

Neuromonitorización de los nervios laríngeo recurrente y vago en cirugía de tiroides y paratiroides: evolución histórica y estado actual de la técnica

Neuromonitoring of the recurrent laryngeal and vagus nerves in thyroid and parathyroid surgery: historical evolution and current state of the art

Manuel A. Villar* , Dr. José M. Fernández Cebrián** 

*Servicio de Cirugía General. Hospital Churrua Visca. Buenos Aires. Argentina.

**Servicio de Cirugía General y Digestivo. Hospital Ramón y Cajal. Madrid. España.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Conflicts of interest
None declared.

Correspondencia
Correspondence:
Manuel A. Villar
E-mail:
alevillar38@hotmail.com

RESUMEN

La neuromonitorización de los nervios laríngeo recurrente y vago ha evolucionado significativamente desde sus inicios, y se convirtió en una herramienta esencial en la cirugía de tiroides y procedimientos asociados. Este artículo describe la historia de la neuromonitorización, su desarrollo tecnológico y su aplicación clínica actual. Se revisan las técnicas utilizadas, la importancia de la neuromonitorización del nervio recurrente laríngeo y del nervio vago, y se analizan las mejores prácticas y los desafíos que enfrentan los cirujanos en la actualidad. A través de una consulta extensa y actualizada de las publicaciones sobre el tema, se ofrece una perspectiva sobre el futuro de la neuromonitorización en el campo quirúrgico. La necesidad de una formación adecuada y de la integración de nuevas tecnologías es fundamental para optimizar los resultados en los pacientes y en la formación y entrenamiento de especialistas.

■ **Palabras clave:** *nervio recurrente, nervio vago, neuromonitorización intermitente, neuromonitorización continua, parálisis de cuerda vocal, electromiografía, cirugía de tiroides, lesión nerviosa.*

ABSTRACT

Neuromonitoring of the recurrent laryngeal and vagus nerves has evolved significantly since its inception, and it has become an essential tool in thyroid surgery and associated procedures. This article describes the historical evolution of neuromonitoring, its technological development, and its implementation in current medical practice. The review includes the techniques used and the importance of neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve and vagus nerve. In addition, best practices and challenges currently faced by surgeons are analyzed. Through an extensive and up-to-date review of publications on the subject, this article offers an outlook on the future of neuromonitoring in the surgical field. The need for adequate training and integration of new technologies is essential to optimize patients' outcomes and the education and training of specialists.

■ **Keywords:** *recurrent laryngeal nerve, vagus nerve, intraoperative neuromonitoring, intermittent neuromonitoring, continuous neuromonitoring, electromyography, vocal cord paralysis, thyroid surgery, nerve injury.*

Recibido | *Received*
13-03-25
Aceptado | *Accepted*
19-05-25

ID ORCID: Manuel A. Villar, 0009-0008-3597-1882; José M. Fernández Cebrián, 0000-0003-2188-5007.

Introducción: importancia y beneficios en la cirugía endocrina moderna

La neuromonitorización intraoperatoria (IONM, por sus siglas en inglés *IntraOperative Neural Monitoring*) se utiliza desde hace décadas para la localización, evaluación funcional y detección temprana de complicaciones de distintas estructuras neurales, en cirugía endocrinológica, base del cráneo, columna vertebral, vascular periférica, cirugía ortopédica, otorrinolaringología y urología^{1,2}.

En cirugía de tiroides y paratiroides es un complemento en la identificación visual del circuito laríngeo recurrente-vago, agrega dinámica funcional, información en tiempo real del estado neural y ayuda a la toma de decisiones durante la cirugía. El objetivo más importante del método es identificar cambios en la función nerviosa antes del daño irreversible.

Si recorremos en forma preliminar las distintas publicaciones en cuanto a esta modalidad, Barczyński y cols., entre otros, en un ensayo controlado aleatorizado sobre 1000 pacientes, informaron que la prevalencia de lesión transitoria del nervio laríngeo recurrente (NLR) fue menor en pacientes que tuvieron monitorización en un 2,9%³.

Sin embargo, distintos metanálisis observados (Higgins, Davey), limitados por diseños de estudio no aleatorizados y uso exclusivo de neuromonitorización nerviosa intermitente (i-IONM), no lograron demostrar la superioridad de la i-IONM sobre la sola identificación visual^{4,5}.

Pisanu y cols. y Henry y cols.^{6,7}, en dos revisiones sistemáticas PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) de metanálisis superpuesto, resumen en forma dispar el estado actual de i-IONM para la prevención de lesiones durante la tiroidectomía: Henry y cols. encontraron que i-IONM no había logrado un nivel significativo de reducción de lesión del NLR, mientras que para Pisanu y cols. sí se había logrado.

De todas maneras, los desarrollos más recientes de IONM, incluida la neuromonitorización intraoperatoria continua (c-IONM) y el concepto de tiroidectomía por etapas en caso de pérdida de señal del primer lado, podrían proporcionar beneficios adicionales y deben evaluarse en futuros ensayos multicéntricos prospectivos⁷.

El objetivo del presente informe fue describir el desarrollo histórico de la técnica hasta nuestros días y analizar, en forma preliminar, los detalles técnicos tanto de la i-IONM del NLR y c-IONM del vago, como métodos de utilización rutinaria en todos los procedimientos quirúrgicos.

De Vesalio a Lahey: del reconocimiento anatómico y funcional hacia los primeros resultados de la cirugía de precisión

A fines del siglo XIX, dos siglos después de la acabada descripción anatómica y funcional de los nervios laríngeos aportada por Vesalio, padre de la anatomía moderna, el reconocimiento durante la disección de estos continuaba siendo un problema, con una alta incidencia de lesiones nerviosas y mortalidad⁸.

Emil Theodor Köcher disminuyó dicha incidencia al hacer hincapié en el reconocimiento y disección del nervio, pero paralelamente la escuela de George Crile recomendaba dejar la cápsula posterior tiroidea, con un porcentaje nada despreciable de lesiones. Lahey, en 1938, informó más de 3000 tiroidectomías. El NLR fue disecado cuidadosamente en todos los casos. La disección del NLR disminuyó notoriamente la tasa de complicaciones y mejoró los resultados⁹.

No obstante, la visualización directa del NLR, no siempre se correlaciona con una intacta función posoperatoria¹⁰ (Fig. 1).

Segunda línea del tiempo: del inicio del conocimiento electrofisiológico de la técnica hasta la aplicación práctica en nuestros días

En 1848 se realizó la primera electromiografía (EMG) y, en 1935, la primera electroencefalografía intraoperatoria (EEG)¹.

Shedd y Durhan, en 1966, evaluaron la respuesta del NLR y nervio laríngeo superior (NLS) utilizando espirografía con balón endolaríngeo¹¹.

Riddell, en 1946 y 1969, describieron la palpación laríngea con estimulación del nervio¹⁰, Galiván y Galiván, en 1986, lo identificaron estimulando con 0,5-2,0 miliamperios (mA) y palpando el músculo cricoaritenoides posterior¹² (Fig. 2).

Se han utilizado distintos dispositivos invasivos y no invasivos, desde la monitorización de presión glótica, observación directa, electrodos sobre cuerdas vocales (CV) intramusculares endoscópicos, electrodos de superficie sobre tubo endotraqueal, electrodos bipolares colocados a través de la membrana cricotiroidea y electrodos de superficie en contacto con músculos poscricoides²⁻¹³. En 2006 se fundó el Grupo Internacional de Estudio de Monitoreo Neural (INMSG, por sus siglas en inglés *International Neural Monitoring Study Group*), y publicó las directrices sobre la neuromonitorización del NLR y rama externa del NLS¹⁴.

■ FIGURA 1



Historia de la anatomía del NLR en una línea de tiempo, de Vesalio con su descripción anatómica y funcional al inicio de la cirugía moderna

■ FIGURA 2



Hitos históricos en una línea de tiempo de la neuromonitorización neural

Aspectos técnicos de la neuromonitorización en cirugía tiroidea y paratiroidea

Los electrodos de superficie sobre tubo endotraqueal constituyen el método no invasivo aceptado para IONM del NLR y vago, que detecta respuestas reflejadas en la EMG²⁻¹³⁻¹⁵.

Se utilizan electrodos adhesivos delgados colocados sobre el tubo. Los electrodos de tierra se pueden colocar en el hombro o el esternón.

Los electrodos para estimulación pueden ser monopolares o bipolares. Los bipolares pueden ofrecer la ventaja de una mayor sensibilidad a través de la estimulación nerviosa focal.

Previo al inicio de la actividad neural, descartar bloqueo neuromuscular por fármacos anestésicos y el funcionamiento del equipo, revisar la correcta impedancia y al menos dos a tres canales en funcionamiento.

Los equipos proporcionan información en forma de onda visual y audio, a través de onda evocada. Los datos incluyen: examen laríngeo preoperatorio (L1), estimulación intraoperatoria inicial vagal supraumbral (V1), estimulación inicial de NLR (R1), estimulación RLN después de la disección (R2) y estimulación vagal posterior a la disección (V2), examen laríngeo posoperatorio (L2) y la posibilidad de realizar monitorización continua del vago²⁻¹⁵.

Durante la cirugía se recomienda delimitar las secuencias marcando los momentos en forma reglada. El primer gesto es constatar la actividad del vago y el mapeo neural con una corriente supraumbral de 2 mA estimulando la vaina carotídea a 2-3 mA, hasta lograr la despolarización, para información y pronóstico. A partir de allí disecar circunferencialmente el nervio vago y rodearlo del electrodo correspondiente, obteniendo la línea de base. En el tercer tiempo, durante la disección del nervio laríngeo, constatar su ubicación topográfica con 2 mA, bajar el amperaje a 1 mA, y posteriormente realizar el seguimiento de la/s rama/s previamente a su

entrada en la membrana cricotiroidea, en la disección del lóbulo intermedio y antes de seccionar el ligamento tiro-traqueal medio o ligamento de Berry. Luego de la sección del ligamento, medir la actividad del NLR y del vago. Es importante evaluar eventos adversos que pueden evidenciarse con la monitorización del vago. En caso de pérdida de señal (LOS, por sus siglas en inglés *Lost Of Signal*), seguir una secuencia de eventos y evaluar el vago contralateral, para objetivar si existe lesión del primer lado.

Parámetros que se deben medir: amplitud, umbral y latencia

La amplitud se define como la altura vertical del vértice de la desviación inicial positiva de forma de onda hasta el punto más bajo en fase de polaridad opuesta posterior de la forma de onda (Fig. 3).

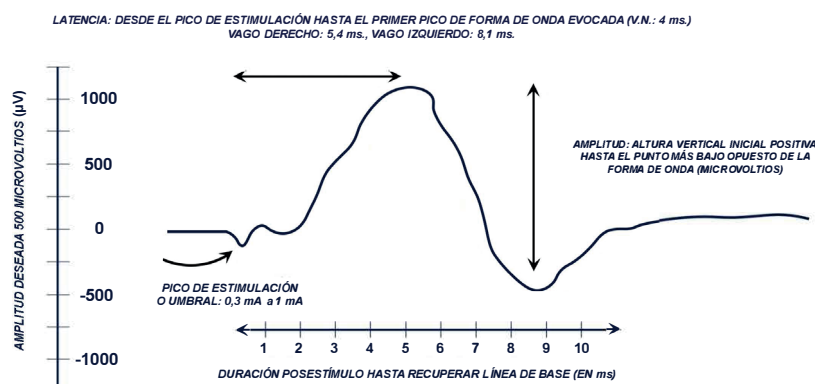
La latencia es el tiempo desde el pico de estimulación hasta la aparición del primer pico de forma de onda evocado. Los registros de latencia son útiles para diferenciar estructuras no neurales, además de distinguir al NLR, NLS y el nervio vago. Los cambios en la latencia durante un caso pueden indicar una lesión axonal oculta¹⁴.

Una amplitud inicial de 500 μ V o más es un objetivo alcanzable con una estimulación de 1-2 mA¹⁷, y se lo considera como línea de base inicial^{18,19}. Las anomalías morfológicas de la forma de onda son probables si la amplitud es < 350 μ V¹⁶.

¿Cuándo consideramos una verdadera LOS?

Ante una EMG satisfactoria de inicio, amplitud (> 500 μ V) y posterior respuesta nula o baja con estimulación a 1-2 mA (250 μ V o menos), con ausencia de contracción laríngea y/o en la estimulación vagal homolateral.

■ FIGURA 3



Parámetros de la forma de onda de EMG evocada, con sus respectivos valores del nervio recurrente y vago

Alternativas ante una LOS

Proponemos un algoritmo para seguir ante una LOS, con la utilización de c-IONM del vago (Fig.4).

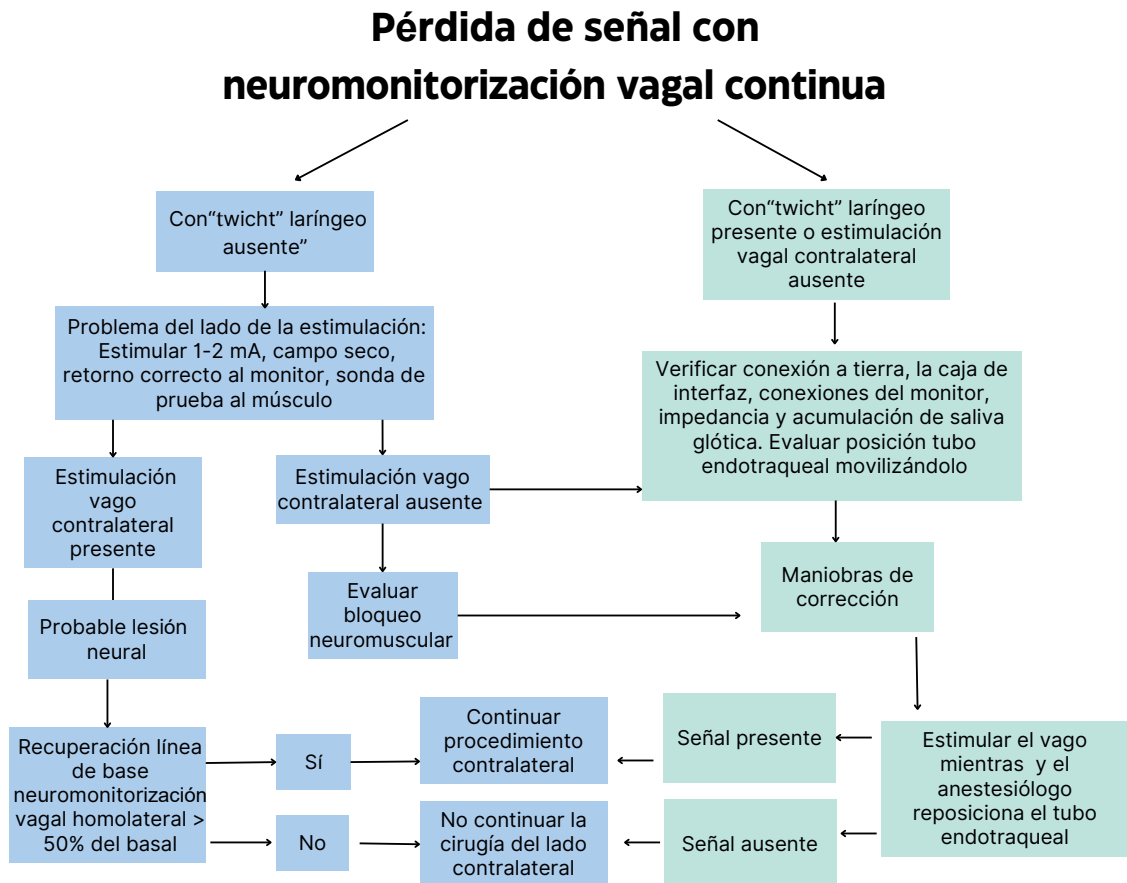
- Previa colocación de electrodo en el vago para estimulación continua, determinamos la línea de base, pudiendo tener contracción laríngea o “*twicht* laríngeo” ausente, lo que podría representar un problema del lado de la estimulación. Debemos asegurar un campo seco y probar la sonda monopolar o bipolar en el músculo para descartar bloqueo neuromuscular.
- Si el estimulador está funcionando, se debe probar el nervio vago contralateral para determinar la verdadera LOS frente a otra etiología.
- Si hay preocupación sobre la funcionalidad del nervio o la pérdida de señal después de la disección del lado inicial, primero debemos revisar la secuencia de pasos y tratar de determinar el problema, a fin de concluir si hay una verdadera LOS.
- Si ese es el caso, la cirugía contralateral debería retrasarse (“cirugía por etapas”), a menos que el paciente tenga enfermedad de alto riesgo o una segunda anestesia poco recomendada ¹⁹.

Si la respuesta del vago contralateral es positiva, debemos considerar abandonar el procedimiento en lobectomía, cuando la recuperación de la línea basal es menor del 50% o nula. En pacientes con enfermedad local avanzada, tumores agresivos y situaciones que presenten alto riesgo anestésico, deberíamos considerar continuar el lado contralateral. En estos casos, aconsejamos recuperar al paciente en unidad cerrada, previo intercambio de tubo endotraqueal, al menos con por 24-48 horas, con intubación orotraqueal, evaluando la situación para una eventual traqueostomía.

Utilización de la c-IONM y su impacto en la reducción de complicaciones quirúrgicas

Se ha demostrado que la c-IONM ayuda a evitar no solo parálisis bilateral de las CV transitoria o definitiva (siempre que utilicemos el concepto de tiroidectomía en etapas), sino también prevenir la lesión unilateral permanente relacionada con la tracción, advirtiéndolo a los cirujanos a revertir maniobras de daño potencial. El aumento de latencia y disminución de la

■ FIGURA 4



Algoritmo propuesto ante una LOS (pérdida de señal) con neuromonitorización vagal continua y pasos para seguir

amplitud han sido definidos como eventos adversos, introduciendo el concepto de lesión funcional neural.

Schneider y cols. informaron que la c-IONM fue superior a i-IONM en la prevención de parálisis. Teniendo en cuenta los nervios en riesgo (5208 vs. 5024), c-IONM tuvo una tasa de parálisis de CV posoperatorias tempranas 1,7 veces menor que i-IONM (1,5 frente a 2,5%). Esto se tradujo en una tasa de parálisis de CV permanentes 30 veces menor (0,02 frente a 0,6%).

Las parálisis de CV posoperatorias temporarias tuvieron 17,9 veces menos probabilidades de volverse permanentes con c-IONM que con i-IONM²⁰. Ku y cols. publicaron un metanálisis sobre c-IONM en el que demuestran que es un medio seguro y eficaz con el que se pueden reducir las parálisis unilaterales del NLR en la cirugía de tiroides²¹. A pesar de los datos expuestos sobre los beneficios de c-IONM, todavía sigue siendo poco utilizada. Según el registro EUROCRINE, la mayoría realizó i-IONM (87,1%) en cirugía de tiroides, mientras que la c-IONM se utilizó en el 12,9% de los casos en 2022. (www.eurocrine.eu).

La American Head and Neck Society encuestó a 275 cirujanos, y el 72% utilizó IONM rutinariamente. El 21% utilizó IONM selectivamente en casos de alto riesgo. La mayoría de los cirujanos considerarían abortar el procedimiento en casos de LOS sin continuar al lado contralateral^{22,23}.

Algunas de las razones por las cuales la c-IONM no ha ganado adeptos son: necesidad de disección circunferencial del vago para colocar un electrodo rodeándolo, dificultad en pacientes obesos o con gran volumen tiroideo, complejidad de la interpretación de los datos y costo adicional del electrodo. En la experiencia de uno de los autores (Villar MA), la utilización sistemática ayudó a prevenir complicaciones ante eventos adversos y disminuyó la incidencia de parálisis recurrential, y son observaciones preliminares bajo análisis de tesis doctoral, que se publicarán oportunamente.

Perspectivas del entrenamiento quirúrgico y su integración a práctica

Es probable que los cirujanos con mayores volúmenes de casos posean habilidades quirúrgicas avanzadas y mayor experiencia, lo que conduce a mejores

resultados y menores complicaciones, aun en casos complejos²⁴.

Se ha demostrado que la experiencia de los cirujanos con IONM derivó en una mayor identificación de RLN y menos lesiones, incluso en cirugías de tiroides sin IONM, lo que indica su valor como herramienta para el entrenamiento quirúrgico²⁵.

Los estudios en los cuales se implementó de rutina informaron una disminución en las tasas de lesiones de NLR a lo largo del tiempo^{26,27}. En entornos quirúrgicos reales, la parálisis nerviosa puede surgir tanto en casos simples como complejos, como variaciones anatómicas o dificultades durante la disección causadas por tiroiditis.

Conclusiones y recomendaciones de los autores

El principal inconveniente que observamos a través de una consulta bibliográfica extensa y actualizada se relaciona con el uso sistemático o selectivo de la c-IONM en los distintos centros quirúrgicos. No debería discutirse su utilización en cirugías de revisión, recidivas tumorales con parálisis recurrential homolateral o contralateral o sin ella, linfadenectomías centrales asociadas, bocios cervicomedistínicos con desplazamiento de la vía aérea o sin él, cirugía robótica, transaxilar, ritidectomía o transmamaria y la tiroidectomía endoscópica transoral por vía vestibular (TOETVA, por su sigla en inglés *Trans Oral Endoscopic Thyroidectomy Vestibular Approach*).

Aun en situaciones donde la patología que se va a intervenir no aparenta tener las condiciones previamente descritas, no podemos predecir casos complejos. La literatura consultada no refleja una clara posición acerca de esto, pero en nuestros grupos de trabajo creemos que debería de utilizarse en forma sistemática y rutinaria.

Al minimizar las maniobras críticas, c-IONM podría convertirse en un nuevo procedimiento de referencia (estándar de oro) en la mayoría de los centros quirúrgicos²⁸.

La principal ventaja a favor de esta técnica es predecir la probabilidad de parálisis bilateral de las CV prácticamente en todos los casos, y, específicamente en c-IONM, pareciera disminuir aún más el riesgo global de parálisis unilateral.

ENGLISH VERSION

Introduction: importance and benefits in modern endocrine surgery

Intraoperative neuromonitoring (IONM) has been utilized for decades in a variety of surgical specialties, including endocrinology surgery, skull base surgery, spinal surgery, peripheral vascular surgery,

orthopedic surgery, otolaryngology, and urology, for the localization, functional evaluation and early detection of complications affecting diverse neural structures^{1,2}.

In thyroid and parathyroid surgery, IONM plays a pivotal role in facilitating the visual identification of the recurrent laryngeal nerve and vagus nerve circuit, adding functional dynamics, and provides real-time

data on neural status, thereby enhancing decision-making during surgical interventions. The primary objective of the method is to identify changes in nerve function before irreversible damage occurs.

A preliminary look at various publications on this method reveals that in a randomized controlled trial involving 1,000 patients, Barczyński et al. reported that the prevalence of transient recurrent laryngeal nerve (RLN) injury was 2.9% lower in patients who underwent RLN monitoring³.

Several meta-analyses, including those by Higgins and Davey, have failed to demonstrate the superiority of intermittent neuromonitoring (i-IONM) over visual identification alone. However, the meta-analyses included non-randomized studies that solely used i-IONM. This aspect serves as a limitation of the studies^{4,5}.

In two PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) systematic reviews with overlapping meta-analyses, Pisanu et al. and Henry et al.^{6,7} summarize the current status of i-IONM for the prevention of injuries during thyroidectomy in different ways: Henry et al. found that i-IONM did not provide a significant reduction in RLN injury. Pisanu et al., however, reported the opposite.

The most recent developments in IONM, including continuous intraoperative neuromonitoring (c-IONM) and the concept of staged thyroidectomy in the event of first-side loss of neuromonitoring signal could provide additional benefits and should be evaluated in future prospective multicenter trials⁷.

The objective of this report was to describe the historical evolution of the technique from its inception to date, along with a preliminary examination of the technical details of both i-IONM of the RLN and c-IONM of the vagus nerve as methods for routine use in all surgical procedures.

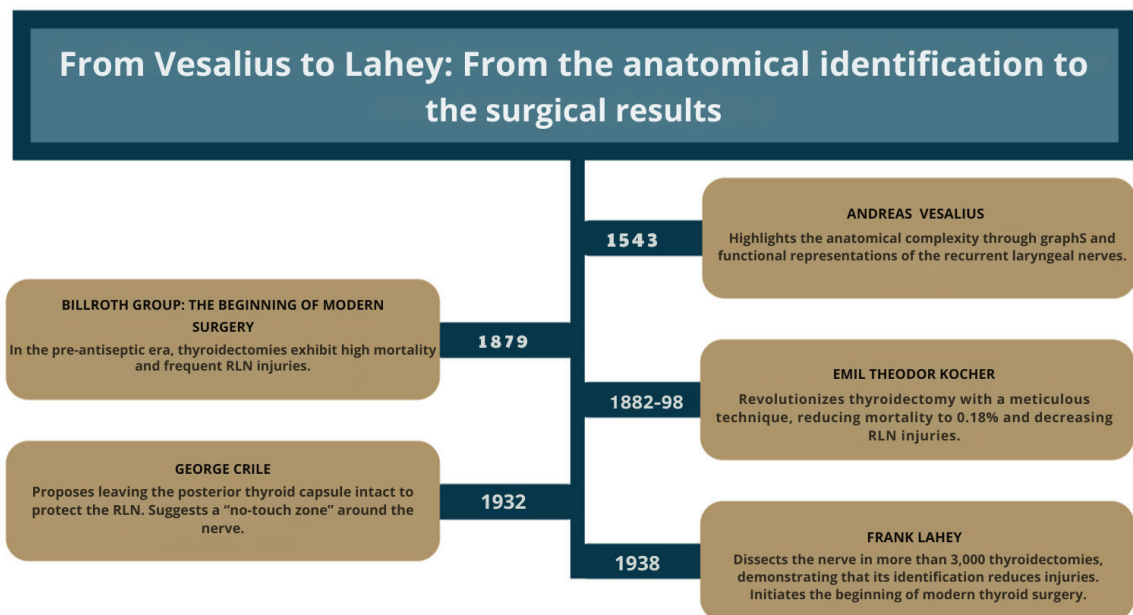
From Vesalius to Lahey: from understanding the anatomy and function of the body to the first results of precision surgery

By the end of the nineteenth century, two centuries after Vesalius—the father of modern anatomy—provided a comprehensive description of the anatomy and function of the RLNs, it was still difficult to identify them during dissection, resulting in a high incidence of nerve injury and mortality⁸.

Emil Theodor Köcher reduced this incidence by emphasizing the importance of the identification and dissection of the nerve, but at the same time, George Crile's school recommended leaving the posterior thyroid capsule intact, resulting in a significant percentage of injuries. In 1938, Lahey reported more than 3000 thyroidectomies. The RLN was carefully dissected in all the cases, resulting in a significant reduction in the rate of complications and improved outcomes⁹.

However, direct visualization of the RLN does not always correlate with an intact postoperative function¹⁰ (Fig. 1).

■ FIGURE 1



Timeline of the historical development of the anatomy of the RLN, from Vesalius' anatomical and functional description to the advent of modern surgery.

Second timeline: from understanding the electrophysiology of the technique to its current implementation in practice

The first electromyography (EMG) was performed in 1848, and intraoperative electroencephalography (EEG) was used for the first time in 1935¹.

In 1966, Shedd and Durhan evaluated the response of the RLN and superior laryngeal nerve (SLN) using endolaryngeal balloon spirometry¹¹.

Riddell described the results of laryngeal palpation with nerve stimulation between 1946 and 1969¹⁰. In 1986, Galiván and Galiván identified the RLN with a nerve stimulator set at 0.5 milliamperes (mA) while palpating the posterior cricoarytenoid muscle¹² (Fig. 2).

Various invasive and non-invasive nerve-monitoring devices have been used, including glottic pressure monitoring, direct observation, endoscopically placed intramuscular vocal cord (VC) electrodes, endotracheal tube-based surface electrodes, bipolar electrodes placed through the cricothyroid membrane, and postcricoid surface electrodes²⁻¹³. The International Neural Monitoring Study Group (INMSG), founded in 2006, published the guidelines on neuromonitoring of the RLN and external branch of the SLN¹⁴.

Technical aspects of neuromonitoring in thyroid and parathyroid surgery

Endotracheal tube surface electrodes constitute the most accepted non-invasive method for IONM of the RLN and vagus nerve by detecting EMG responses^{2,13-15}.

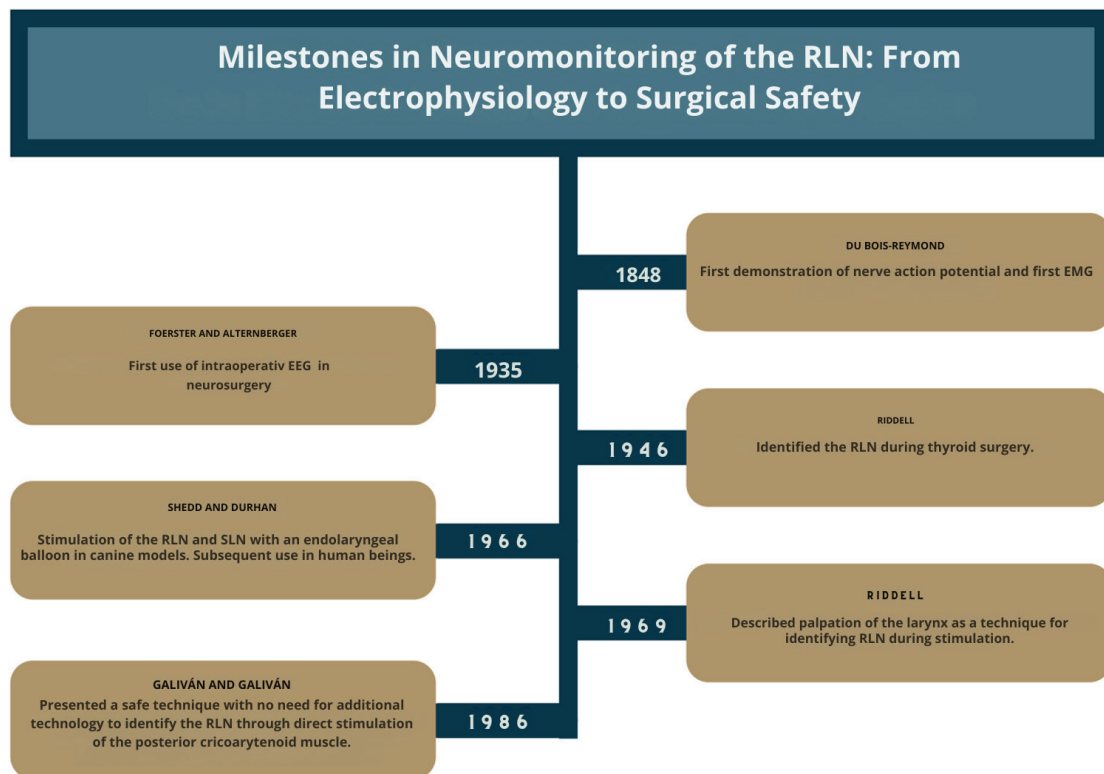
Thin adhesive electrodes are applied to the tube. The grounding electrodes can be placed on the shoulder or sternum.

Monopolar or bipolar electrodes can be used for stimulation. Bipolar electrodes may offer the advantage of greater sensitivity through focal nerve stimulation.

It is crucial to ensure that neuromuscular blocking agents are absent or fully reversed before nerve stimulation. The equipment must also be functional, as indicated by correct electrode impedance and operation of at least two to three channels.

Monitoring systems provide information as visual display of the evoked waveform or audio tones. The data include preoperative laryngeal examination (L1), initial intraoperative supra-threshold stimulation of the vagus nerve (V1), initial stimulation of the RLN (R1), post-dissection stimulation of the RLN (R2), and vagus nerve (V2), postoperative laryngeal examination

■ FIGURE 2



Timeline of the historical milestones of neuromonitoring

(L2), and possibility of continuous monitoring of the vagus nerve²⁻¹⁵.

During surgery, it is recommended to define the sequences in a standardized fashion. The first step is to assess vagal activity and neural mapping with a suprathreshold stimulation of 2 mA, stimulating the carotid sheath at 2-3 mA to achieve depolarization and provide information and prognosis. The vagus nerve is then dissected circumferentially and encircled by the corresponding electrode to allow for baseline recording of the electrical signals. In the third stage, during dissection of the laryngeal nerve, its topographical location should be verified using 2 mA. The amperage is then reduced to 1 mA, and the branch(es) should be traced up to their entry into the cricothyroid membrane during dissection of the intermediate lobe and before sectioning the median thyrotracheal ligament or Berry’s ligament. Once the ligament has been sectioned, the activity of the RLN and vagus nerve is measured. It is essential to assess any adverse events that may emerge during vagus nerve monitoring. In the event of loss of signal (LOS), an algorithm must be followed with evaluation of the contralateral vagus nerve to confirm a true LOS.

Parameters to be measured: amplitude, threshold and latency

Amplitude is defined as the vertical distance from the peak of the positive waveform deflection to the lowest point of the subsequent opposite-polarity phase (Fig. 3).

Latency is the time interval from peak stimulation to the first evoked waveform peak. Latency recordings are useful for differentiating non-neural structures, as well as the RLN, SLN, and vagus nerve. Changes in latency during a case may indicate a potential axonal injury¹⁴.

A stimulation current of 1 to 2 mA and an initial waveform with amplitude of 500 µV or greater should be considered as an optimal baseline (17-19). Waveform morphology anomalies tend to occur more commonly when the amplitude is < 350 µV¹⁶.

When do we consider a true LOS?

A true LOS is identified when a satisfactory initial EMG waveform (>500 µV) is followed by a very low (<250 µV) or absent EMG response after a 1-2 mA stimulation and there is no observed laryngeal muscle contraction, even when the ipsilateral vagus nerve is stimulated.

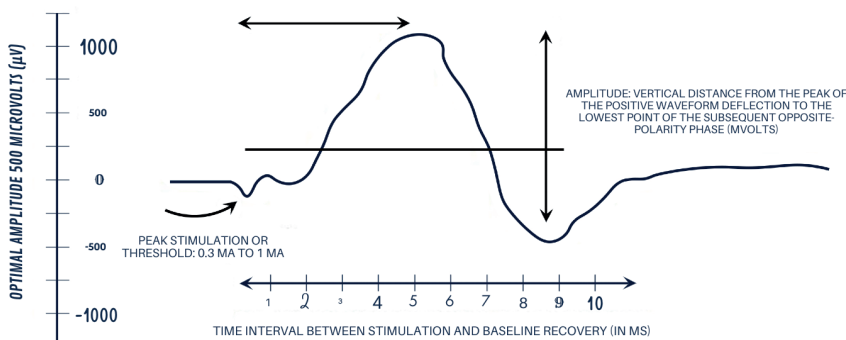
Management options in case of LOS

We suggest the following algorithm in case of LOS, using c-IONM of the vagus nerve (Fig. 4).

- Following the application of an electrode to the vagus nerve for the purpose of continuous stimulation, the baseline is determined. The absence of laryngeal contraction, also known as “laryngeal twitch,” may be indicative of a problem in the site of the stimulation. The field should be dry, and the monopolar or bipolar probe should be tested on the muscle to rule out neuromuscular blockade.
- If the stimulator is functioning, the contralateral vagus nerve should be stimulated to determine a true LOS versus another etiology.
- If there is concern about nerve functionality or loss of signal after having dissected the initial side, we must first review the sequence of steps and try to determine the problem to conclude if the LOS is true.
- If this is the case, a delayed, two-stage thyroidectomy is recommended unless the patient has high-risk disease or a second anesthesia is not advisable.

■ FIGURE 3

LATENCY: TIME INTERVAL FROM PEAK STIMULATION TO THE FIRST EVOKED WAVEFORM PEAK (NV: 4 MS)
 RIGHT VAGUS NERVE: 5.4 MS, LEFT VAGUS NERVE 8.1 MS.



Parameters of the evoked EMG waveform of the recurrent laryngeal nerve and vagus nerve with their respective values

If the contralateral vagus nerve response is positive, surgeons should consider immediate cessation of the surgical procedure when baseline recovery is less than 50% or absent. In patients with locally advanced disease, aggressive tumors and situations presenting high anesthetic risk, consider continuing with the contralateral side. In such cases, we recommend transferring the patient to a critical care area with orotracheal intubation after endotracheal tube exchange for a minimum of 24 to 48 hours and evaluating the situation for an eventual tracheostomy.

Use of c-IONM and its impact on reducing surgical complications

It has been demonstrated that c-IONM helps prevent transient or permanent bilateral VC paralysis (provided that the concept of two-stage thyroidectomy is used) and permanent unilateral traction injury, alerting surgeons to reverse potentially harmful maneuvers. Increased latency and decreased amplitude have been defined as adverse events, introducing the concept of functional neural injury.

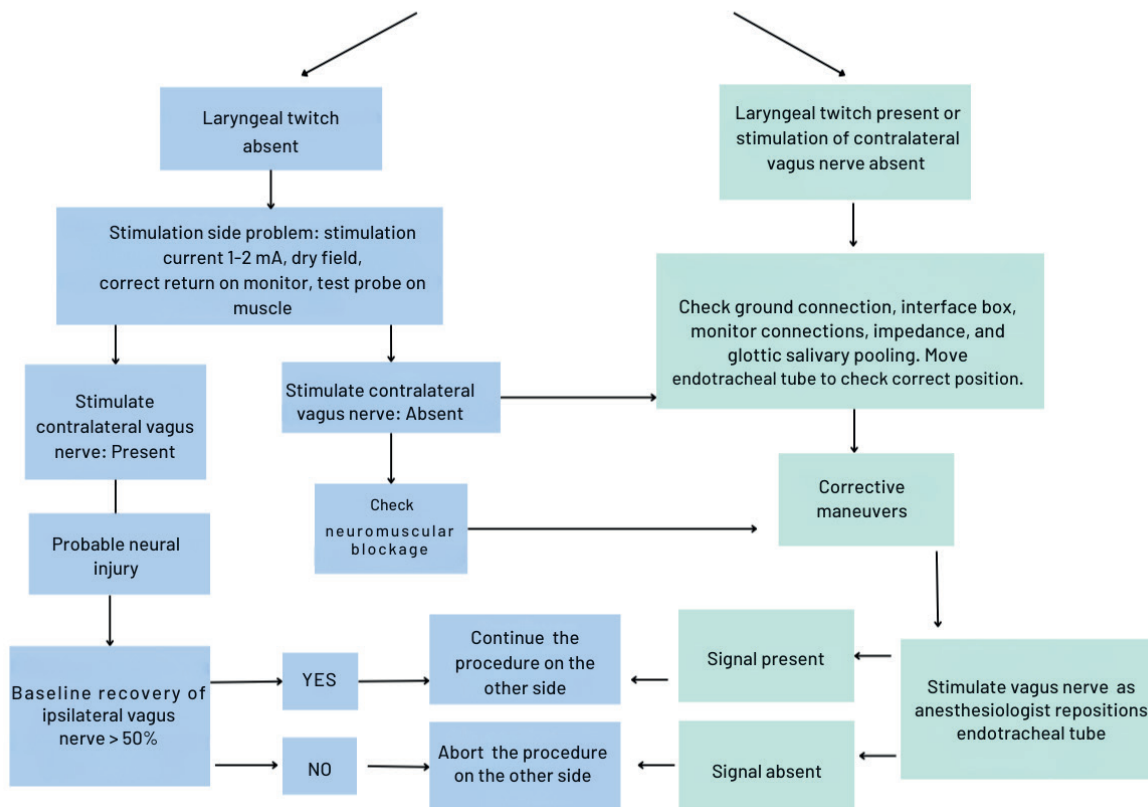
Schneider et. al reported that c-IONM was superior to i-IONM in prevent VC paralysis. Based on nerves at risk (5208 vs. 5024 nerves), c-IONM had a 1.7-fold lower early postoperative VC paralysis rate than i-IONM (15 vs. 25%). This translated into a 30-fold lower permanent VC paralysis rate (0.02 versus 0.6%).

Early postoperative VC paralyzes were 17.9-fold less likely to become permanent with c-IONM than with i-IONM²⁰. In a meta-analysis on c-IONM, Ku et al. demonstrated the safety and efficacy of the method in reducing unilateral RLN paralysis in thyroid surgery²¹. Despite the data presented about the benefits of c-IONM, its use is still limited. According to the EUROCRINE registry, i-IONM was the dominant technique used in 87.1% of thyroid surgeries (87.1%), while c-IONM was used in 12.9% of cases in 2022. (www.eurocrine.eu).

The American Head and Neck Society surveyed 275 surgeons, and 72% of them reported that they routinely used IONM. Twenty-one percent only used IONM selectively in high-risk cases. Most surgeons would consider aborting the procedure in cases of loss of signal without continuing to the contralateral side^{22,23}.

■ FIGURE 4

Loss of signal with continuous intraoperative neuromonitoring of the vagus nerve



Proposed algorithm in the event of LOS (loss of signal) with continuous vagus nerve neuromonitoring and steps to be followed.

Some of the reasons why c-IONM has not gained popularity include the surgical challenge of circumferential dissection and placement of the vagus nerve electrode which is especially difficult in obese patients or those with a large thyroid gland, the complexity of interpreting the continuous data and the added cost of the electrode. In the author's experience (Villar MA), its systematic use helped prevent complications in cases of adverse events and reduced the incidence of RLN paralysis. These are preliminary observations currently being analyzed for a doctoral thesis, which will be published in due course.

Prospects for surgical training and its integration into practice

Surgeons with higher case volumes are likely to have advanced surgical skills and greater experience, resulting in better outcomes and fewer complications, even in complex cases²⁴.

It has been demonstrated that surgeons' experience with IONM is associated with increased identification of the RLN and fewer injuries, even in non-monitored thyroid surgeries, which indicates that IONM is a valuable tool for surgical training²⁵.

Studies in which it was routinely implemented reported a decrease in RLN injury rates over time^{26,27}. In real surgical settings, VC paralysis can occur in both simple cases and complex cases, such as those with

anatomical variations or difficult dissections due to thyroiditis.

Conclusions and authors' recommendations

The main drawback we observed after making an extensive and updated review of the literature is related to the systematic or selective use of c-IONM in different surgical centers. Its use should not be a matter of debate in revision surgeries, tumor recurrences with or without ipsilateral or contralateral VC paralysis, associated central lymphadenectomies, cervico-mediastinal goiter with or without airway displacement, robotic surgery, transaxillary surgery, rhytidectomy, transmammary surgery, and transoral endoscopic thyroidectomy vestibular approach (TOETVA).

Even in situations where the disease to be treated does not appear to have the conditions described above, we cannot predict complex cases. The literature reviewed does not provide a clear position on this issue, but our work groups believe that it should be used systematically and routinely.

By minimizing critical maneuvers, c-IONM could become a new gold standard in most surgical centers²⁸.

The main advantage of this technique is that it predicts the probability of bilateral VC paralysis in almost all cases. The use of c-IONM appears to result in a further reduction in the overall risk of unilateral paralysis.

Referencias bibliográficas /References

- Sala F. Intraoperative neurophysiology is here to stay. *Childs Nerv Syst.* 2010;26(4):413-7. doi: 10.1007/s00381-010-1090-5. Epub 2010 Feb 24. PMID: 20179948.
- Randolph GW, Dralle H; International Intraoperative Monitoring Study Group; Abdullah H, Barczynski M, Bellantone R, et al. Electrophysiologic recurrent laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery: international standards guideline statement. *Laryngoscope.* 2011;121 (Suppl 1):S1-16. doi: 10.1002/lary.21119. PMID: 21181860.
- Barczyński M, Konturek A. Clinical validation of Nerve Trend versus conventional i-IONM mode of NIM Vital in prevention of recurrent laryngeal nerve events during bilateral thyroid surgery: A randomized controlled trial. *Head Neck.* 2024;46(3):492-502. doi: 10.1002/hed.27601. Epub 2023 Dec 14. PMID: 38095022.
- Higgins TS, Gupta R, Ketcham AS, Sataloff RT, Wadsworth JT, Sinacori JT. Recurrent laryngeal nerve monitoring versus identification alone on post-thyroidectomy true vocal fold palsy: a meta-analysis. *Laryngoscope.* 2011;121(5):1009-17. doi: 10.1002/lary.21578. PMID: 21520117.
- Davey MG, Cleere EF, Lowery AJ, Kerin MJ. Intraoperative recurrent laryngeal nerve monitoring versus visualization alone-A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Surg.* 2022;224(3):836-41. doi: 10.1016/j.amjsurg.2022.03.036. Epub 2022 Apr 9. PMID: 35422329.
- Pisanu A, Porceddu G, Podda M, Cois A, Uccheddu A. Systematic review with meta-analysis of studies comparing intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerves versus visualization alone during thyroidectomy. *J Surg Res.* 2014;188(1):152-61. doi: 10.1016/j.jss.2013.12.022. Epub 2013 Dec 25. PMID: 24433869.
- Henry BM, Graves MJ, Vikse J, Sanna B, et al. The current state of intermittent intraoperative neural monitoring for prevention of recurrent laryngeal nerve injury during thyroidectomy: a PRISMA-compliant systematic review of overlapping meta-analyses. *Langenbecks Arch Surg.* 2017;402(4):663-73. doi: 10.1007/s00423-017-1580-y. Epub 2017 Apr 4. PMID: 28378238; PMCID: PMC5437188.
- Lanska DJ. Vesalius on the anatomy and function of the recurrent laryngeal nerves: medical illustration and reintroduction of a physiological demonstration from Galen. *J Hist Neurosci.* 2014; 23(3):211232. <https://doi.org/10.1080/0964704X.2014.884885>
- Lahey FH, Hoover WB. Injuries to the recurrent laryngeal nerve in thyroid operations: their management and avoidance. *Ann Surg.* 1938;108(4):545-62. doi: 10.1097/0000658-193810000-00006. PMID: 17857252; PMCID: PMC1387031.
- Riddell V. 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.* 1970;57(1):1-11. doi: 10.1002/bjs.1800570102. PMID: 5411583.
- Shedd DP, Durham C. Electrical identification of the recurrent laryngeal nerve. I. Response of the canine larynx to electrical stimulation of the recurrent laryngeal nerve. *Ann Surg.* 1966;163(1):47-50. doi: 10.1097/0000658-196601000-00006. PMID: 5904908; PMCID: PMC1476845.
- Gavilán J, Gavilán C. Recurrent laryngeal nerve. Identification during thyroid and parathyroid surgery. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1986;112(12):1286-8. PMID: 3768155.
- Randolph G. Surgical anatomy of recurrent laryngeal nerve. In: Randolph GW, editor. *Surgery of the thyroid and parathyroid glands.* Philadelphia: Saunders; 2013.
- Schneider R, Randolph GW, Dionigi G, Wu CW, et al. International neural monitoring study group guideline 2018 part I: Staging bilateral thyroid surgery with monitoring loss of signal. *Laryngoscope.* 2018;128 (Suppl 3):S1-S17. doi: 10.1002/lary.27359. Epub 2018 Oct 5. PMID: 30289983.
- Dionigi G, Lombardi D, Lombardi CP, Carcoforo P, et al. Working Group for Neural Monitoring in Thyroid and Parathyroid Surgery

- in Italy. Intraoperative neuromonitoring in thyroid surgery: a point prevalence survey on utilization, management, and documentation in Italy. *Updates Surg.* 2014;66(4):269-76. doi: 10.1007/s13304-014-0275-y. Epub 2014 Dec 3. PMID: 25465057.
16. Chiang FY, Lee KW, Chen HC, Chen HY, et al. Standardization of intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerve in thyroid operation. *World J Surg.* 2010;34(2):223-9. doi: 10.1007/s00268-009-0316-8. PMID: 20020124.
 17. Stecker MM, Baylor K, Wolfe J, Stevenson M. Acute nerve stretch and the compound motor action potential. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj.* 2011;6(1):4. doi: 10.1186/1749-7221-6-4. PMID: 21864390; PMCID: PMC3200983.
 18. Stecker MM, Baylor K, Chan YM. Acute nerve compression and the compound muscle action potential. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj.* 2008;3:1. doi: 10.1186/1749-7221-3-1. PMID: 18211681; PMCID: PMC2245939.
 19. Schneider R, Randolph GW, Sekulla C, Phelan E, Thanh PN, Bucher M, et al. Continuous intraoperative vagus nerve stimulation for identification of imminent recurrent laryngeal nerve injury. *Head Neck.* 2013;35(11):1591-8. doi: 10.1002/hed.23187. Epub 2012 Nov 20. PMID: 23169450.
 20. Schneider R, Machens A, Sekulla C, Lorenz K, et al. Superiority of continuous over intermittent intraoperative nerve monitoring in preventing vocal cord palsy. *Br J Surg.* 2021;108(5):566-73. doi: 10.1002/bjs.11901. PMID: 34043775.
 21. Ku D, Hui M, Cheung P, Chow O, et al. Meta-analysis on continuous nerve monitoring in thyroidectomies. *Head Neck.* 2021;43(12):3966-78. doi: 10.1002/hed.26828. Epub 2021 Aug 3. PMID: 34342380.
 22. Ritter A, Ganly I, Wong RJ, Randolph GW, et al. Intraoperative nerve monitoring is used routinely by a significant majority of head and neck surgeons in thyroid surgery and impacts on extent of surgery-Survey of the American Head and Neck Society. *Head Neck.* 2020;42(8):1757-64. doi: 10.1002/hed.26093. Epub 2020 Feb 6. PMID: 32026528.
 23. Fundakowski CE, Hales NW, Agrawal N, Barczyński M, et al. Surgical management of the recurrent laryngeal nerve in thyroidectomy: American Head and Neck Society Consensus Statement. *Head Neck.* 2018;40(4):663-75. doi: 10.1002/hed.24928. Epub 2018 Feb 20. PMID: 29461666.
 24. Pragacz K, Barczyński M. Evaluation of the learning curve for intraoperative neural monitoring of the recurrent laryngeal nerves in thyroid surgery. *Pol Przegl Chir.* 2015;86(12):584-93. doi: 10.1515/pjs-2015-0005. PMID: 25803058.
 25. Wojtczak B, Sutkowski K, Kaliszewski K, Głód M, Barczyński M. Experience with intraoperative neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve improves surgical skills and outcomes of non-monitored thyroidectomy. *Langenbecks Arch Surg.* 2017;402(4):709-17. doi: 10.1007/s00423-016-1449-5. Epub 2016 May 21. PMID: 27209315; PMCID: PMC5437184.
 26. Snyder SK, Sigmond BR, Lairmore TC, Govednik-Horny CM, et al. The long-term impact of routine intraoperative nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery. *Surgery.* 2013;154(4):704-11; discussion 711-3. doi: 10.1016/j.surg.2013.06.039. Epub 2013 Sep 3. PMID: 24008089.
 27. Prete FP, Sgaramella LI, Di Meo G, Pasculli A, Calculi G, Protopapa G, et al. Introducing routine intraoperative nerve monitoring in a high-volume endocrine surgery center: a health technology assessment. *Updates Surg.* 2021;73(6):2263-73. doi: 10.1007/s13304-021-01104-5. Epub 2021 Jul 1. PMID: 34196952.
 28. Yu Q, Liu K, Zhang S, Li H, et al. Application of Continuous and Intermittent Intraoperative Nerve Monitoring in Thyroid Surgery. *J Surg Res.* 2019;243:325-31. doi: 10.1016/j.jss.2019.05.054. Epub 2019 Jun 27. PMID: 31255932.