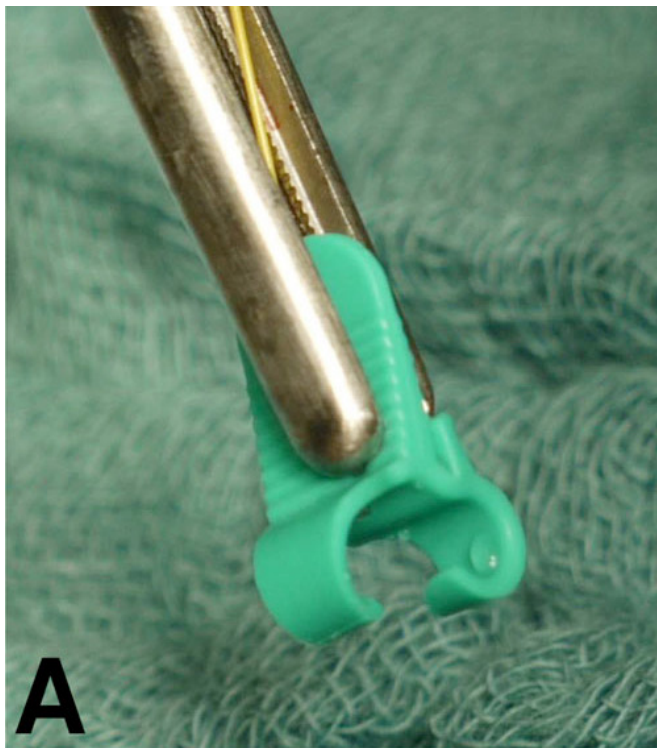


Fig. 8.— Monitorización continua con electrodo «APS». Detalles de la colocación en el nervio vago. (R. Schneider, Head&Neck, Noviembre 2.013) (Medtronic®, Jacksonville, FL)

La metodología para la monitorización continua no ofrece dificultades, pues inicialmente se siguen las mismas normas pre, postoperatorias y anestésicas descritas que en la neuromonitorización intermitente, y la diferencia consiste en la aplicación del electrodo de estimulación del nervio vago, que requiere la apertura de la vaina carotídea, y la disección tras identificar el nervio vago al menos de 1 cm.

Muy recientemente se han creado diversos dispositivos para la estimulación del nervio vago, unos abiertos de contacto apoyados sobre el nervio, (en forma de ancla, lazo, saxofón) y otros cerrados que engloban al nervio en un estuche que se cierra en forma de pinza, estando actualmente disponibles, el electrodo APS, cerrado, (Medtronic®, Jacksonville, FL) y el saxofón, abierto, (Dr. Langer Medical®, GmbH, Fabrik Sonntag Haus 4a, 79183, Waldkirch, Alemania) (figuras 6, 7 y 8).

En resumen, el sistema de monitorización continua ofrece grandes posibilidades, pues el sistema no solo permite la localización de la lesión, sino que proporciona la enorme potencialidad de detectar anticipadamente las agresiones que de perseverar puedan conducir a una parálisis de las cuerdas vocales. Hasta el momento existen pocos estudios; sin embargo la fácil disponibilidad de estos mecanismos permitirá ampliar la experiencia y analizar mejor las características de las ondas y de la recuperación tras los diversos mecanismos de agresión.

## Bibliografía

- Sinagra DL, Montesinos MR, Tacchi VA, et al. (2004) Voice changes after thyroidectomy without recurrent laryngeal nerve injury. *J Am Coll Surg* 556-560.
- Lahey FH, Hoover WB. (1938) Injuries to the recurrent laryngeal nerve in thyroid operations: their management and avoidance. *Ann Surg* 108:545-562.
- Riddell V (1970) Thyroidectomy: prevention of bilateral recurrent nerve palsy. Results of identification of the nerve over 23 consecutive years (1946-69) with a description of an additional safety measure. *Br J Surg* 57:1-11
- Mountain JC, Stewart GR, Colcock BP. (1971) The recurrent laryngeal nerve in thyroid operations. *Surg. Gynecol Obstet* 133:978-980
- Faaborg-Andersen (1957) Electromyographic investigation of intrinsic laryngeal muscles in humans. *Acta Physiol Scand* 41 (Suppl):140
- Sheed DP, Burget GC, Haven N (1966) Identification of the recurrent laryngeal nerve. *Arch Surg* 92:861-864.
- Flisberg K, Lindholm T (1969) Electrical stimulation of the human recurrent laryngeal nerve during thyroid operation. *Acta Otolaryngol Supp* 263:63-7
- Lennquist S, Cahlin C., Smeds S (1987) The superior laryngeal nerve in thyroid surgery. *Surgery* 102:999-1008
- Cernea C., Ferraz AR., Nishio S., Dutra A. Jr., Hojaij FC., dos Santos LR (1992) Surgical anatomy of the external branch of the superior laryngeal nerve. *Head Neck* 14:380-383
- Snyder SK, Lairmore TC, Hendricks JC, Roberts JW (2008) Elucidating mechanisms of recurrent laryngeal nerve injury during thyroidectomy and parathyroidectomy. *J Am Coll Surg* 206(1):123-130
- Chiang FY; Lu IC, Kuo WR, Lee KW, Chang NC, Wu CW (2008) The mechanism of recurrent laryngeal nerve injury during thyroid surgery: the application of intraoperative neuromonitoring. *Surgery* 143:743-749
- Sanabria A, Silver CE, Suárez C, Shaha A, Khafif A, Owen RP, Rinaldo A, Ferlito A (2013) Neuromonitoring of the laryngeal nerves in thyroid surgery: a critical appraisal of the literature. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 270:2383-2395.
- Barwell J, Lytle J, Page R, Wilkins D (1997) The NIM-2 nerve integrity monitor in thyroid and parathyroid surgery. *Br J Surg* 84:854
- Sancho JJ, Pascual-Damieta M, Pereira JA, Carrera MJ, Fontané J, Sitges-Serra A (2008) Risk factors for transient vocal cord palsy after thyroidectomy. *Br J Surg* 95:961-967.
- Dralle H, Sekulla C, Lorenz K; Thanh Nguyen P, Schneider R, Machens A (2012) Loss of the nerve monitoring signal during bilateral thyroid surgery. *Br J Surg* 99:1089-1095
- Phelan E, Schneider R, Lorenz K, Dralle H, Kamani D, Potenza A, Sritharan N, Shin J, Randolph G.W (2013) Continuous Vagal IONM prevents recurrent laryngeal nerve paralysis by revealing initial EMG changes of impending neuropraxia: a prospective, multicenter study. *Laryngoscope* 00:1-8
- Serpell JW, Phan D. Safety of total thyroidectomy (2007) *ANZ J Surg* 77:15-19
- Lorenz K, Sekulla C, Schelle J, Schmeiß B, Brauckhoff M, Dralle H and German Neuromonitoring Study Group (2010) What are normal quantitative parameters of intraoperative neuromonitoring (IONM) in thyroid surgery? *Langenbecks Arch Surg* 395:901-909
- Serpell JW, et al. (2009) The motor fibers of the recurrent laryngeal nerve are located in the anterior extralaryngeal branch. *Annals of Surgery* 249(4):648-652
- Higgins TS, Gupta R, Ketcham AS et al. (2011) Recurrent laryngeal nerve Monitoring versus identification alone on postthyroidectomy true vocal fold palsy: a meta-analysis. *Laryngoscope* 121:1009-1017
- Barczynski M, Konturek A, Cichon S (2009) Randomized Clinical trial of visualization versus neuromonitoring of recurrent laryngeal nerves during thyroidectomy. *Br J Surg* 96:240-246
- Sinagra DL, Montesinos MR, Tacchi VA et al. (2004) Voice changes after thyroidectomy without recurrent laryngeal nerve injury. *J Am Coll Surg* 199:556-560
- Pagedar NA, Freeman JL, FRCSC. (2009) External branch of the superior laryngeal nerve. *Operative Technique in Otolaryngology*. 20:35-38
- Potenza AS, Phelan EA, Cernea CR, Slough CM, Kamani DV, Darr A, Zurakowski D, Randolph GW (2013) Normative intra-operative electrophysiologic waveform analysis of superior laryngeal nerve external branch and recurrent laryngeal nerve in patients undergoing thyroid surgery. *World J Surg* 37:2336-2342
- Dilworth TFM (1921) The nerves of the human larynx. *J Anat* 56:48-52
- Sañudo JR, Marañillo E, Leon X, Mirapeix M, Orús C, Quer M (1999) An anatomical study of anastomosis between the laryngeal nerves. *Laryngoscope* 109:983-987
- Marañillo E, León X, Quer M, Orús C, Sañudo JR (2003) Is the external laryngeal nerve an exclusively motor nerve? The cricothyroid connection branch. *Laryngoscope* 113:525-529
- Martin-Oviedo C, Marañillo E, Lowy-Benoliel A, Pascual-Font A, Martínez-Guirado T, Rodríguez-Niedenführ M, Sañudo J, Scola B, Vazquez T (November 2.011) Functional role of human laryngeal nerve connections. *Laryngoscope* 121:2338-2343
- Barczynski M, Randolph GW, Cernea CR et al. with the International Neural Monitoring Study Group (September 2.013) External branch of the superior laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery: International Neural Monitoring Study Group standards guideline statement. *Laryngoscope* 123:S1-S14.
- Schneider R, Bures C, Lorenz K, Dralle H, Freissmuth M, Hermann M (2013) Evolution of nerve injury with unexpected EMG signal recovery in thyroid surgery using continuous intraoperative neuromonitoring. *World J Surg* 37:364-368
- Schneider R, Randolph GW, Sekulla C, Phelan E, Nguyen Thanh P, Bucher M, Machens A, Dralle H, Lorenz K (November 2.013) Continuous intraoperative vagus nerve stimulation for identification of imminent recurrent laryngeal nerve injury. *Head & Neck-DOI* 10.1002/Head 1591-1598
- Ulmer CH, Friedrich C, Kohler A, Rieber F, Basar T, Deuschle M, Thon KP, Lamadé W (July 2.011) Impact of continuous intraoperative neuromonitoring on autonomic nervous system during thyroid surgery. *Head & Neck-DOI* 10.1002/head 976-984