

Estado actual de la monitorización nerviosa intraoperatoria de los nervios laríngeos en cirugía tiroidea

Current status of intraoperative nerve monitoring of laryngeal nerves in thyroid surgery

Durán Poveda M¹, Zarain Obrador L², Garnés Camarena O³

¹Profesor Titular de Cirugía. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid. Coordinador de la Unidad de Cirugía Endocrina. Jefe de Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital Universitario Rey Juan Carlos. Madrid.

²Unidad de Cirugía Endocrina. Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital Universitario Rey Juan Carlos. Madrid.

³Departamento de Neurofisiología Clínica. Servicio de Rehabilitación. Fundación Jiménez Díaz. Madrid.

RESUMEN

La lesión de la rama externa del nervio laríngeo superior (RE-NLS) puede producir una disfunción laríngea postoperatoria con afectación directa sobre la voz. La lesión del nervio laríngeo recurrente (NR) es una complicación temida en la cirugía tiroidea por su importante repercusión en la calidad de vida del paciente. Su lesión se asocia con una importante morbilidad que afecta directamente y en diferente grado a la voz, deglución y respiración del paciente. Al deterioro de la calidad de vida de los pacientes se unen los costes clínicos, socio-económicos y repercusiones médico legales derivadas de esta complicación.

La incidencia de lesión del NR oscila entre el 2,3% y el 9,8%¹. La monitorización nerviosa intraoperatoria (MNI) de los nervios laríngeos se introdujo en la cirugía tiroidea para reducir las lesiones nerviosas. Aunque su uso rutinario no está universalmente extendido entre todos los profesionales y su papel dentro de la cirugía tiroidea es controvertido, cada vez son más los cirujanos que recurren a

la MNI de forma sistemática, ya que representa un instrumento que complementa a la identificación visual del nervio durante la intervención.

La MNI ayuda a la identificación inicial del nervio y a la posterior disección del mismo. Además, permite predecir la función postoperatoria del NR y del NLS en el campo quirúrgico, así como identificar el mecanismo y la localización de la lesión nerviosa durante la intervención, en caso de producirse.

Palabras clave: monitorización nerviosa intraoperatoria, monitorización nerviosa intraoperatoria continua, tiroidectomía, nervio laríngeo recurrente, parálisis recurrente.

INTRODUCCIÓN

La cirugía tiroidea ha sido considerada un verdadero reto para los cirujanos hasta bien entrado el siglo XIX, ya que su desarrollo asociaba un elevado número de complicaciones con una inaceptable tasa de mortalidad. Fueron las aportaciones geniales de Theodor Billroth pero especialmente de Emil Theodor Kocher a finales del mencionado siglo, lo que permitió disminuir drásticamente la morbimortalidad, convirtiendo la tiroidectomía en una cirugía segura

CORRESPONDENCIA

Manuel Durán Poveda
Hospital Universitario Rey Juan Carlos
28933 Móstoles (Madrid)

XREF

CITA ESTE TRABAJO

Durán Poveda M, Zarain Obrador L, Garnés Camarena O. Estado actual de la monitorización nerviosa intraoperatoria de los nervios laríngeos en cirugía tiroidea. Cir Andal. 2020;31(3):256-69. DOI: 10.37351/2020313.7

por manos experimentadas y estableciendo los preceptos quirúrgicos esenciales que perduran hasta nuestros días.

Los tres principios quirúrgicos básicos que todo cirujano debe poseer para desarrollar una cirugía tiroidea correcta son un conocimiento exhaustivo de la anatomía quirúrgica de la glándula tiroidea y región cervical, una técnica quirúrgica precisa y meticulosa que incluye la exposición de las estructuras anatómicas en riesgo (nervios laríngeos y glándulas paratiroides especialmente) durante la intervención y una óptima hemostasia. Estos constituyen los tres pilares básicos para evitar complicaciones potenciales. La laringoscopia pre y posoperatoria resultan fundamentales para verificar el estado de las cuerdas vocales durante todo el procedimiento (Tabla 1).

Tabla 1. Requisitos quirúrgicos imprescindibles para realizar una correcta cirugía tiroidea.

Conocimiento exhaustivo de la anatomía tiroidea y cervical, incluyendo la anatomía quirúrgica de la RE-NLS y NR.

Técnica quirúrgica precisa.

Exposición e identificación visual del NR en todos los casos (y de la RE-NLS cuando es posible).

Exposición e identificación de las glándulas paratiroides.

Correcta hemostasia.

Experiencia quirúrgica demostrada.

Laringoscopia pre y posoperatoria.

[fn] * RE-NLS: rama externa del nervio laríngeo superior; NR: nervio laríngeo recurrente.

Aunque la mortalidad de la tiroidectomía es muy baja (inferior al 1%), algunas de las complicaciones postoperatorias pueden representar emergencias de carácter vital. La lesión del nervio laríngeo recurrente (NR) y de la rama externa del nervio laríngeo superior (RE-NLS), el hipoparatiroidismo y el hematoma asfíctico son las más frecuentes.

Una de las complicaciones más temidas en la cirugía de la glándula tiroidea es la lesión del NR íntimamente relacionada con la actividad manual del cirujano con significativo detrimento en la calidad de vida del paciente. De igual manera, otra potencial lesión nerviosa intraoperatoria menos frecuente y reconocida es la lesión de la RE-NLS, que puede repercutir también en la calidad de la voz. A la gran repercusión sobre la calidad de vida que puede derivarse de la lesión de los nervios laríngeos, se unen los costes clínicos y socio-económicos que esta complicación postquirúrgica puede conllevar, sin olvidar que es uno de los principales motivos de denuncias a los profesionales involucrados en la cirugía tiroidea^{2,3}.

Los mecanismos de lesión del nervio son múltiples entre los que se incluye la tracción-estiramiento, el atrapamiento nervioso en el seno de una ligadura accidental, la sección, la compresión o el pinzamiento-pellizcamiento con un fórceps (*clamping-pinching*), la isquemia y la lesión térmica por uso del electrobisturí o dispositivos de energía de sellado y corte en proximidad del nervio^{4,5}. Sin embargo, la mayoría de las lesiones nerviosas se producen sobre nervios anatómica y estructuralmente intactos siendo la neuroapraxia

el mecanismo fisiopatológico de lesión nerviosa más frecuente durante la intervención y responsable de una parálisis recurrential transitoria en la mayoría de los casos⁶. Por consiguiente, el cirujano debe ser consciente de que la principal causa de disfunción del NR en el periodo postoperatorio no es la sección y sí la lesión nerviosa funcional no estructural⁷. Además, la mayoría de lesiones nerviosas no son reconocidas durante la intervención en el campo quirúrgico y la visualización del nervio por sí solo, resulta insuficiente para determinar el grado de lesión del mismo⁵.

La consecuencia de la lesión unilateral del NR es una parálisis de la cuerda vocal ipsilateral con importante repercusión funcional relacionada con cambios en la voz, disfagia y riesgo de aspiración. La parálisis bilateral de cuerdas vocales puede hacer necesaria la realización de una traqueotomía. La lesión de la RE-NLS impide la función motora del músculo cricotiroides y afecta a la ejecución de tonos altos, limitando la proyección de la voz y produciendo fatiga vocal, situación llamativa en pacientes que dependen de su voz para ejercer su profesión (maestros, teleoperadores, locutores, cantantes entre otros)⁸.

Rosato et al., en un estudio multicéntrico realizado en Italia con 15.000 pacientes intervenidos, demostraron una incidencia de parálisis recurrential transitoria en el 2% y permanente en el 1%. El NLS fue lesionado en un 3,7% de pacientes y la incidencia de disfagia fue del 1,4%⁹. Jeannon et al, en una revisión sistemática estudiando a 25.000 pacientes, evidenciaron una incidencia de parálisis recurrential transitoria del 9,8% y permanente del 2,3% siendo estas tasas más elevadas en cirugía de revisión¹⁰. Estos porcentajes se consideran indicadores de calidad en las unidades de cirugía endocrina en consonancia con la experiencia del cirujano y el volumen de intervenciones (superior a 50 tiroidectomías/año)¹¹.

Aunque la incidencia actual de complicaciones en cirugía tiroidea por cirujanos expertos es aceptablemente baja, el impacto de las mismas sobre el paciente puede ser muy significativo.

El cirujano endocrino debe conocer las complicaciones inherentes al procedimiento con objeto de poder minimizarlas. El riesgo de las mismas es directamente proporcional a la extensión de la tiroidectomía e inversamente proporcional a la experiencia del cirujano.

La identificación visual del NR constituye el patrón de oro de la cirugía tiroidea y es un gesto rutinario aceptado por los cirujanos¹². Aunque la MNI ha experimentado un auge importante en los últimos 20 años, su uso no es una práctica quirúrgica habitual ni está aceptada como herramienta fundamental de apoyo a la cirugía tiroidea por muchos cirujanos en base a los resultados no concluyentes en la reducción de complicaciones nerviosas, aunque su introducción, lenta pero progresiva en los departamentos quirúrgicos, es un hecho (53% de cirujanos generales y 65% de otorrinolaringólogos en EE.UU. y 92% de cirujanos generales en Alemania)^{13,14,15,16}.

Feng et al., en un formulario de 25 preguntas relacionadas con el uso de la MNI, realizado a 1.015 cirujanos americanos de diferentes asociaciones médicas, recogen que el 83% empleaba la MNI para algunas o todas de sus intervenciones siendo especialmente atractiva esta herramienta en cirujanos jóvenes (menores de 45 años) y con una experiencia en el manejo de la MNI inferior a 15 años¹⁷.

Sturgeon *et al.*, en una encuesta realizada a los miembros de la Asociación Americana de Cirujanos Endocrinos, evidenciaron que un 37,1% de los respondedores utilizaban la MNI y de éstos un 23,3% lo hacían de forma rutinaria¹⁵.

Aún considerando sus indudables limitaciones, la MNI aporta precisión quirúrgica para identificar el nervio e información intraoperatoria de su funcionalidad en el postoperatorio pero nunca podrá remplazar el criterio y buen hacer del cirujano, esencia del acto quirúrgico en sí mismo. Aunque no hay datos concluyentes del beneficio real de su uso, la MNI representa un instrumento clave en tres aspectos: facilita la identificación nerviosa, verifica su integridad funcional y permite identificar el punto de lesión nerviosa ante una eventual pérdida de señal intraoperatoria.

ANATOMÍA QUIRÚRGICA

El uso de la MNI en el abordaje quirúrgico del polo superior de la glándula tiroidea es una práctica cada vez más extendida durante la tiroidectomía dada la íntima relación que la RE-NLS presenta con los vasos tiroideos superiores.

Los argumentos para su uso se fundamentan en la dificultad para la identificación visual del nervio (0,8 mm de diámetro en términos generales) con tasas de identificación visual muy variables que oscilan entre el 34% al 98% de los casos^{18,19}, encontrando hasta un 20% de nervios que discurren en la profundidad de la fascia del constrictor inferior de la faringe²⁰ y, por consiguiente, ajenos al ojo humano. Además, su variable disposición topográfica respecto al pedículo vascular tiroideo superior (clasificaciones de interés quirúrgico; Cernea, Friedman, Selvan, Kierner, Wu) le hace especialmente vulnerable a su lesión durante la disección de la glándula. La importancia de identificar y respetar la RE-NLS radica en su disposición anatómica tan íntima con el pedículo superior confiriéndole un elevado riesgo de lesión durante la disección del polo superior de la glándula tiroidea, situación especialmente comprometida en grandes bocios por la elevada prevalencia de nervios tipo 2b (grandes bocios por encima de 100 g presentan hasta un 54% de nervios tipo 2b de la clasificación de Cernea)²¹.

La lesión de la RE-NLS produce una parálisis del músculo cricotiroides (MCT), músculo tensor de las cuerdas vocales, que se traduce en una voz sin proyección, sin fuerza y con imposibilidad de emitir tonos altos. Como apoyo a la identificación visual, la MNI permite identificar y verificar la RE-NLS mediante su estimulación eléctrica (diferenciando el nervio de otras estructuras no neurales), evidenciada en el campo operatorio mediante la contracción del MCT (twitch MCT), hecho reconocible en el 100% de casos y muy superior a la identificación visual aislada del nervio. Dicha estimulación permite su registro electromiográfico (EMG) visible en el monitor, cuantificado hasta en el 80% de los casos. La actividad EMG de la RE-NLS se produce gracias a la presencia de una interconexión nerviosa entre la RE-NLS y el NR denominado ramo comunicante humano que transmite el impulso de estimulación desde la RE-NLS hacia la musculatura endolaríngea, y es el responsable que durante la MNI de la RE-NLS se identifiquen ondas de activación en el monitor fruto de potenciales de acción detectados por los electrodos de superficie del tubo endotraqueal. La visualización inconstante de este evento EMG es debido entre otros factores, a la variabilidad en la presencia de

la interconexión nerviosa y posicionamiento del tubo endotraqueal (TET)^{21,22}.

Con respecto al NR, existen dos estructuras anatómicas especiales que debemos tener en cuenta durante su disección. La primera es el ligamento de Berry, zona anatómica de mayor dificultad para la disección del NR. El nervio puede discurrir medial al ligamento o incluso inmerso dentro de él, por lo que las lesiones en esta localización son relativamente frecuentes. La segunda estructura es el tubérculo de Zuckerkandl, protuberancia de tejido tiroideo que se extiende hacia el surco traqueoesofágico presente en el 60-90% de las glándulas tiroideas²³. Hasta en un 85% de casos, el NR puede discurrir bajo este tubérculo, por lo que su disección y exéresis debe ser extremadamente cuidadosa²⁴.

La MNI permite identificar el NR en todo su recorrido y comprobar su funcionalidad especialmente en situaciones tales como la existencia de ramificaciones extralaríngeas del NR (permitiendo diferenciar la rama motora de la sensitiva), bocios de gran tamaño que pueden alterar el recorrido habitual del nervio o la presencia infrecuente de un NR no recurrente, escenarios todos ellos que sitúan al nervio en riesgo de lesión.

PRINCIPIOS DE LA MONITORIZACIÓN NERVIOSA

Los nervios periféricos están integrados por fibras de diferentes tamaños de tipo motor, sensitivo o ambos. Constan de axones envueltos en una vaina de mielina, tejido conectivo protector y vasos sanguíneos. Cada axón, junto con las fibras musculares que inerva, constituye una unidad motora (UM). La vaina de mielina sirve de aislante eléctrico y facilita la propagación del estímulo eléctrico (potencial de acción) con mayor rapidez, por medio de la conducción saltatoria en los nodos de Ranvier. El tejido conectivo se divide en endoneuro (la capa más interna que recubre a los axones), perineuro (capa que rodea a cada fascículo nervioso) y epineuro (capa más externa que recubre todo el nervio). Consecuentemente, la parte central de un nervio es la más vulnerable (y menos visible) frente a agresiones durante la manipulación quirúrgica del tipo tracción o compresión.

Cada unidad motora (UM) consta de un axón y las decenas o cientos de fibras musculares que inerva. Cuando un axón se despolariza, conduce el potencial de acción hasta todas las fibras musculares que conforman su unidad motora. Cada fibra muscular, al despolarizarse, genera un potencial de campo local. El sumatorio de todos los potenciales de campo local generados por todas las fibras musculares que componen una unidad motora se denomina potencial de unidad motora (PUM).

Conforme aumentamos la intensidad de estimulación aumenta el número de axones activados. Así, el sumatorio de todos los PUMs correspondiente a todos los axones activados constituye el potencial de acción motor compuesto (PAMC) que se registra tras la estimulación eléctrica de un nervio. Al contrario de lo que sucede durante la activación muscular voluntaria, mediante la estimulación eléctrica se activa un número elevado de axones -inicialmente los de diámetro mayor- de forma síncrona. De esta manera, dependiendo del tipo de electrodos de registro empleados, el PAMC adoptará diferentes morfologías. Así, el PAMC registrado en la superficie de un músculo (como el obtenido a través de los electrodos de registro

adosados al tubo endotraqueal) tenderá a ser de morfología simple (bifásico o trifásico), frente al que se obtiene mediante electrodos de registro intramusculares (potenciales polifásicos).

Se han descrito diversas formas de monitorización laríngea, es decir, de su actividad eléctrica muscular, que han ido progresivamente evolucionando hasta nuestros días. Destacan la palpación laríngea (contracción de la pared posterior de la laringe o twitch laríngeo), la monitorización de la presión glótica, la implantación de electrodos intramusculares por mediante laringoscopia directa (en las cuerdas vocales-electrodos de aguja insertados en los músculos tiroaritenoides), electrodos de registro de aguja intramusculares insertados a través de la membrana cricotiroides, electrodos endolaríngeos de contacto en área retrocricoidea-electrodos de superficie poscricoideos y electrodos de superficie dispuestos sobre el tubo endotraqueal^{21,25}.

La valoración de la MNI en un paciente pasa por tres etapas bien diferenciadas de evaluación nerviosa: evaluación preoperatoria (análisis de la voz y valoración laringoscópica), intraoperatoria (MNI) y evaluación posoperatoria de la funcionalidad del NR (control laringoscópico y evaluación de la voz). Su conjunto aporta un valor añadido a la cirugía tiroidea más allá de la simple ejecución de la técnica operatoria.

Los principales objetivos de la MNI se pueden resumir en: 1) identificar la presencia y trayecto de las estructuras nerviosas en el campo quirúrgico, 2) monitorizar de manera intermitente o continua su integridad durante el acto quirúrgico y 3) estimar el pronóstico funcional de las estructuras nerviosas en cuestión.

Para identificar las estructuras nerviosas se pueden emplear dos técnicas: 1) barrido (sweeping) del campo quirúrgico mediante estimulación continua a 2 Hz a una intensidad de 3 mA (pulsos de 50-100 μ s) con sonda monopolar, donde la presencia de respuesta motora indica que el nervio está en la proximidad. Esta técnica ofrece mayor sensibilidad -aunque menor precisión- debido a la difusión del campo eléctrico, en comparación con 2) el mapeo (mapping), donde se emplea habitualmente una sonda bipolar que induce un campo eléctrico más reducido en torno a la sonda de estimulación a una intensidad menor (2 mA), lo que aporta mayor especificidad en la identificación del trayecto y distancia de las vías nerviosas²⁶.

Para monitorizar la integridad de las estructuras nerviosas durante la intervención se puede emplear el mapeo periódico descrito previamente junto con el registro electromiográfico continuo de los músculos monitorizados (EMG de barrido libre a una resolución de 100-200 μ V/división y 100-200 ms/división). La ventaja del EMG de barrido libre radica en que es un proceso continuo y altamente sensible, donde se registran tanto descargas transitorias y autolimitadas (brotos) indicativas de proximidad y/o manipulación del nervio, como descargas sostenidas (trenes de alta frecuencia) indicativas de un alto riesgo de lesión neurológica.

Los principales marcadores neurofisiológicos que se emplean en MNI son latencia, amplitud y área. Se define la latencia motora como el tiempo (medido en milisegundos, ms) desde la aplicación del estímulo eléctrico hasta el comienzo del PAMC. Su valor depende de la velocidad de conducción del nervio, de la transmisión neuromuscular y de la contracción de las fibras musculares (la latencia esperada tras la estimulación peritiroidea del NLR es de unos 2 ms). La amplitud del

PAMC (expresada en microvoltios μ V) refleja la diferencia de potencial desde el pico máximo positivo al mínimo negativo. Su valor depende de la posición de los electrodos de registro, del número de axones activados, del número de fibras musculares despolarizadas y de la intensidad aplicada, ya que a mayor intensidad mayor número de axones activados (la amplitud mínima esperada en cirugía de tiroides con electrodos de registro adosados al tubo endotraqueal es $>100 \mu$ V). El área de un PAMC representa el área bajo la curva del PAMC y es otra forma de valorar la cantidad de axones / fibras musculares activados tras la estimulación eléctrica²⁷.

Los cambios en la respuesta de estos parámetros a la estimulación eléctrica durante la cirugía constituyen signos neurofisiológicos que alertan de posibles agresiones a los nervios y de sus consecuentes secuelas (déficits neurológicos). Generalmente se acepta como criterios alarma una caída de la amplitud $>50\%$ o un incremento de la latencia motora $>10\%$, respecto a los valores basales²⁸.

Así, un incremento de latencia orienta hacia una lesión predominantemente desmielinizante con potencial daño asociado de los axones gruesos que conducen más rápido; una caída de la amplitud motora orienta bien hacia un bloqueo de conducción (neuroapraxia transitoria) o bien hacia una lesión predominantemente axonal, mientras que una combinación de ambas sugiere lesiones mixtas axonal-desmielinizante. La correcta y rápida identificación de cambios neurofisiológicos durante una intervención quirúrgica puede evitar la instauración de una lesión o su progresión hacia estadios más avanzados en los que la recuperación será incompleta o incluso imposible (neuropatía grados 3, 4, 5 de Sunderland). En este sentido, un elemento esencial en la monitorización es la comunicación y trabajo en equipo entre neurofisiología y cirugía. Para que la MNI sea útil se requiere, por una parte, de una rápida y adecuada interpretación de los registros obtenidos durante la monitorización y, por otra, de una respuesta quirúrgica acorde a las señales de alarma.

La evolución de la MNI ha discurrido por diferentes fases:

MNI Intermitente: la estimulación nerviosa intermitente del nervio se realiza con una sonda monopolar o bipolar de estimulación recogiendo la información (respuesta contráctil electromiográfica; EMG) gracias a electrodos de aguja insertados intramusculares (cuerdas vocales) a través de la membrana cricotiroides.

MNI Intermitente del NR con una sonda de estimulación manual y electrodos de superficie acoplados al tubo endotraqueal (TET) responsables del registro EMG.

Estimulación intraoperatoria continua del nervio vago (NV) y NR con electrodos de superficie adosados al TET y un electrodo de estimulación en contacto directo con el NV.

Tanto la MNI-I del NR como la estimulación del NV (MNI-C) están fuertemente arraigados en muchos centros quirúrgicos especializados en todo el mundo. Aunque su uso no está completamente establecido en la práctica habitual, son cada vez más los grupos que se apoyan en su utilización en base a diferentes aspectos clave: facilita la identificación del NR, una vez identificado el nervio ayuda a la disección del mismo a lo largo de todo su trayecto (mapping), posibilita la identificación de pérdidas de señal EMG segmentarias (tipo 1) o difusas (tipo 2), permite emitir un pronóstico funcional nervioso posoperatorio y permite verificar la integridad funcional del NR como

apoyo a la toma de decisiones intraoperatorias que se traduce, en la posibilidad de cambiar la estrategia quirúrgica diseñada en casos de pérdida de señal en el quirófano (primer lado) en procedimientos programados para cirugía bilateral (planificar cirugía en dos tiempos o en etapas)¹².

En ausencia de pérdida de señal en quirófano, la funcionalidad de la laringe en el posoperatorio debe estar conservada con un grado de certeza muy elevado en base a un valor predictivo negativo de la monitorización muy elevado (91-100%)²⁹. La utilidad clínica de la MNI para predecir la parálisis del NR puede expresarse en términos de su valor predictivo negativo (VPN) y positivo (VPP) (**Tabla 2**). La utilidad clínica de la MNI puede expresarse en términos de sus valores predictivos negativos (VPN) y positivos (VPP). Debido a la rareza de la parálisis NR, el VPN y la especificidad para la MNI-I son altos en 97,3% y 97,1%, mientras que el VPP y la sensibilidad son más bajos. El cumplimiento estricto de los estándares de la MNI basado en guías de práctica clínica podrían mejorar el VPN y el VPP a 99,8% y 78,4%, respectivamente. Sin embargo, la MNI-C con un VPN de 99,8%, un VPP de 88,2% y una sensibilidad de 90,9%, puede producir resultados falsos positivos en ausencia de parálisis recurrencial, lo que puede desencadenar en un cambio de estrategia quirúrgica en casos de tiroidectomía total planificada preoperatoriamente y no concluir el procedimiento en el lado contralateral¹⁶.

Tabla 2. Marcadores inmunohistoquímicos útiles para el diagnóstico de carcinoma anaplásico tiroideo.

	MNI-Intermitente	MNI-Continua
Sensibilidad	63-91,3%	90,1-100%
Especificidad	97,1-99,5%	90,2-99,7%
Valor predictivo positivo	37,8-80,5%	47,6-88,2%
Valor predictivo negativo	97,3-99,8%	99,8-100%

JUSTIFICACIÓN DE LA MONITORIZACIÓN NERVIOSA

Existen múltiples revisiones sistemáticas y meta-análisis publicadas comparando el uso de la MNI frente a la identificación visual aislada sin monitorización del NR arrojando conclusiones muy dispares y en ocasiones contrapuestas.

El ensayo clínico de Barczyński de 2009 aleatorizó 1.000 nervios en riesgo de lesión a dos brazos (cirugía con visualización del NR vs visualización del NR asociada a MNI) con objeto de evaluar la prevalencia de lesión recurrencial. Este estudio puso de manifiesto que la identificación visual del NR asociado a MNI disminuía significativamente la incidencia de parálisis recurrencial transitoria (2,9% inferior; P=0,011) pero no permanente especialmente en pacientes de alto riesgo (cáncer que asocia linfadenectomía del nivel VI, tirotoxicosis, grandes bocios retroesternales, tiroiditis) frente a pacientes sin monitorización³⁰. Posteriormente, Wong también verifica estos hallazgos³¹. Sin embargo, otros autores reflejan sólo el descenso de la tasa de parálisis permanente³², el descenso de ambas³³ e incluso, hay autores que no encuentran reducciones significativas en la tasa de lesión recurrencial transitoria ni permanente^{34,35}

Ciocchi *et al.* han publicado recientemente una revisión sistemática de cinco ensayos clínicos aleatorizados incluyendo 1.558 pacientes en los cuales no demostraron que la MNI supusiera una ventaja o una desventaja a la hora de prevenir lesiones transitorias o permanentes del NR en comparación con la identificación visual del nervio³⁶. Sin embargo, la MNI parece que puede ser beneficiosa en procedimientos de alto riesgo como las pacientes con variaciones anatómicas, reintervenciones, grandes bocios, tiroidectomías y vaciamientos ganglionares por cáncer, así como para los cirujanos que realizan un número pequeño de tiroidectomías al año³⁷.

En el momento actual, el uso de la MNI es entendido como una herramienta de trabajo complementaria. Los avances acaecidos en la cirugía tiroidea han permitido avanzar y modernizar aspectos de las técnicas quirúrgicas, pero esta innovación debe ser racional y complementaria sin violar el precepto quirúrgico esencial que es la búsqueda sistemática del NR.

Así, los nuevos abordajes cervicales en cirugía tiroidea ganan adeptos implantándose progresivamente los abordajes endoscópicos y robóticos a la glándula tiroidea en nuestros servicios y unidades. La MNI del nervio vago y NR son procedimientos realizables en estos casos. Fue Terris el primero en publicar su experiencia en 137 casos asociando el uso de la MNI a accesos quirúrgicos de la glándula tiroidea mínimamente invasivos (endoscópico o no endoscópico) en el Medical College of Georgia (EE.UU.) entre los años 2004 a 2007³⁸. Su experiencia fue satisfactoria y desde entonces la MNI ha ido aceptándose progresivamente también en este tipo de abordajes no sin ciertas limitaciones especialmente técnicas.

La MNI resulta especialmente útil en tres escenarios³⁹:

1) En la identificación del nervio laríngeo recurrente y apoyo en su disección. La MNI durante la tiroidectomía puede ayudar a la identificación del NR mediante la estimulación nerviosa en el campo quirúrgico. La disección dirigida del área estimulada (*mapping*) permite su identificación (**Figura 1**) especialmente útil en escenarios de mayor complejidad anatómica como puede ser las reintervenciones, grandes bocios intratorácicos o recidiva de los mismos, enfermedad de Graves Basedow, cirugía del cáncer, así como en cirugías insuficientes y que precisan completar una tiroidectomía total (**Figura 2**). El *mapping* nervioso asociado a la MNI aumenta la tasa de identificación nerviosa (98-100%)¹² (**Figura 3**).

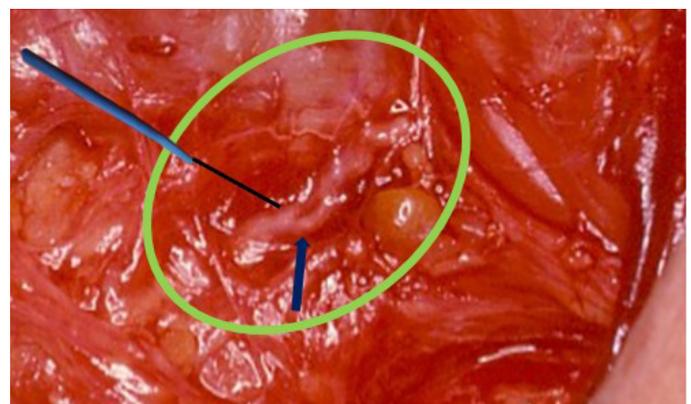


Figura 1

Mapping de nervio recurrente con sonda monopolar en territorio próximo a la entrada en la laringe (círculo verde). Flecha azul señalando a nervio recurrente.

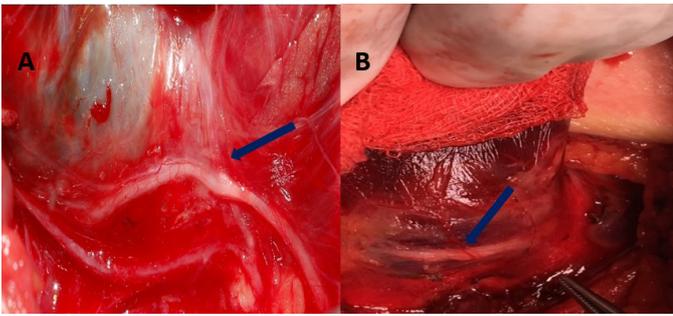


Figura 2

A: Nervio recurrente (flecha) acabalgado sobre nódulo tiroideo de gran tamaño. Reintervención cervical por bocio multinodular.
B: Nervio recurrente cruzando sobre nódulo tiroideo (flecha).

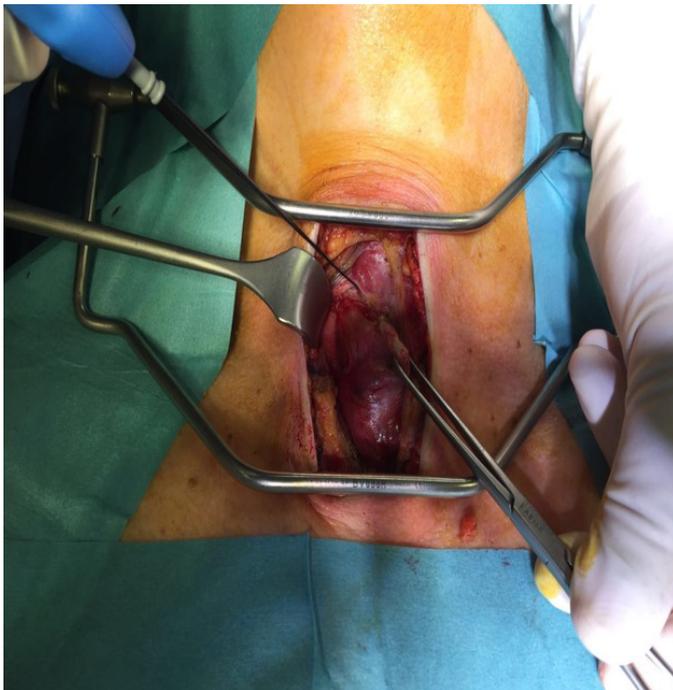


Figura 3

Mapping nervioso de la RE-NLS en proximidad de músculo critotiroideo derecho (asterisco) con sonda incremental previo a la disección del polo superior.

identificar el segmento nervioso alterado mediante la estimulación seriada del nervio de forma protocolizada comenzando en el punto de entrada laríngeo del NR a nivel de la articulación cricotiroidea y estimulando el nervio de distal a proximal hasta encontrar la pérdida de señal. Además la MNI-C nos permite modificar determinados gestos quirúrgicos o actuaciones que ponen en riesgo de lesión al nervio evidenciadas en el monitor como alteraciones en la amplitud y/o tiempo de latencia⁴¹.

La MNI puede tener otras utilidades tales como contribuir a la formación de los residentes quirúrgicos y cirujanos jóvenes y a la estandarización de la tiroidectomía teniendo en cuenta la funcionalidad del nervio⁴². En cuanto al ámbito médico-legal, la MNI nos permite obtener un registro de la actividad EMG del NR como prueba del correcto funcionamiento del nervio.

MONITORIZACIÓN EN CIRUGÍA TIROIDEA. ASPECTOS TÉCNICOS.

Desde 1980 se han propuesto diferentes técnicas de neuromonitorización. Se han empleado dispositivos invasivos como la colocación de electrodos intramusculares en las cuerdas vocales por vía endoscópica y no invasivos como electrodos de superficie incorporados en el tubo endotraqueal, habiéndose popularizado el uso de los Estos últimos al tratarse de un método no invasivo y fácil de usar⁴³. El tubo endotraqueal se debe posicionar a una altura que permita que las cuerdas vocales contacten con los electrodos⁴⁴. Mientras se realiza la intervención, la respuesta de la cuerda vocal a la neuroestimulación puede visualizarse en un monitor como una señal electromiográfica y en tiempo real. El acto de la MNI se compone de dos partes: la estimulación del nervio por un lado, y la evaluación de la respuesta de la cuerda vocal al estímulo nervioso por otro lado. Se recomienda emplear una corriente de estimulación de 2 mA para la identificación del NR y de 1 mA para confirmar que la estructura identificada es en efecto el NR.

Dado que la respuesta de la cuerda vocal se registra como actividad electromiográfica, durante la inducción anestésica sólo deben emplearse relajantes musculares de acción corta, ya que de lo contrario podrían producirse interferencias con la actividad EMG⁴⁵.

Es importante establecer una sistemática protocolizada en la MNI y no omitir ningún paso para el correcto registro de funcionamiento del NR durante la cirugía. Nosotros seguimos las directrices publicadas por el Grupo Internacional para el Estudio de la MNI (INMSG de sus siglas en inglés)^{12,21}. Una técnica adecuada de MNI en cirugía tiroidea debe incluir la estimulación del NV y NR al inicio de la intervención, durante el desarrollo de la misma y una vez se haya procedido a la exéresis de la glándula tiroidea.

Para llevar a cabo una técnica correcta se deben incluir los siguientes aspectos relacionados con la técnica, parámetros de programación y registro^{12,25,46}:

- Examen laríngeo preoperatorio para valorar la movilidad de las cuerdas vocales antes de la intervención (L1).
- Inducción anestésica con un agente no despolarizante de acción corta y correcto posicionamiento del TET para que los electrodos de superficie en el plano glótico contacten con

los pliegues vocales. Se debe evitar que el electrodo del TET quede torsionado quedando libre en su camino hacia la caja de conexión. Verificar de nuevo la colocación del TET una vez colocado el paciente (la hiperextensión del cuello puede modificar la posición del TET) verificando la impedancia de los electrodos. Variaciones respiratorias en la línea de base entre 30-70 μV nos indican una buena colocación del TET.

- Colocación de los electrodos de tierra (verde, más alejado) y retorno del estímulo (rojo, más próximo a la laringe).
- Conexión de los electrodos a la caja de conexión (tierra, retorno y electrodo rojo-azul del TET) y al monitor.
- Comprobación de la impedancia de los electrodos ≤ 5 k Ω (indicativo de buen funcionamiento del sistema) y colocar filtros en cableado de bisturí eléctrico (evita interferencias-distorsiones).
- Conexión de electrodo de estimulación a la caja de conexión.
- Estimulación del nervio vago al iniciar el procedimiento quirúrgico (V1).
- Estimulación inicial del NR (R1).
- Estimulación inicial de la rama externa del nervio laríngeo superior (S1) (Figura 4).

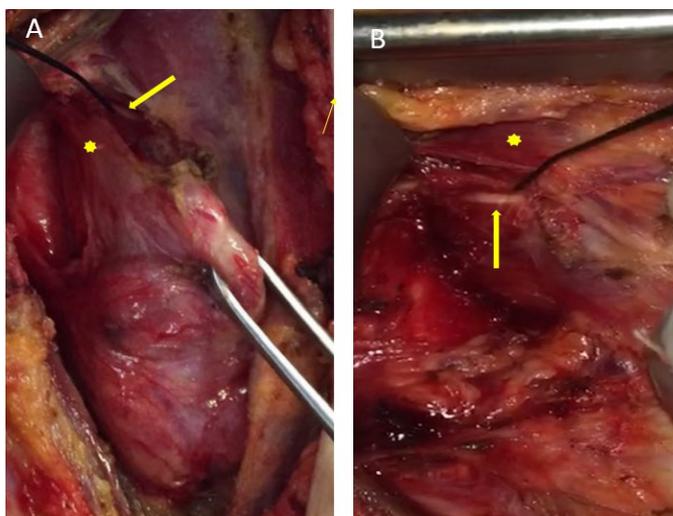


Figura 4

A: Exposición del triángulo esterno-tiroideo-laríngeo derecho. Estimulación de la RE-NLS (flecha) previa disección del polo tiroideo superior (S1). Polo superior tiroideo (asterisco). B: Estimulación postdisección del polo tiroideo superior (S2). RE-NLS (flecha). Músculo cricotiroideo derecho (asterisco).

- Estimulación de la rama externa del nervio laríngeo superior al finalizar la disección (S2) (Figura 5).
- Estimulación final del NR, una vez realizada la exéresis de la glándula tiroidea (R2).
- Estimulación del nervio vago una vez finalizada la disección (V2). Este paso es esencial porque confirma la integridad

del NR al finalizar la intervención y nos permite poner de manifiesto la posibilidad de lesión nerviosa.

- Examen laríngeo postoperatorio para valorar la movilidad de las cuerdas vocales después de la intervención (L2).

Esta sistemática es la habitual en la modalidad intermitente de la MNI, que se emplea con mayor frecuencia por resultar más sencilla y reproducible. En la misma se estimula intermitentemente el NV y el NR, registrándose la función del nervio exclusivamente cuando es estimulado por el cirujano.

Sin embargo, en la MNI-C se implanta un electrodo temporal en el nervio vago que permite registrar la funcionalidad del NR de forma constante durante toda la intervención y por lo tanto, detectar en tiempo real, cualquier maniobra que pueda poner en peligro el NR al detectar alteraciones en el registro electromiográfico⁴¹ (Figura 5).

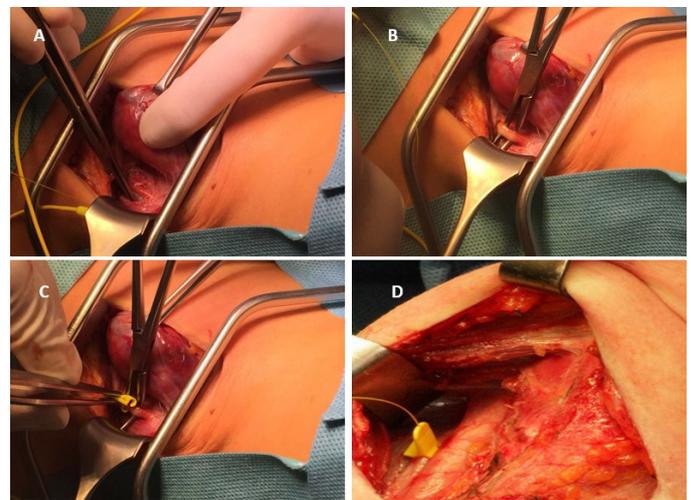


Figura 5

A: Disección de paquete vasculonervioso cervical para identificar el nervio vago; B: Disección del nervio vago; C: Colocación del electrodo APSTM (APS: Automatic Periodic Stimulation-Medtronic Xomed, Jacksonville, FL. EEUU) sobre el nervio vago; D: Disposición final de electrodo de estimulación APSTM sobre nervio vago.

Las dos modalidades de MNI nos ayudan en la identificación y disección del nervio, incluido su seguimiento durante la disección (mapping nervioso), pero el punto de inflexión radica en la posibilidad de identificar un evento clave durante la intervención y que constituye la denominada pérdida de señal EMG.

El INMSG define la pérdida completa de señal con cambios electromiográficos como aquella situación inicial con respuesta EMG satisfactoria asociada a función preoperatoria de la CV intacta y amplitud superior a 100 μV que evoluciona a una ausencia de respuesta o descenso de la amplitud del nervio por debajo de 100 μV (<100 μV) ante una estimulación del nervio con una intensidad de 1 a 2 mA en un campo quirúrgico seco y en ausencia de twitch laríngeo. Subdivide dicha pérdida de señal en dos tipos en función de si se produce una pérdida de señal segmentaria (tipo I) o difusa/global (tipo II) durante la intervención¹². Además, la MNI tanto intermitente como continua permite modificar actitudes quirúrgicas intraoperatorias ante el eventual escenario de pérdida de señal en el primer lado, especialmente en aquellos casos programados para tiroidectomía

total^{17,12,41}. La utilidad de ambas modalidades de monitorización frente a la identificación aislada del NR se refleja en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Identificación visual del Nervio Recurrente frente a la Monitorización Nerviosa Intraoperatoria Intermitente y Continua Modificado de Schneider R et al. *Gland Surg* 2020; 9: 120-128.

	Identificación Visual del Nervio Recurrente	MNI-Intermitente	MNI-Continua
Mejora la estandarización de la MNI	-	+	+
Verifica la malposición del TET	-	+	+
Identificación de la Pérdida de Señal Tipo I y II	-	+	+
Evita la parálisis recurrente bilateral en presencia de nervio recurrente intacto	-	+	+
Detecta y previene una lesión inminente del NR	-	-	+
Permite identificar mecanismos de estrés nervioso intraoperatorio	-	-	+
Identificación de la recuperación intraoperatoria de la funcionalidad del NR	-	+	+
Mínimiza la lesión por tracción del NR	-	-	+
Evita la lesión térmica	-	-	+
Monitorización en tiempo real de todo el NR	-	-	+
Permite modificar maniobras quirúrgicas en base al patrón EMG evidenciado	-	-	+
Disminuye la tasa de parálisis recurrente permanente	-	-	+
Documentación detallada de la actividad EMG	-	+	+

Por lo tanto, ante una pérdida de señal debemos realizar un seguimiento del nervio (*mapping*) para localizar el lugar exacto de la lesión y determinar si se trata de una lesión tipo 1 o tipo 2.

- Tipo 1 (pérdida de señal segmentaria, con señal distal en el NR y ausencia de señal proximal en el NV): suele implicar una lesión del NR que se establece rápidamente y es más severa como consecuencia, en la mayoría de los casos, de un traumatismo directo sobre el nervio ya sea por tracción (68%), lesión térmica por electrocoagulación cerca del nervio (16%) o pellizcamiento directo del nervio (13%) y dejando muy poco tiempo de reacción frente a la agresión. La recuperación de la función de la cuerda vocal es menos frecuente, y en el caso de que se produzca es más lenta. Si la recuperación de la amplitud en quirófano es inferior al 50% respecto a la línea de base, la parálisis recurrente es la norma^{16,41}. El punto de lesión puede ubicarse en cualquier localización a lo largo del curso del nervio siendo la intersección del nervio con la arteria tiroidea inferior y el punto de entrada del nervio en la laringe en proximidad al ligamento de Berry los dos sitios anatómicos de mayor riesgo de lesión nerviosa. La presencia de un NR fino, ramificaciones extralaringeos del NR o una disposición anterior del mismo respecto a la arteria tiroidea inferior puede predisponer a este tipo de lesión⁴⁷.
- Tipo 2 (pérdida de señal difusa, global con ausencia de señal distal y proximal): se trata de una lesión más gradual y menos grave del NR, causada por tracción (92%) y asociada a una recuperación más rápida y frecuente de la función de la cuerda vocal. Si la recuperación de la amplitud en quirófano es inferior al 50% respecto a la línea de base, se producirá una parálisis recurrente en el 70% de los casos^{16,41}. Suele ir precedida de fenómenos o eventos combinados por lo que es susceptible de modificaciones de actitudes quirúrgicas y, por ende, acciones correctoras que no necesariamente desemboquen en parálisis vocales.

La MNI-C permite la identificación gradual de la pérdida de señal tipo 2 producida en la mayoría de los casos por fenómenos de tracción inadvertidos. La presencia en el monitor de sucesos EMG intraoperatorios denominados “*eventos combinados*” que ponen de manifiesto la combinación de un descenso de la amplitud (>50%) unido a un incremento del tiempo de latencia relativo a la línea de base (>10%), constituye el prelude de este tipo de lesión (**Figura 6**). La presencia de una pérdida de señal tipo 1 identifica un mecanismo de producción más abrupto y de mayor severidad respecto a la pérdida de señal difusa o tipo 2⁴⁷.

Desde un punto de vista práctico, la evidencia de eventos combinados durante la MNI-C actúan como señales de alerta ante una posible lesión recurrente inminente (su progresión puede producir una pérdida de señal EMG), permitiendo modificar determinados gestos quirúrgicos (revertir la situación potencial de lesión nerviosa en tiempo real) mediante la liberación del nervio y su consiguiente estrés traumático evitando la progresión hacia una pérdida de señal real, situación muy seria e íntimamente relacionada con una potencial lesión neural. Cuando la presencia de eventos combinados se repite en un mismo periodo de tiempo, resulta juicioso modificar el abordaje a la glándula para evitar la lesión nerviosa definitiva (abordar el tiroides de medial a lateral en lugar de lateral a medial o desde el polo superior o inferior del tiroides).

La MNI-C monitoriza la integridad funcional del NV y NR durante toda la intervención identificando de forma precoz señales electromiográficas asociadas a estados de lesión inminente y,

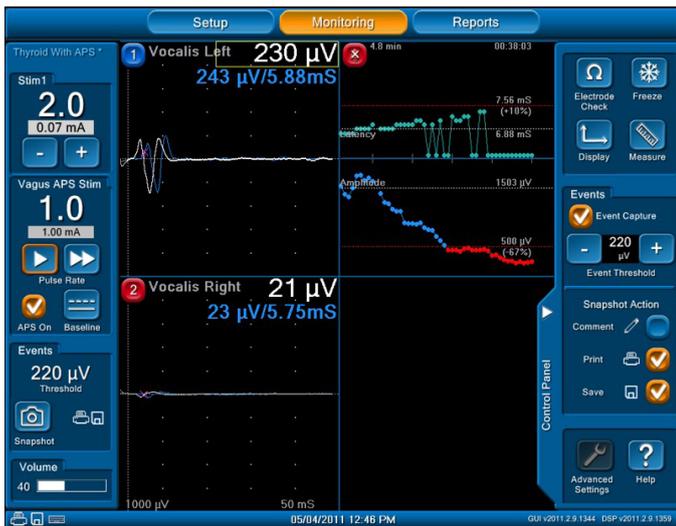
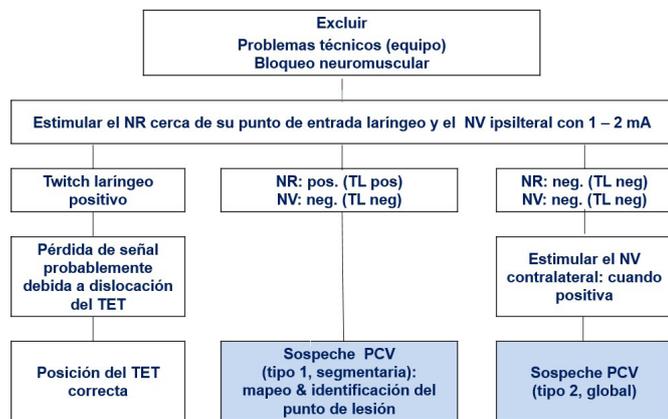


Figura 6

Pérdida de señal evidenciando un evento combinado con descenso de amplitud superior al 50% y aumento del tiempo de latencia superior al 10% por excesiva tracción sobre el nervio recurrente a nivel del ligamento de Berry.

además, permite poner de manifiesto su recuperación funcional intraoperatoria una vez cesada la noxa sobre el nervio.

Ante una eventual pérdida de señal deberemos poner en funcionamiento y de inmediato un algoritmo de actuación encaminado a dilucidar el problema surgido en quirófano, identificar el tipo de lesión y desarrollar la mejor opción posible en ese momento siguiendo las recomendaciones del INMSG (Figura 7).



TL: Twitch laríngeo; NR: nervio recurrente; NV: nervio vago; TET: tubo endotraqueal; PCV: parálisis cuerda vocal

Figura 7

Algoritmo de pérdida de señal.

El trabajo de campo de la MNI es deseable que sea compartido con un neurofisiólogo en quirófano, situación clínica siempre beneficiosa para ambos profesionales y especialmente para el buen desarrollo del procedimiento.

UTILIDAD DE LA MNI-C EN LA IDENTIFICACION DE LA PERDIDA DE SEÑAL INTRAOPERATORIA Y SU RECUPERACION. CIRUGÍA DEFINITIVA O CIRUGÍA EN ETAPAS

La pérdida de señal tipo 1 se corresponde con un trauma agudo y directo sobre el nervio (ligadura, compresión, pellizcamiento, electrocoagulación) mientras que la lesión difusa tipo 2 se caracteriza por fenómenos lesivos más generales e indirectos producidas por fenómenos de tracción que afectan a la vía aérea (se originan desde la propia laringe) o sobre tejidos adyacentes al nervio. Ambos tipos se comportan de manera diferente respecto al momento de instauración de la pérdida de señal EMG medido en tiempo hasta desarrollar la lesión, en la dinámica de los parámetros indicativos de lesión (amplitud y tiempo de latencia) así como en el tiempo de recuperación.

Schneider et al. afirman que, tras una pérdida de señal tipo 1, la señal EMG se recupera habitualmente en 6,9-8 minutos mientras que el tiempo de recuperación tras una lesión global tipo 2 oscila entre los 13 y 15,6 minutos⁴⁸. Desde un punto de vista práctico, ante un nervio lesionado deberemos esperar un tiempo prudencial (generalmente 20 minutos) cesando toda nuestra actividad quirúrgica (incluyendo la tracción sobre el NR, ligamento de Berry, tráquea o movilización del lóbulo tiroideo) para permitir la recuperación de la pérdida de señal por encima del 50% de su amplitud de base, y así poder continuar con garantías suficientes en el lado contralateral en caso de cirugía bilateral. La utilidad de esteroides intravenosos así como el uso de bloqueantes de los canales del calcio para facilitar la recuperación funcional del NR durante una pérdida de señal confirmada han aportado menos valor clínico del esperado^{49,50}.

La recuperación intraoperatoria de la amplitud $\geq 50\%$ sobre la línea de base después de una pérdida de señal en el nervio, implica una función posoperatoria normal de las cuerdas vocales en los pacientes con pérdidas de señal tipo 1 y 2. Sin embargo, la recuperación de la señal tras una pérdida de respuesta EMG inferior al 50% de la línea de base asocia una parálisis precoz de la cuerda vocal en todos los pacientes con pérdida de señal tipo 1 y en el 70% de pacientes con pérdidas globales o tipo 2^{41,47}.

Cuando la pérdida de señal está confirmada tras la evaluación del algoritmo al uso y no se evidencia la recuperación de la amplitud nerviosa con valores por encima del 50% de su valor preoperatorio durante la intervención, nos encontramos en una situación donde el cirujano puede estimar la tasa de riesgo de lesión recurrente oscilando entre 62,5 a 77,8% para la MNI-I y del 88,2% para al continua³⁵. Este escenario nos hará reconsiderar la continuidad del procedimiento especialmente si ha sucedido en el primer lado en casos planificados para tiroidectomía total introduciendo el concepto de tiroidectomía en dos tiempos o en etapas (Figura 8).

La tiroidectomía en etapas puede definirse como una resección tiroidea que se realiza en dos tiempos: durante el primer tiempo se procede a la exéresis del lóbulo dominante en el caso del bocio multinodular o bien del lóbulo en el que se encuentra el nódulo tumoral, y en un segundo tiempo quirúrgico se completa la tiroidectomía. Cuando llevamos a cabo una tiroidectomía en etapas

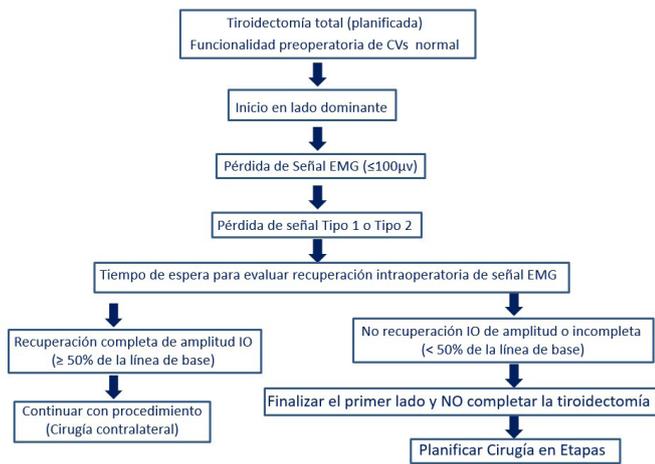


Figura 8

Algoritmo de decisión Intraoperatoria ante la pérdida de señal en patología tiroidea bilateral.

guiada por la información sobre la función del nervio que nos aporta la MNI, la decisión de diferir el segundo tiempo quirúrgico se apoya en el riesgo que entraña para el paciente, ante una pérdida de señal durante la disección del primer lóbulo tiroideo, una eventual pérdida de señal EMG en el lado opuesto que conlleve una lesión recurrencial bilateral al completar la tiroidectomía en el mismo acto quirúrgico. Por ello, se recomienda diferir la totalización de la tiroidectomía hasta que se evidencie mediante laringoscopia la recuperación de la función de la cuerda vocal, que suele producirse entre los dos y los seis meses después de la intervención^{47,48,51}. Las lesiones recurrenciales difusas presentan un tiempo de recuperación de la función de las cuerdas vocales más precoz respecto a las lesiones segmentarias (mediana de 27 vs 62 días; $p < 0,01$), lo que sugiere un daño menos severo⁴⁷. En el caso de que la cuerda vocal no recupere su función después de este tiempo, tendremos que valorar el riesgo-beneficio de completar la tiroidectomía⁴⁸.

Por consiguiente, la reevaluación del caso ante una verdadera pérdida de señal EMG en el primer lado permite modificar la estrategia quirúrgica optando por tres escenarios diferentes dependiendo de diversas variables (tipo de patología tiroidea, urgencia relativa del procedimiento, experiencia del cirujano):

- Finalizar la intervención en ese lado y proponer la cirugía en etapas.
- Tiroidectomía subtotal contralateral en el mismo acto operatorio en lugar de tiroidectomía total para preservar la función del NR contralateral.
- Continuar el procedimiento al lado contralateral en situaciones excepcionales y suficientemente meditadas siendo especialmente cautelosos con el manejo del NR contralateral. Este proceder debe quedar relegado a cirujanos con demostrada experiencia quirúrgica y en centros especializados.

LÍMITES DE LA MONITORIZACIÓN Y COSTE EFECTIVIDAD DE LA TECNOLOGÍA

La limitación más evidente de la MNI-I es el desconocimiento de la funcionalidad real del nervio en periodos entre estimulaciones eléctricas. Constituye una limitación temporal, ya que sólo podemos comprobar la integridad funcional del nervio en el momento en el que es estimulado. Esto se traduce en que el nervio podría estar en riesgo durante los periodos entre estimulaciones en los cuales no contamos con un registro EMG en tiempo real que nos pueda alertar sobre la peligrosidad de determinadas maniobras quirúrgicas para la integridad del NR.

Por otro lado, la MNI-I presenta una limitación espacial, ya que sólo se registra la función del NR entre los niveles prefijados de estimulación y los electrodos de registro. De este modo, las lesiones proximales del NR no son registradas y pueden pasar desapercibidas¹⁶.

La MNI-C soluciona en parte este problema ya que proporciona un registro EMG continuo del NV y el NR durante toda la intervención. Para ello, el electrodo ubicado en el nervio vago nos permite registrar de forma continuada la función del NR sin necesidad de estimular el nervio con la sonda. De este modo, nos permite modificar maniobras quirúrgicas antes de que se produzca una lesión nerviosa. La respuesta del cirujano a los cambios electromiográficos intraoperatorios marca la diferencia de la modalidad de estimulación continua respecto a la MNI-I (Tabla 4).

Tabla 4. Ventajas de la monitorización nerviosa intraoperatoria continua.

Monitorización Nerviosa Intraoperatoria Continua
Mejora los estándares de uso de la MNI al estimular el NV de forma permanente.
Permite reducir el riesgo de lesión entre estimulaciones.
Permite monitorizar la función del NR en tiempo real.
Obtiene información relevante de la actividad EMG-documentación (latencia, amplitud, morfología de la onda).
Puede identificar situaciones de riesgo inminente de lesión nerviosa (evento combinado, por ejemplo).
Permite modificar actitudes-maniobras quirúrgicas ante situaciones de riesgo inminente de lesión nerviosa para prevenir la lesión recurrencial.
Permite la sincronización de maniobras quirúrgicas.
Identifica mecanismos de estrés nervioso-potencial lesión nerviosa.
Identifica la pérdida de señal EMG y su recuperación funcional.
Verifica la malposición del TET.

Sin embargo, la MNI-C continua también tiene limitaciones. El electrodo del nervio vago debe estar bien colocado para obtener un registro fiable. Es importante evitar que éste se movilice durante la cirugía ya que podrían generarse artefactos difíciles de distinguir de una lesión nerviosa.

Otra limitación es su curva de aprendizaje que es mucho mayor que la requerida para la MNI-I. La MNI-C nos proporciona mucha más información y supone un avance tecnológico importante, pero interpretar todos estos datos resulta complejo. Sus limitaciones están muy supeditadas a la técnica quirúrgica, conocimiento y comportamiento del nervio junto a problemas de índole puramente técnicos (Tabla 5). En esta línea, Brauckhoff *et al.* ponen de manifiesto que hasta el 66% de los eventos electromiográficos registrados mediante MNI-C en su estudio, se debieron a artefactos técnicos⁵².

Tabla 5. Límites de la monitorización nerviosa intraoperatoria.

Límites de la monitorización nerviosa

- La parálisis recurrente puede ocurrir a pesar de su uso
- Precisa de un entrenamiento adecuado y uso protocolizado de técnica acorde a estándares clínicos
- Extenso conocimiento de eventuales contingencias y desarrollo de algoritmos de decisión IO ante una pérdida de señal.
- Valor predictivo positivo bajo
- La integridad funcional del NR queda limitada a un corto intervalo de tiempo (durante la estimulación) y específicamente en el sitio directo de la estimulación
- No puede evitar todos los tipos posibles de lesión nerviosa (sección, térmica)
- Requiere una curva de aprendizaje importante y una correcta interpretación del registro EMG
- No discierne con claridad la pérdida de señal tipo 1 y 2
- Los valores predeterminados de alarma (umbral) deben definirse
- Desplazamiento-migración de electrodo sobre el NV
- Disección nerviosa

Una de las razones esgrimidas para la limitación en el uso de la monitorización es su elevado coste. El uso de la monitorización conlleva un gasto variable entre países⁴⁸. El uso de la monitorización intraoperatoria incrementa en un 5-7% el gasto global del procedimiento de tiroidectomía⁵³, lo que puede ser una carga considerable en determinados sistemas sanitarios especialmente para una patología tan frecuente.

El equipamiento y procedimiento de la MNI no podrá ser coste-efectivo cuando analizamos exclusivamente los costes directos de la lesión recurrente y que incluye, en esencia, los costes del equipo (compra del sistema de monitorización y los servicios regulares asociados) y los consumibles por paciente (tubo endotraqueal con electrodos, parches y sondas EMG). Sin embargo, cuando analizamos los costes indirectos derivados de la lesión recurrente tales como las exploraciones laringológicas seriadas, consultas y tratamientos foniatrícos, intervenciones quirúrgicas sobre las cuerdas vocales o reclamaciones judiciales, este índice varía. Diversos estudios han confirmado el coste-efectividad del uso rutinario de la MNI especialmente a medida que se incrementa el grado de dificultad del procedimiento y, paralelamente, el incremento potencial de complicaciones.

Rocke *et al.* examinaron el coste-efectividad del uso rutinario de la MNI en todas las intervenciones vs uso selectivo de la MNI (sólo en casos de alto riesgo) vs. no uso, concluyendo que el uso selectivo de la MNI en casos de alto riesgo pudiera ser coste-efectivo sólo si el cirujano es capaz de disminuir la tasa de lesión recurrente por encima de 50,4% respecto a la identificación visual aislada⁵⁴. Al-Qurayshi *et al.* afirman utilizando el método de simulación estadístico de cadenas de Markov Monte Carlo, que la MNI constituye una herramienta muy útil y coste-efectiva para prevenir la lesión recurrente bilateral especialmente en procedimientos de tiroidectomía total (basado años de vida ajustados por calidad), y su información debería ayudar a la toma de decisiones intraoperatoria en caso de pérdida de señal⁵⁵.

Wang *et al.* analizan, mediante un modelo de simulación económica, la utilidad clínica y la relación coste-efectividad de la implementación de la MNI en la cirugía de tiroides en relación con la tasa de prevalencia de la lesión recurrente y el momento de la recuperación. Los resultados de su análisis sugieren que la MNI es coste-efectiva cuando la prevalencia de lesión recurrente transitoria es mayor del 38%, situación alejada de la práctica clínica, y sería clínicamente rentable en aquellos pacientes que pudieran padecer una parálisis definitiva del nervio cuando se estima la incidencia alrededor del 3% de la población de cohortes simulada. Además, introducen el concepto de experiencia quirúrgica en el manejo de la MNI como verdadero condicionante para su rentabilidad al considerar el coste-efectividad del procedimiento cuando el cirujano realiza más de 5 procedimientos con monitorización intraoperatoria/semana⁵⁶.

Otros autores, sin embargo, sugieren que la MNI nunca podrá ser coste-efectiva aun presuponiendo que cada lesión recurrente pudiera ser prevenida con su uso, situación alejada de nuestra realidad cotidiana⁵⁷.

Sin embargo, el análisis real del coste es difícil y está sometido a diversas variables que no engloban simplemente al gasto atribuible al uso de la MNI. Aunque podamos identificar en parte el gasto real del uso de la MNI (equipamiento y consumibles) y el coste total del paciente con lesión recurrente (baja laboral, seguimiento ambulatorio, laringoscopias, foniatría, intervenciones sobre las cuerdas vocales), es difícil estimar otros costes derivados de la parálisis recurrente (y no sólo la disfonía) sobre la calidad de vida del paciente y que también son limitantes, como son la dificultad en la deglución y aspiración⁵⁸. A esto habría que añadir el uso no protocolizado de la laringoscopia pre y posoperatoria para valorar el estado real de la funcionalidad del NR por parte de muchos cirujanos, escenario que sin duda afecta al gasto global del procedimiento.

MONITORIZACIÓN DE LA RAMA INTERNA DEL NERVIOS LARÍNGEO SUPERIOR

La rama interna del nervio laríngeo superior (RI-NLS) aporta las aferencias sensitivas de las porciones supraglótica y glótica. A nivel del troncoencéfalo, un arco reflejo formado por las aferencias sensitivas de la RI-NLS, interneuronas en el núcleo del tracto solitario ipsilateral, núcleo ambiguo bilateral y sus respectivas eferencias motoras mediadas por el NR constituyen el reflejo de adducción laríngeo⁵⁹, un reflejo que protege la vía aérea frente a la aspiración mediante la contracción del músculo tiroaritenoides de ambos lados en dos tiempos (respuestas precoz o R1 y tardía o R2).

Recientes trabajos sugieren que el reflejo de adducción laríngeo no se inhibe por completo empleando TIVA (total intravenous anesthesia) y puede ser monitorizado mediante estimulación eléctrica de la mucosa laríngea contralateral al campo quirúrgico, empleando para el estímulo los electrodos adosados al TET contralaterales al lado quirúrgico y para el registro motor los electrodos ipsilaterales del TET^{60,61,62}. Mediante estímulos simples o con trenes de 2 estímulos (con un intervalo interestímulo de 2-4 ms, intensidades entre 2 y 4 mA y duración de pulsos entre 0,1 y 1 ms de duración), los datos preliminares muestran respuestas reproducibles con latencias de escasa dispersión, situadas a 22 y 64 ms para las respuestas R1 y R2 respectivamente⁶⁰. Como criterio de alarma los datos preliminares muestran una alta correlación entre parálisis vocal postoperatoria y descensos de la amplitud del reflejo laríngeo superiores al 60% respecto al basal⁶³.

Esta nueva modalidad de monitorización continua muestra un gran potencial ya que permite monitorizar de forma continua vías sensitivas (RI-NLS) y motoras (NV, NR) así como núcleos del troncoencéfalo (nn. del tracto solitario y ambiguo) sin interferir con el trabajo quirúrgico ya que no se precisa interrumpir la cirugía y sin ocasionar incrementos de coste dado que se emplean los electrodos de registro adosados al TET, y los equipos de monitorización neurofisiológica multimodales actuales permiten incluir estos protocolos.

CONCLUSIONES

La MNI de la RE-NLS facilita la identificación nerviosa, su monitorización y funcionalidad durante el abordaje quirúrgico del polo superior de la glándula tiroides y debería ser un procedimiento realizado rutinariamente.

La identificación visual del NR constituye el *gold standard* de la cirugía tiroidea siendo el papel de la MNI más controvertido. La MNI constituye una herramienta enormemente útil en la cirugía tiroidea para identificar y preservar la función del NR, verificar la integridad y respuesta funcional y permitir localizar el sitio de una potencial lesión nerviosa en caso de pérdida de señal. Sin embargo, su uso no reduce significativamente la tasa de parálisis recurrencial frente a la visualización aislada.

La MNI no reemplaza el juicio clínico del cirujano pero sí mejora los estándares de gestión en el manejo del nervio en constante riesgo de lesión. La MNI-C ya es una realidad y, aunque su desarrollo ha sido muy rápido, representa una herramienta complementaria y no excluyente a la MNI-I siendo necesarios más estudios para poder emitir conclusiones certeras. La monitorización del reflejo de aducción laríngeo es una opción en pleno desarrollo en la actualidad para la monitorización de los nervios laríngeos y vago y debe considerarse dentro de las herramientas intraoperatorias de las que dispone el cirujano.

BIBLIOGRAFÍA

- Lin HS, Terris DJ. An update on the status of nerve monitoring for thyroid/parathyroid surgery. *Curr Opin Oncol*. 2017; 29(1):14-19.
- Zhang D, Pino A, Caruso E, Dionigi G, Sun H. Neural monitoring in thyroid surgery is here to stay. *Gland Surgery*. 2020; 9(1): 43-46.
- Abadin SS, Kaplan EL, Angelos P. Malpractice litigation after thyroid surgery: the role of recurrent laryngeal nerve injuries, 1989-2009. *Surgery*. 2010;148(4):718-22
- Chiang FY, Lu IC, Kuo WR, Lee KW, Chang NC, Wu CW. The mechanism of recurrent laryngeal nerve injury during thyroid surgery--the application of intraoperative neuromonitoring. *Surgery*. 2008; 143(6):743-9.
- Snyder SK, Lairmore TC, Hendricks JC, Roberts OJ. Elucidating Mechanisms of Recurrent Laryngeal Nerve Injury during Thyroidectomy and Parathyroidectomy. *J Am Col Surg* 2008;206 (1):123-30
- Snyder SK, Lairmore TC, Hendricks JC, Roberts JW. The mechanism of recurrent laryngeal nerve injury during thyroid surgery--the application of intraoperative neuromonitoring. *J Am Coll Surg*. 2008; 206(1):123-30.
- Schneider R, Randolph G, Dionigi G, Barczyński M, Chiang FY, Triponez F et al. Prospective study of vocal fold function after loss of the neuromonitoring signal in thyroid surgery: The International Neural Monitoring Study Group's POLT study. *Laryngoscope*. 2016; 126(5):1260-6.
- Engelsman A.F, Warhurst S, Fraser S, Novakovic D, Sidhu SB. Influence of neural monitoring during thyroid surgery on nerve integrity and postoperative vocal function. *BJS Open* 2018; 2: 135-141.
- Rosato L, Avenia N, Bernante P, De Palma M, Gulino G, Nasi PG et al. Complications of thyroid surgery: analysis of a multicentric study on 14,934 patients operated on in Italy over 5 years. *World J Surg*. 2004; 28(3):271.
- Jeannon JP, Orabi AA, Bruch GA, Abdalsalam HA, Simo R. Diagnosis of recurrent laryngeal nerve palsy after thyroidectomy: a systematic review. *Int J Clin Pract* 2009; 63:624-629.
- Nouraei SA, Virk JS, Middleton SE, Aylin P, Mace A, Vaz F et al. A national analysis of trends, outcomes and volume-outcome relationships in thyroid surgery. *Clin Otolaryngol*. 2017; 42(2):354-365.
- Randolph GW, Dralle H, International Intraoperative Monitoring Study Group et al. Electrophysiologic recurrent laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery: international standards guideline statement. *Laryngoscope*. 2011; 121 Suppl 1:S1-16.
- Randolph GW, Kamani D. Intraoperative Electrophysiologic Monitoring of the Recurrent Laryngeal Nerve During Thyroid and Parathyroid Surgery: Experience with 1381 Nerves at Risk. *Laryngoscope*. 2017; 127(1):280-286.
- Singer MC, Rosenfeld RM, Sundaram K. Laryngeal nerve monitoring: current utilization among head and neck surgeons. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2012; 146:895-899.
- Sturgeon C, Sturgeon T, Angelos P. Neuromonitoring in thyroid surgery: attitudes, usage patterns and predictors of use among endocrine surgeons. *World J Surg* 2009; 33:417-425.
- Schneider R, Machens A, Randolph GW, Kamani D, Lorenz K, Dralle H. Opportunities and challenges of intermittent and continuous intraoperative neural monitoring in thyroid surgery. *Gland Surg*. 2017; 6(5):537-545.
- Feng AL, Puram SV, Singer MC, Modi R, Kamani D, Randolph GW. Increased prevalence of neural monitoring during thyroidectomy: Global surgical survey. *Laryngoscope* 2020; 130(4): 1097-1104.

18. Barczyński M, Konturek A, Stopa M, Honowska A, Nowak W. Randomized controlled trial of visualization versus neuromonitoring of the external branch of the superior laryngeal nerve during thyroidectomy. *World J Surg.* 2012; 36(6):1340-7.
19. Pagedar NA, Freeman JL. Identification of the external branch of the superior laryngeal nerve during thyroidectomy. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2009; 135(4):360-2.
20. Lennquist S, Cahlin C, Smeds S. The superior laryngeal nerve in thyroid surgery. *Surgery* 1987; 102:999-1008.
21. Barczyński M, Randolph GW, Cernea CR, Dralle H, Dionigi G, Alesina PF et al. External Branch of the Superior Laryngeal Nerve Monitoring During Thyroid and Parathyroid Surgery: International Neural Monitoring Study Group Standards Guideline Statement. *Laryngoscope.* 2013; 123:1-14.
22. Mangano A, Dionigi G. The need for standardized technique in intraoperative monitoring of the external branch of the superior laryngeal nerve during thyroidectomy. *Surgery.* 2011; 149(6):854-5.
23. Marañillo Alcaide E, Durán Poveda M, Franco Herrera R, García Muñoz-Najar A, Gavilán Bouzas J, Ferrero Herrero E et al. Anatomía Quirúrgica de la Glándula Tiroidea. En: Ferrero Herrero E, Durán Poveda M, eds. *Cirugía Tiroidea en Imágenes.* Madrid: Editorial Dykinson, 2017; 19-27.
24. Sanabria A, Chala A, Ramírez A, Álvarez A. Anatomía quirúrgica cervical de importancia en cirugía tiroidea. *Rev Colomb Cir.* 2014; 29:50-58.
25. Pardal-Refoyo JL, Parente-Arias P, Arroyo-Domingo MM, Maza-Solano JM, Granell-Navarro J, Martínez-Salazar JM et al. Recomendaciones sobre el uso de la neuromonitorización en cirugía de tiroides y paratiroides. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2018; 69(4):231-242.
26. Otto RA, Cochran CS. Sensitivity and specificity of intraoperative recurrent laryngeal nerve stimulation in predicting postoperative nerve paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2020; 111(11):1005-7.
27. Kaye AD, Francis SF. Principles of neurophysiological assessment, mapping and monitoring. New York: Springer; 2014.
28. 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; 35:1591-1598.
29. Cernea CR, Brandao LG, Brandao J. Neuromonitoring in thyroid surgery. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2012; 20:125-129.
30. Barczyński M, Konturek A, Cichoń S. Randomized clinical trial of visualization versus neuromonitoring of recurrent laryngeal nerves during thyroidectomy. *Br J Surg.* 2009; 96(3):240-6.
31. Wong KP, Mak KL, Wong CK, Lang BP. Systematic review and meta-analysis on intra-operative neuro-monitoring in high-risk thyroidectomy. *Int J Surg* 2017; 38:21-30.
32. Sun W, Liu J, Zhang H, Zhang P, Wang Z, Dong W et al. A meta-analysis of intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerve palsy during thyroid reoperations. *Clin Endocrinol* 2017; 87:572-80.
33. Zheng S, Xu Z, Wei Y, Zeng M, He J. Effect of intraoperative neuromonitoring on recurrent laryngeal nerve palsy rates after thyroid surgery-a meta-analysis. *J Formos Med Assoc* 2013; 112:463-72.
34. Malik R, Linos D. Intraoperative Neuromonitoring in Thyroid Surgery: A Systematic Review. *World J Surg* 2016; 40:2051-8.
35. 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; 188:152-61.
36. Cirocchi R, Arezzo A, D'Andrea V, Abraha I, Popivanov GI, Avenia N et al. Intraoperative neuromonitoring versus visual nerve identification for prevention of recurrent laryngeal nerve injury in adults undergoing thyroid surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019; 19; 1(1):CD012483.
37. Bergenfelz A, Salem AF, Jacobsson H, Nordenström E, Almqvist M, Steering Committee for the Scandinavian Quality Register for Thyroid, Parathyroid and Adrenal Surgery (SQRTPA). Risk of Recurrent Laryngeal Nerve Palsy in Patients Undergoing Thyroidectomy With and Without Intraoperative Nerve Monitoring. *Br J Surg.* 2016; 103(13):1828-1838.
38. Terris DJ, Anderson SK, Watts TL, Chin E. Laryngeal Nerve Monitoring and Minimally Invasive Thyroid Surgery: Complementary Technologies. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2007; 133(12):1254-7.
39. Durán Poveda MC, Dionigi G, Sitges-Serra A, Barczynski M, Angelos P, Dralle H et al. Intraoperative Monitoring of the Recurrent Laryngeal Nerve during Thyroidectomy: A Standardized Approach (Part 1). *WJOES.* 2011; 3(3): 144-150.
40. Goretzki PE, Schwarz K, Brinkmann J, Wirowski D, Lammers BJ. The Impact of Intraoperative Neuromonitoring (IONM) on Surgical Strategy in Bilateral Thyroid Diseases: Is It Worth the Effort? *World J Surg* 2010; 34(6):1274-84.
41. Schneider R, Randolph GW, Barczynski M, Dionigi G, Wu CW, Chiang FY et al. Continuous intraoperative neural monitoring of the recurrent nerves in thyroid surgery: a quantum leap in technology. *Gland Surg* 2016; 5 (6): 607-616.
42. Durán Poveda M, Zarain Obrador L, García Muñoz Najar A., Ruiz Tova J, Dionigi G. Intraoperative neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve. In: Ruiz-Tovar J, ed. *Uses of Electrical Stimulation for Digestive and Endocrine Surgeons.* New York: Nova Medicine & Health, 2019; 125-144.
43. Dionigi G, Dralle H, Liddy W, Kamani D, Kyriazidis N, Randolph GW. IONM of the Recurrent Laryngeal Nerve. In: Randolph GW, ed. *The Recurrent and Superior Laryngeal Nerves.* Basel: Springer International Publishing AG Switzerland, 2016; 147-168.
44. Chan WF, Lang BH, Lo CY. The role of intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerve during thyroidectomy: a comparative study on 1000 nerves at risk. *Surgery.* 2006; 140(6):866.
45. Wojtczak B, Kaliszewski K, Sutkowski K, Głód M, Barczyński M. Evaluating the introduction of intraoperative neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve in thyroid and parathyroid surgery. *Arch Med Sci.* 2018; 14(2):321-328.
46. Durán Poveda M, Dionigi G, Sitges-Serra A, Barczynski M, Angelos P, Dralle H et al. Intraoperative Monitoring of the Recurrent Laryngeal Nerve during Thyroidectomy: A Standardized Approach (Part 2). *WJOES.* 2012; 4(1): 33-40.

47. Schneider R, Sekulla C, Machens A, Lorenz K, Thanh PN, Dralle H. Dynamics of loss and recovery of the nerve monitoring signal during thyroidectomy predict early postoperative vocal fold function. *Head Neck* 2016; 38: 1144-1151.
48. Schneider R, Machens A, Lorenz K, Dralle H. Intraoperative nerve monitoring in thyroid surgery – shifting current paradigms. *Gland Surg* 2020; 9: 120-128.
49. Sridharan SS, Rosen CA, Smith LJ, Young VN, Munin MC. Timing of nimodipine therapy for the treatment of vocal fold paralysis. *Laryngoscope*. 2015; 125(1):186-90.
50. Schietroma M, Cecilia EM, Carlei F, Sista F, De Santis G, Lancione L et al. Dexamethasone for the prevention of recurrent laryngeal nerve palsy and other complications after thyroid surgery: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2013; 139(5):471-8.
51. Perie S, Ait-Mansour A, Devos M, Sonji G, Baujat B, St Guily JL. Value of recurrent laryngeal nerve monitoring in the operative strategy during total thyroidectomy and parathyroidectomy. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 2013; 130: 131-136.
52. Brauckhoff K, Vik R, Sandvok L, Heimdal JH, Aas T, Biermann M et al. Impact of EMG changes in continuous vagal nerve monitoring in high-risk endocrine neck surgery. *World J Surg* 2016; 40: 672-80.
53. Dionigi G, Bacuzzi A, Boni L, Rausei S, Rovera F, Dionigi R. Visualization versus neuromonitoring of recurrent laryngeal nerves during thyroidectomy: what about the costs? *World J Surg*. 2012; 36(4):748-54.
54. Rocke DJ, Goldstein DP, de Almeida JR. A Cost-Utility Analysis of Recurrent Laryngeal Nerve Monitoring in the Setting of Total Thyroidectomy. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2016; 142(12):1199-1205.
55. Al-Qurayshi Z, Kandil E, Randolph GW. Cost-effectiveness of intraoperative nerve monitoring in avoidance of bilateral recurrent laryngeal nerve injury in patients undergoing total thyroidectomy. *Br J Surg*. 2017; 104(11):1523-1531.
56. Wang T, Kim HY, Wu CW, Rausei S, Sun H, Pergolizzi FP et al. Analyzing cost-effectiveness of neural-monitoring in recurrent laryngeal nerve recovery course in thyroid surgery. *Int J Surg* 2017; 48:180-8.
57. Loch-Wilkinson TJ, Stalberg PL, Sidhu SB, Sywak MS, Wilkinson JF, Delbridge LW. Nerve stimulation in thyroid surgery: is it really useful? *ANZ J Surg* 2007; 77:377-80.
58. Vasileiadis I, Karatzas T. Cost-effectiveness of recurrent laryngeal nerve monitoring in thyroid surgery. *Gland Surg*. 2019; 8(4):307-311.
59. Sasaki CT, Jassin B, Kim YH, Hundal J, Rosenblatt W, Ross DA. Central facilitation of the glottic closure reflex in humans. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2003; 112:293-7.
60. Sinclair CF, Téllez MJ, Tapia O, Ulkatan S, Deletis V. A novel methodology for assessing laryngeal and vagus nerve integrity in patients under general anesthesia. *Clin Neurophysiol* 2017; 128:1399-1405.
61. Sinclair CF, Tellez MJ, Tapia OR, Ulkatan S. Contralateral R1 and R2 components of the laryngeal adductor reflex in humans under general anesthesia. *Laryngoscope*. 2017; 127(12):443-448.
62. Sinclair CF, Tellez MJ, Tapia OR, Ulkatan S, Deletis V. A novel methodology for assessing laryngeal and vagus nerve integrity in patients under general anesthesia. *Clin Neurophysiol*. 2017; 128(7):1399-1405.
63. Sinclair CF, Tellez MJ, Ulkatan S. Noninvasive, tube-based, continuous vagal nerve monitoring using the laryngeal adductor reflex: Feasibility study of 134 nerves at risk. *Head Neck*. 2018; 40(11):2498-2506.