



Revista de Otorrinolaringología y disciplinas relacionadas dirigida a profesionales sanitarios
Órgano de difusión de la Sociedad Otorrinolaringológica de Castilla y León, Cantabria y La Rioja
Periodicidad continuada

Edita: Sociedad Otorrinolaringológica de Castilla y León, Cantabria y La Rioja
revistaorl@revistaorl.com
web: www.revistaorl.com

Director:

José Luis Pardal Refoyo (Zamora)

Comité Editorial:

Carmelo Morales Angulo (Cantabria)

Darío Morais Pérez (Valladolid)

Ángel Muñoz Herrera (Salamanca)

Manuel Tapia Risúeño (Ponferrada. León)

Antonio Sánchez del Hoyo (Logroño)

Jaime Santos Pérez (Valladolid. España)

Luis Ángel Vallejo Valdezate (Valladolid)

Javier Martínez Subías (Soria)

Pablo Casas Rodera (León)

Enrique Coscarón Blanco (Zamora)

José Granell Navarro (Ávila)

María Jesús Velasco García (Ávila)

Ana Isabel Navazo Eguía (Burgos)

José Luis Alonso Treceño (Palencia)

Comité Externo Nacional:

Ángel Ramos Macías (Gran Canaria)

Carlos Ochoa Sangrador (Zamora)

Luis Lassaleta Atienza (Madrid)

Francisco García Purriños (Murcia)

José Luis Llorente Pendás (Asturias)

Constantino Morera Pérez (Valencia)

Juan Ignacio Rayo Madrid (Badajoz)

Revista de la Sociedad Otorrinolaringológica de Castilla y León, Cantabria y La Rioja

ISSN 2171-9381

www.revistaorl.com

Artículo de revisión

Revisión sobre la neuromonitorización en cirugía tiroidea

Review of the neuromonitoring in thyroid surgery

José Luis Pardal-Refoyo* y Jesús Javier Cuello-Azcárate**

*Complejo Asistencial de Zamora. SACYL. Hospital Virgen de la Concha. Zamora. * Servicio de Otorrinolaringología. ** Servicio de Anestesiología*

Contacto: jlpardal@saludcastillayleon.es

Recibido:
08/04/2012

Aceptado:
15/04/2012

Publicado:
16/04/2012

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Referencia para citar este documento:

Pardal-Refoyo JL, Cuello-Azcárate JJ. Revisión sobre la neuromonitorización en cirugía tiroidea. Rev Soc Otorrinolaringol Castilla Leon Cantab La Rioja. 2012; 3. Supl. 2:1-56.

Resumen

Introducción y objetivos: La identificación del nervio laríngeo recurrente (NLR) durante la cirugía de la glándula tiroides se considera patrón de referencia para evitar su lesión. El registro electromiográfico de la actividad del músculo tiroaritenoso tras el estímulo eléctrico del nervio vago o del NLR ayuda durante la identificación del NLR e informa de su estado funcional al finalizar la tiroidectomía. Para el registro electromiográfico dos son las técnicas más utilizadas: mediante electrodos de superficie en el tubo de intubación endotraqueal (TET) y mediante electrodos de aguja insertados en los músculos tiroaritenosos a través de la membrana cricotiroidea (técnica transligamentaria, TL). Objetivos: revisar los métodos de identificación del NLR en cirugía tiroidea, las principales técnicas de neuromonitorización del NLR, su validez y resumir los detalles técnicos prácticos.

Conclusiones: La neuromonitorización ayuda en la localización, identificación y disección del NLR, ayuda en la toma de decisiones cuando hay pérdida de la señal electromiográfica y ofrece información sobre la función del NLR al finalizar la intervención quirúrgica. La neuromonitorización tiene beneficios en la práctica clínica, para la investigación, para la docencia y en el ámbito médico-legal.

Palabras clave: tiroides; tiroidectomía; cirugía; nervio laríngeo recurrente; neuromonitorización intraoperatoria; complicaciones; cuerda vocal; seguridad del paciente

Review of the neuromonitoring in thyroid surgery**Summary**

Introduction and Objectives: The identification of recurrent laryngeal nerve (RLN) during thyroid surgery is considered gold standard to prevent their injury. Electromyographic recordings of the thyroarytenoid muscle activity after electrical stimulation of the vagus or RLN nerves aid during identification of the RLN and reports of their functional status at the end of thyroidectomy. For the record electromyographic two are the most useful techniques: using surface electrodes on the endotracheal tube (ETT) and by needle electrodes inserted into the thyroarytenoid muscles across the cricothyroid membrane (transligamentary technique, TL). Objectives: To review the methods of identification of the RLN in thyroid surgery, the main techniques for neuromonitoring, their validity and summarize practical technical details.

Conclusions: The neuromonitoring aid in the location, identification and dissection the RLN, aid in decision-making when there is loss of the electromyographic signal and provides information about the function of NLR at the end of surgery. The neuromonitoring has benefits in clinical practice, research, in teaching and in medical-legal.

Keywords: thyroid; thyroidectomy; surgery; recurrent laryngeal nerve; intraoperative nerve monitoring; complications; vocal cord; patient safety

Índice de apartados

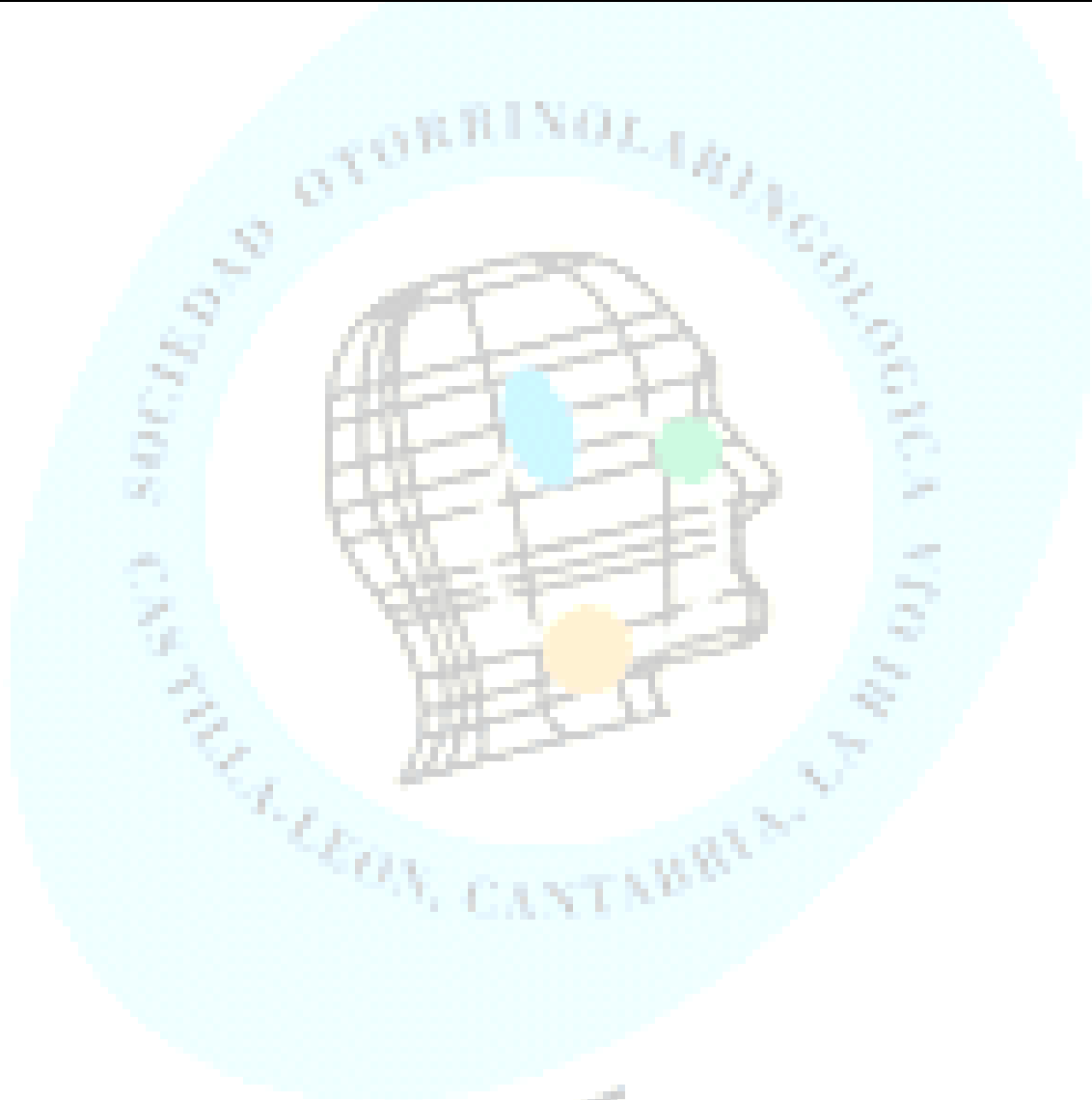
Introducción. Seguridad en cirugía tiroidea. Eventos centinela.
Parálisis laríngea
Reducción del riesgo de parálisis laríngea
La identificación del nervio laríngeo recurrente
Técnicas para identificar el nervio laríngeo recurrente
Identificación del NLR mediante estímulo eléctrico y registro de la motilidad laríngea
Ventajas de la neuromonitorización
Objetivos de la neuromonitorización
Bases neurofisiológicas
Qué técnica elegir
Componentes del sistema
Técnica de neuromonitorización
Neuromonitorización: interpretación de la señal y validez
Interpretación de la pérdida de señal
Neuromonitorización y anestesia
Comentarios
Conclusiones
Bibliografía

Índice de tablas y figuras

TABLAS	FIGURAS
Tabla 1. Incidencia de parálisis laríngea en tiroidectomía en la bibliografía	Figura 1. Relaciones del nervio laríngeo recurrente con la arteria tiroidea inferior
Tabla 2. Incidencia de parálisis laríngea en tiroidectomía con y sin NM	Figura 2. Indicación de los puntos seguros para evitar la lesión de los nervios laríngeos y las glándulas paratiroides durante la cirugía tiroidea
Tabla 3. Factores que pueden influir en la estimación de la incidencia de parálisis laríngea comunicada (sesgos)	Figura 3. Gráfica que muestra el número de publicaciones desde 1972 hasta 2011 sobre neuromonitorización del nervio laríngeo recurrente en cirugía tiroidea
Tabla 4. Objetivos y consecuencias de la neuromonitorización en cirugía tiroidea	Figura 4. Componentes de un sistema de neuromonitorización
Tabla 5. Ventajas e inconvenientes de utilizar la neuromonitorización. Argumentos hallados en la literatura.	Figura 5. Tubo endotraqueal con electrodos de superficie (TET)
Tabla 6. Comparación de tres técnicas de neuromonitorización	Figura 6. Electrodos pareados de aguja para realizar neuromonitorización transligamentaria (NMTL). Las agujas tienen descubiertos los 5mm distales.
Tabla 7. Parámetros utilizados	Figura 7. Caja de conexión (Medtronic).
Tabla 8. Técnica en cuatro pasos	Figura 8. Electrodos colocados durante la técnica de neuromonitorización transligamentaria. Los electrodos de tierra y retorno se enclavan en la zona esternal, clavicular o en el hombro. El electrodo pareado de registro electromiográfico se inserta en la membrana cricotiroides con una inclinación de unos 30° para evitar pinchar el balón del tubo endotraqueal.
Tabla 9. Interpretación de los registros de la NM en relación con la laringoscopia postquirúrgica	Figura 9. Detalle del electrodo de estimulación colocado sobre el nervio laríngeo recurrente empleando la técnica de neuromonitorización transligamentaria.
Tabla 10. Falso positivo según el momento de la cirugía	
Tabla 11. Neuromonitorización en cirugía tiroidea. Interpretación de la señal.	
Tabla 12. Precauciones para evitar falsos negativos y falsos positivos en la neuromonitorización	
Tabla 13. Incidencia de identificación visual del NLR y parálisis laríngea	

Abreviaturas

NLR: nervio laríngeo recurrente
NV: nervio vago
ATI: arteria tiroidea inferior
TET: tubo endotraqueal
NM: neuromonitorización
NMTL: neuromonitorización por punción transligamentaria
NMTET: neuromonitorización con tubo endotraqueal



Introducción. Seguridad en cirugía tiroidea. Eventos centinela.

La incidencia de complicaciones en cirugía tiroidea (CT) es baja pero con consecuencias potencialmente graves. Algunos factores se consideran de riesgo mayor como son el cáncer tiroideo, el hipertiroidismo, la enfermedad de Graves-Basedow, el bocio subesternal o la radioterapia cervical previa. Otros factores asociados son la comorbilidad, la experiencia del cirujano y las técnicas de hemostasia empleadas [1].

La evolución histórica de la CT va asociada a las complicaciones observadas desde sus orígenes como evidencia la gran cantidad de publicaciones [2].

Consideramos cuatro eventos centinela que han de monitorizarse en cirugía tiroidea:

- Las incidencias en la hemostasia
- Las incidencias en la función del nervio laríngeo recurrente (NLR)
- Las incidencias en la función paratiroidea
- Las incidencias en la vía aérea

Las incidencias en la hemostasia, sangrado intraoperatorio y hemorragia postoperatoria, se relacionan con mayor índice de daño del NLR, alteraciones de la función paratiroidea y complicaciones en la vía aérea (reintubación o traqueotomía).

Los sistemas de hemostasia Ligasure o Harmonic permiten una técnica con menor sangrado intraoperatorio, menos maniobras de tracción y menor daño térmico aunque no se ha demostrado una reducción estadísticamente significativa de la incidencia de parálisis del NLR [1, 3]. La literatura es unánime al considerar que la neuromonitorización ayuda en la identificación del NLR especialmente en casos de dificultad (carcinoma, reintervenciones), que facilita la disección reduciendo su manipulación y que permite documentar el estado funcional del NLR al finalizar la intervención, aunque tampoco se ha demostrado que reduzca significativamente la incidencia de parálisis [4-6]. La neuromonitorización tiene otras ventajas como la ayuda en la toma de decisiones en caso de pérdida de señal [7], en la docencia [8] y como soporte documental en caso de litigio [3-6].

Es difícil demostrar que la reducción de la incidencia de parálisis se deba a un factor determinado dada la baja incidencia de partida [6]. Diversos estudios ponen de manifiesto que para obtener cambios estadísticamente significativos se necesitarían estudios multicéntricos prospectivos con miles de pacientes, muy costosos y que deben evitar sesgos debidos a la variabilidad de la complejidad de la técnica quirúrgica, de la tecnología empleada, de la asignación aleatoria de casos, de los distintos niveles de formación y de la experiencia de los cirujanos [5, 6, 9-11].

Los criterios de Riddell para mejorar la seguridad en cirugía tiroidea están vigentes [12, 13]:

- Identificación visual del NLR
- Lugar de identificación: en relación con la arteria tiroidea inferior (ATI).
- Comprobar la función del NLR al acabar la intervención con estímulo eléctrico
- No hacer la lobectomía contralateral si no hay confirmación de motilidad laríngea normal
- Laringoscopia pre y postquirúrgica (e incluso intraoperatoria)

En la evaluación preoperatoria deben anotarse algunos factores que pueden incrementar el riesgo de lesión del NLR:

- Riesgo bajo: bocio benigno, primera intervención, pequeño volumen sin distorsión anatómica
- Riesgo alto: Tumor maligno, reintervención en mismo lado, volumen, distorsión anatómica, compresión-desplazamiento traqueal, tiroiditis, Graves, cuello irradiado, rigidez cervical, bocio subesternal
- Riesgo cierto: anaplásico, parálisis previa

Parálisis laríngea

La incidencia de parálisis del NLR en CT comunicada en las publicaciones es baja pero con repercusión muy desfavorable en la calidad de vida del paciente y consecuencias potencialmente graves (disfonía, tos, disfagia, aspiración pulmonar u obstrucción de la vía aérea pudiendo precisar traqueotomía) [3-6].

La incidencia de parálisis persistente del NLR publicada puede variar enormemente de unos trabajos a otros (ver Tabla 1) [1, 8, 14-53].

En el metaanálisis publicado por Higgins [54] se sitúa en torno al 0,59-0,75% aumentando al 2,78-3,72% en reintervenciones y al 1,91%-2,22% en tumores malignos con un rango general entre el 3,12%-5,2% (con y sin NM). La incidencia puede alcanzar el 13,48% en reintervenciones.

En estudios de series, la media de incidencia de parálisis persistente, en general, está por debajo del 1% [1, 6, 8, 55] incrementándose en reintervenciones (3,8-20%) respecto a cirugía primaria (0,3-1%) [56]. El bocio subesternal extenso con distorsión anatómica, la irradiación cervical previa, la reexploración por hemorragia y las variaciones anatómicas incrementan el riesgo de parálisis [4, 9, 57, 58].

El gold standard para la reducción del daño al NLR es la identificación visual del NLR [5, 6, 59] y el empleo de la NM parece disminuir la incidencia global de parálisis (ver tabla 2 [4, 6, 42, 54, 57, 60-65] aunque la diferencia no sea estadísticamente significativa [6, 41].

Tabla 1
 Incidencia de parálisis laríngea en tiroidectomía en la bibliografía [1, 8, 14-53]

	n	% transitoria	% permanente
Acun et al.	152	3.7	0
Ardito et al.	1543	–	0.4
Aytac and Karamercan	418	3.8	1.2
Bellantone et al.	526	2,5	0,8
Bron and O`Brien	834	2,3	1,1
Chiang et al.	521	5.1	0.9
Chow et al.	312	–	2
Debry et al.	588	–	0.3
Filho and Kowalski (2004)	1020	1,4	0,4
Filho and Kowalski (2005)	316	1.2	0.6
Friguglietti et al. (2003)	1789	1.88	0.35
Guo et al.	86	38.4	18.6
Hermann et al.	26323	3,1	0,8
Jamski et al.	2137	8.9	1.9
Jatzko et al.	803	3.6	0.5
Jung and Schlager	909	–	1.7
Kube et al.	2501	3	0.6
Lo et al.	500	5.2	1.4
Miller et al.	1147	3	0.5
Misiolek et al.	466	4.7	3.5
Moulton-Barrelt et al.	274	2,1	1,8
Moulton-Barrett et al.	253	4.2	2.1
Otto and Cochran	55	4.94	–
Ozbas et al.	750	1,5	2,1
Pardal-Refoyo	887	-	0,5
Petro et al.		-	2,3-5,2
Prim et al.	890	1,1	0,9
Roher et al.	6000	8	2
Rosato et al.	14934	2	1
Rosato et al.	208	4	2
Scheuller et al.	80	0	0
Sorensen et al.	79	11	0
Steurer et al.	608	13.1	–
Stojadinovic et al.	54	0	0
Sturniolo et al.	192	2	0
Svendsen et al.	230	9.5	3
Thermann et al.	3492	1.4	0
Tomoda et al.	1376	5.8	1.5
Zakaria et al	340	3,8	0,29
Zambudio et al.	301	8.6	0.3
Jeannon et al.		9.8(0 - 38,4)	2.3(0-18,6 - 0)
Gourin et al.	47292	2,7(1,1- 5,2)	0,9(0,2 - 1,8)

Tabla 2
Incidencia de parálisis laríngea en tiroidectomía con y sin NM [4, 6, 42, 54, 57, 60-65]

Autor	n	% Parálisis transitoria		% Parálisis permanente	
		Con NM	Sin NM	Con NM	Sin NM
Attalah (citado por Cernea[57])		8,8	9,1	3,9	3,8
Barzynski (citado por Cernea[57])		2,3	1,9	0,4	0,4
Barzynsk [6]		1,9	3,8	0,8	1,2
Alon [4]			2,6-5,9		0,5-2,4
Higgins [54]		2.72	2.44	0.75	0.59
Chiang [60]		<1%	5.8%	0%	0.6%
Tomoda [42]		3,6		1	
Pardal [64]	67	0	0	0	0
Thomusch [61]	7133	1,4	2,1	0,4	0,8
Robertson [62]	236	3,45	4,35	0,86	0,62
Dralle [11]	29998	-	-	0,21	0
Yarbrough [63]*	151	12,5	10,1	1,4	1,3
Chan [9]	1000	3,4	4	0,8	1,2
Miller [65]**		1,4 – 12,5%	2,1-10,1%	0,4-1,4%	0-1,3%

*serie de reintervenciones; **revisión

El NLR puede ser lesionado de diversos modos (atrapamiento por la ligadura, tracción, sujeción, succión por el aspirador, compresión, contusión, presión, daño térmico) [66]. El mecanismo de lesión probablemente sea la tracción con mayor frecuencia [67, 68].

El daño generalmente no puede ser detectado visualmente y parece quedar demostrada la tendencia de los cirujanos a subestimar incluso el daño evidente [66]. La mayor probabilidad de lesión parece producirse en los últimos 2cm del nervio antes de introducirse en la laringe (ligamento de Berry) [67, 68].

La NM evidencia la posible lesión o alteración funcional incluso con el nervio aparentemente intacto [66] puesto que la integridad anatómica no es sinónimo de estado funcional correcto [12, 13].

Parece que situaciones como cáncer tiroideo, reintervenciones, hipertiroidismo, bocio subesternal, la radioterapia previa o la tiroiditis incrementan la incidencia de parálisis probablemente debido al sangrado intraoperatorio por la mayor vascularización [66].

Hermann publica diferencias en la incidencia de parálisis del NLR transitorias entre el 3,9% en patología benigna al 14,9% en patología maligna y de parálisis permanentes en patología benigna del 0% en primera intervención al 3,1% en

reintervenciones y en patología maligna del 3,2% en primera intervención al 5,4% en reintervenciones [69].

Puede haber diferencias en los diagnósticos según la técnica de laringoscopia utilizada en el diagnóstico [41]. La nasofibrolaringoscopia es el método de elección para evaluar visualmente la motilidad laríngea respecto a la laringoscopia indirecta con espejo laríngeo o la videoestroboscopia. Por tanto, un sesgo que debe tenerse en cuenta al analizar la incidencia de parálisis laríngea es la técnica de laringoscopia utilizada.

La laringoscopia ha de realizarse previamente y tras la intervención quirúrgica [7, 12, 13].

La laringoscopia preoperatoria debe hacerse para descartar parálisis del NLR, incluso con voz prácticamente normal, y lesiones estructurales que pueden hallarse hasta en 7,5-9,2% de los pacientes [64]. La parálisis cordal es el marcador más fiable de invasión en caso de malignidad [70] y puede deberse a cirugía previa u otras causas de parálisis [71].

En la tabla 3 se resumen los que pueden considerarse sesgos al analizar las publicaciones con datos sobre la parálisis laríngea en cirugía tiroidea.

Tabla 3

Factores que pueden influir en la estimación de la incidencia de parálisis laríngea comunicada (sesgos)

- Búsqueda sistemática o no del NLR
- Disección sistemática o no del NLR
- Técnica de hemostasia empleada
- Técnica de laringoscopia utilizada en la evaluación
- Realización o no realización sistemática de laringoscopia pre y postoperatoria
- Subestimación del daño real
- Tamaño de la muestra
- Registro de datos
- Experiencia del cirujano
- Tipo de patología atendida

Reducción del riesgo de parálisis laríngea

Riddell justifica la valoración del daño en el NLR basándose en [12, 13]:

- La identificación visual del NLR durante la tiroidectomía para reducir la probabilidad de lesionarlo
- La comprobación de su función mediante estímulo eléctrico al concluir la tiroidectomía
- La comprobación de la motilidad laríngea antes y después de la tiroidectomía mediante laringoscopia

El International Intraoperative Monitoring Study Group orienta que como mínimo se han de hacer las siguientes exploraciones [7]:

1. Laringoscopia preoperatoria
2. Estímulo vagal previo a la disección del NLR
3. Estímulo vagal posterior a la disección del NLR (incrementa la validez de la prueba)
4. Laringoscopia postoperatoria

Como referimos más arriba, la historia de la cirugía tiroidea es la de sus complicaciones. Iniciada la cirugía moderna con Billroth y Kocher comienza un nuevo enfoque al intentar reducir las complicaciones como la hemorragia, la tetania o la parálisis laríngea [2].

La evolución histórica de los conocimientos sobre el NLR ha seguido la secuencia:

- 1- Descripción de la anatomía del NLR (años 30-40 del siglo XX)
- 2- Desarrollo de las técnicas de disección del NLR durante la tiroidectomía (anatomía quirúrgica, años 40-50 del siglo XX)
- 3- Conocimiento de la neurofisiología del NLR (años 50-60 del siglo XX)
- 4- Desarrollo y utilización de las técnicas de neuromonitorización del NLR durante la tiroidectomía (años 70 del siglo XX, era de la neurofisiología [66])

La identificación del nervio laríngeo recurrente

El fallo en la identificación del NLR es un factor asociado a su lesión [1, 53, 72], facilitado por el sangrado intraoperatorio [12, 13] que puede incrementar la incidencia de parálisis hasta el 25% [56] aunque este extremo no queda totalmente demostrado.

El daño suele ser inadvertido por alguno de los mecanismos citados previamente siendo imposible localizar el punto exacto de lesión [4, 8, 10, 53, 72].

No todos los autores están de acuerdo en la identificación y disección del NLR sistemáticamente [49, 73-76] aunque, la identificación visual del NLR y su disección se considera el patrón de referencia para reducir el daño [4, 6, 10, 12, 59, 72, 77, 78] o, al menos, no incrementarlo [42, 52, 61] confirmado en estudios multicéntricos [49].

La utilización sistemática de la neuromonitorización puede reducir el daño al facilitar la localización y disección del nervio [42].

La incidencia de no identificación del NLR es baja en la literatura consultada y con la ayuda de la neuromonitorización puede alcanzarse el 100% de identificación [64].

La técnica de hemostasia empleada también puede modificar la incidencia de parálisis aunque no se han demostrado diferencias significativas.

Probablemente los sistemas Harmonic y Ligasure puedan ayudar a la reducción de la cifra de parálisis al mejorar la hemostasia intraoperatoria, reducir la incidencia de hemorragias postoperatorias (hematomas y revisiones quirúrgicas) y permitir una cirugía con menores maniobras de tracción y menor daño térmico [1, 3].

Las variaciones anatómicas pueden dificultar la localización, identificación y disección del NLR incrementando el riesgo de daño y parálisis.

Respecto a la anatomía del NLR destacamos que [79]:

- Ambos NLR tienen trayectos diferentes [79]. El NLR derecho nace de la cara posterior del nervio vago (NV) a nivel de la arteria subclavia, la contornea hacia atrás, asciende junto al eje yúgulocarotideo, llega al borde inferior del músculo constrictor inferior de la faringe y penetra en la laringe. El NLR izquierdo nace en el tórax a nivel de la cara antetolateral del arco aórtico, bordea el cayado aórtico lateralmente al ligamento arterioso por encima de la arteria pulmonar izquierda entre el arco y el bronquio principal izquierdo. En el 0,4 al 1% el nervio laríngeo inferior derecho puede no ser recurrente y salir directamente del tronco del nervio vago asociado a subclavia aberrante retroesofágica o intertraqueoesofágica [49, 80]. La ausencia de NLR en el lado izquierdo se asocia con situs inversus.
- El NLR inerva toda la musculatura intrínseca de la laringe excepto el músculo cricotiroideo que es inervado por ramas del NLS. El NLR se comunica mediante un ramo comunicante con el NLS (asa de Galeno), tiene ramas para el músculo cricoaritenideo posterior y para los músculos aritenoides oblicuo y transverso y ramas laterales para el cricoaritenideo lateral y para los tiroaritenoides. Puede haber comunicaciones bilaterales.
- El NLR se divide en ramas extralaríngeas externas a la laringe en el 60 al 75% de los casos. Estas ramas son vulnerables en las maniobras de disección y difíciles de identificar visualmente. Las conexiones de estas ramas con otros sistemas como el plexo simpático y nervio laríngeo superior hacen entender la inervación laríngea como un plexo [3, 8, 81] y puede ayudar a interpretar los resultados clínicos y funcionales en incidentes o lesiones de los nervios laríngeos y puede explicar la variabilidad en la recuperación funcional laríngea [81].
- La relación del NLR con la arteria tiroidea inferior (ATI) es muy variable [80] en el lado derecho en un 25% puede discurrir el NLR superficialmente respecto a la ATI y en el lado izquierdo en un 15%, por lo que han de extremarse las precauciones. La arteria tiroidea inferior es rama de la carótida externa/ subclavia (troco tiro-bicérvico-escapular). Se distinguen 3 trayectos: vertical (detrás de la vena yugular interna), transversal (a nivel del tubérculo carotídeo C6 por detrás del eje yúgulocarotideo y cruza al tronco simpático cervical a través de un ojal (asa de Drobnik) y trayecto terminal en sentido anterior y medial. Este trayecto terminal alcanza a la glándula tiroidea en su cara posterior y entra en la glándula en la unión de los 2/3 superiores con el 1/3 inferior.

Da 3 ramas terminales en el polo inferior: rama inferior (puede formar una arcada con su homóloga contralateral), rama interna o profunda (por la cara interna del lóbulo tiroideo y el eje tráqueoesofágico) y la rama posterior (que va por la cara posterior del lóbulo y sube a anastomosarse con la rama posterior de la arteria tiroidea superior).

- La relación del NLR con el ligamento de Berry es muy constante pero aquí el nervio es muy vulnerable y fácil de lesionar, además de ser una zona sangrante al estar vascularizada por ramas de la ATI, haciendo la disección limpia difícil y es el punto más peligroso [60].

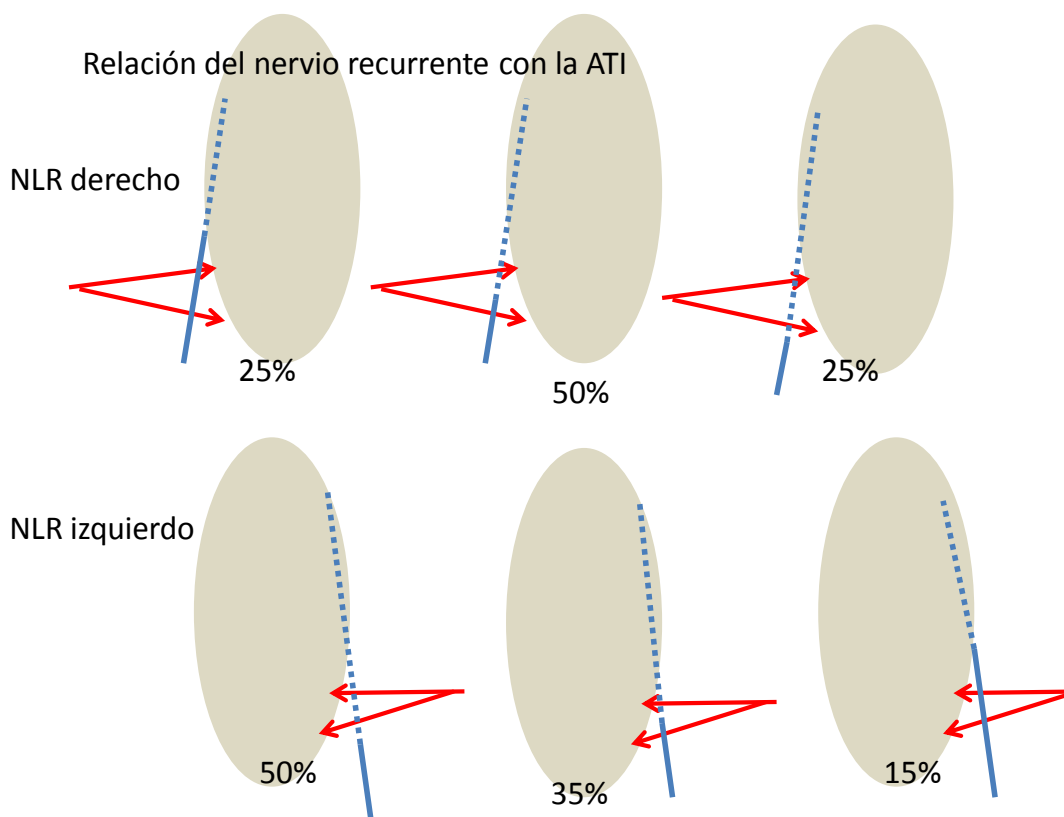


Figura 1

Relaciones del nervio laríngeo recurrente con la arteria tiroidea inferior según Pramod y Sharma [2]

Técnicas para identificar el nervio laríngeo recurrente

Se describen diversos procedimientos para identificar el NLR [3, 59, 64]:

1. Caudalmente, en la emergencia del NLR del mediastino, en el triángulo formado por la tráquea, carótida común y el polo inferior tiroideo (o el trayecto de la ATI). Aquí el tejido es muy graso y laxo lo que puede dificultar la disección pero el nervio es más grueso y resistente (por ello

puede recurrirse a la palpación y notar cómo se desliza el NLR al presionar sobre la tráquea). La disección ha de realizarse en sentido craneal en su cara superficial conservando el área grasa [8, 59, 60]. Algunos autores desaconsejan esta técnica por el mayor riesgo de desvascularización de las paratiroides inferiores [80].

2. Lateralmente en su relación con la ATI. Este punto es el más seguro y recomendado por muchos autores [8, 72, 12, 80, 60, 71]. La ligadura de las ramas de la ATI ha de realizarse extracapsularmente lo más periféricamente posible (figura 2) [3, 8, 82].
3. En la entrada del NLR en la laringe en relación con el ligamento de Berry [71] y el asta inferior del cartilago tiroides [58]. Como hemos referido la localización del NLR en este punto es muy constante pero muy fácil de lesionar al ser una zona muy sangrante.
4. Mediante estímulo eléctrico y registro de la motilidad laríngea.

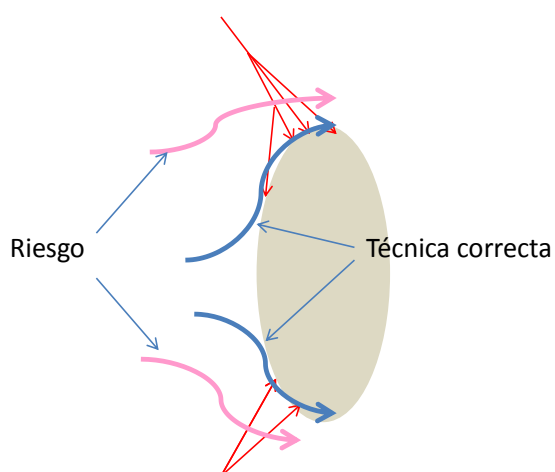


Figura 2

Indicación de los puntos seguros para evitar la lesión de los nervios laríngeos y las glándulas paratiroides durante la cirugía tiroidea [2]

Identificación del NLR mediante estímulo eléctrico y registro de la motilidad laríngea

Desde mediados del siglo XX se han publicado varias técnicas para identificar la motilidad laríngea tras el estímulo eléctrico en el NLR o en el NV en la tiroidectomía [4, 10, 54, 55, 53, 64, 83-85].

- Registro de los cambios de presión en el balón del tubo endotraqueal (TET) al moverse las cuerdas vocales tras el estímulo [86].
- Palpación de los aritenoides en el área retrocricoidea (twitch) [5, 7, 42, 84, 87]. La validez es similar al registro electromiográfico y más económico [5, 88] y puede ser una buena alternativa para reducir costes

pero no puede realizarse con incisiones pequeñas, en grandes tiroides, pacientes con fibrosis cervical y puede provocarse lesión del NLR por estiramiento al traccionar y voltear la laringe. Esta técnica actualmente puede utilizarse como auxiliar en caso de pérdida de señal durante la neuromonitorización.

- Observación directa del movimiento de las cuerdas vocales con laringoscopia directa o indirecta con fibroscopia a través de mascarilla laríngea [89].
- Mediante registro electromiográfico de los músculos vocales:
 - o Con electrodos de superficie colocados en el área retrocricoidea [65].
 - o Con electrodos de superficie adheridos al TET en contacto con las cuerdas vocales [7, 90, 91].
 - o Con electrodos monopolares de aguja insertados directamente en la cuerda vocal con laringoscopia directa [83, 91].
 - o Con electrodos monopolares o bipolares de aguja insertados en los músculos tiroaritenoides por punción a través de la membrana cricotiroidea [4, 11, 53, 72, 85, 91, 92] (técnica transligamentaria).
 - o Con electrodos fijos en el nervio vago, de superficie en TET y de aguja insertados en músculo vocal a través de la membrana cricotiroidea con registro en tiempo real [93].

El estímulo vagal o sobre el NLR es completamente seguro y no se asocia con bradiarritmias, broncoespasmo ni lesión neural [7].

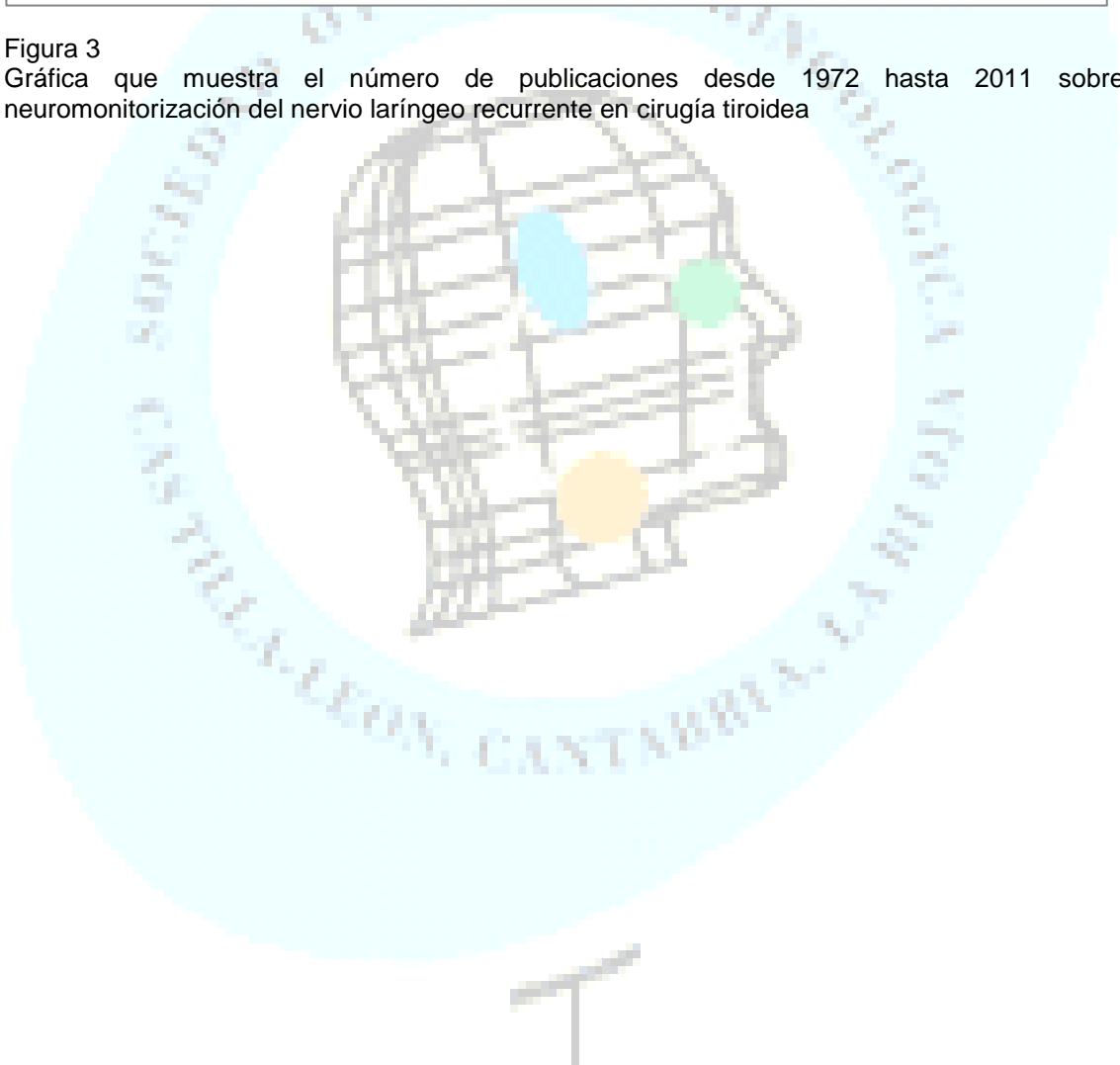
Las primeras referencias a la neuromonitorización sistemática en cirugía tiroidea datan de 1956 [13] con incremento a partir de 1969 [12, 72].

La neuromonitorización por punción transcricotiroidea (transligamentaria - NMTL-) y con electrodos de superficie en el TET (NMTET) son las técnicas que más publicaciones han generado.

Una búsqueda en la base de datos BVS [94] con los términos ((MONITORING)) AND ((RECURRENT LARYNGEAL NERVE)) AND THYROIDECTOMY obtiene 176 referencias cuya distribución por años se recoge en la Figura 3.



Figura 3
Gráfica que muestra el número de publicaciones desde 1972 hasta 2011 sobre neuromonitorización del nervio laríngeo recurrente en cirugía tiroidea



Ventajas de la neuromonitorización

La monitorización intraoperatoria del NLR se ha incrementado en los últimos años por un cambio de actitud entre los cirujanos y la aparición de publicaciones que van definiendo directrices y estándares en su uso [88].

La implantación de la NM como estándar en toda cirugía tiroidea está en un momento de consideración.

Según algunos estudios que han evaluado la utilización de la NM esta se realiza entre el 37 al 50% de los cirujanos [95, 96]

Las implicaciones de la NM se centran básicamente en [66]:

- Los beneficios en la práctica clínica
- En la investigación
- En la formación y docencia
- En el ámbito médico-legal

Desde el punto de vista técnico la NM es un complemento en la identificación y disección del NLR. No hay unanimidad en cuanto a la reducción de la incidencia de parálisis laríngeas publicadas por diversos autores con reducciones de la parálisis transitoria al 0,58% y la permanente al 0,3% [66]. Hay dos factores que pueden ayudar a la reducción de parálisis: la mayor seguridad al identificar el NLR y distinguirlo de tejidos no neurales y a que probablemente se produce una menor manipulación.

Mediante la técnica de "mapeo" la NM puede detectar la función y el trayecto del NLR incluso antes de producirse su visualización consiguiendo tasas de identificación del NLR cercanas al 100% [68, 64, 97].

La NM puede ofrecer otra ventaja técnica como es el aumento de la radicalidad al permitir dejar menos tejido residual sobre todo en las áreas de mayor dificultad técnica como el área del ligamento de Berry [66].

Otra ventaja técnica es la localización del punto de lesión en el caso de la sección del nervio que puede facilitar su reparación intraoperatoria [98].

El uso de la NM ha proporcionado conocimientos funcionales de la inervación laríngea que de otro modo no se hubieran establecido. La identificación visual puede ser insuficiente para diferenciar tejidos no neurales o para identificar la rama anterior motora y diferenciarla de la posterior sensitiva [66]. La identificación del nervio permite tener un conocimiento más exacto de su anatomía individual durante la tiroidectomía (ramificaciones, variantes en los trayectos, relaciones de los trayectos con las estructuras de referencia –como la ATI-).

La NM incrementa la seguridad para el paciente. Efectivamente, en caso de cirugía bilateral permite establecer la función laríngea antes de la extubación y tomar medidas de precaución en caso de pérdida de señal (diferir el lado contralateral hasta confirmar la función laríngea con laringoscopia, o bien realizar extubación diferida o incluso traqueotomía).

En el periodo de formación, la utilidad de la NM es indiscutible al dotar al docente y al discente de una herramienta que confirma o descarta la localización del NLR.

Desde el punto de vista legal la neuromonitorización incrementa la información recabada durante la cirugía que puede ser de gran interés al asociarse con el resto de información.

En la tabla 4 se resumen los objetivos de la NM y las posibles consecuencias (pendientes de confirmar en las investigaciones)

Tabla 4

Objetivos y consecuencias de la neuromonitorización en cirugía tiroidea

Objetivos	Localización del NLR Ayudar en la identificación visual Ayudar en Disección –seguimiento Evaluar Estado funcional (señal) En caso de pérdida de señal Evaluar causas posibles Localización de la lesión (en caso de ausencia/pérdida de señal)
Consecuencias	Facilitar la tiroidectomía Facilitar el manejo de la vía aérea Ayudar en la toma de decisiones ante la pérdida de señal Reducir incidencia de parálisis NLR Aumento de la radicalidad (menor resto tiroideo)

Tabla 5
Ventajas e inconvenientes de utilizar la neuromonitorización. Argumentos hallados en la literatura.

Ventajas	
Técnicas	Ayuda a identificar el NLR Ayuda en su disección Ayuda en la identificación del plano correcto de disección Proporciona información sobre su función al terminar la cirugía Ayuda en la localización del NLR en caso de no identificación visual Ayuda en la toma de decisiones en caso de ausencia de señal Ayuda en caso de variantes anatómicas y ramificaciones extralaringeas Ayuda en la localización del punto de la lesión del NLR Ayuda a diferenciar lesión del NLR frente a otras causas de disfonía (traumatismo en intubación/ extubación / patología no neural – edema, hematoma –) Globalmente aumenta la seguridad del paciente Aumenta la seguridad del cirujano al conocer la localización real del NLR y su situación funcional final, reduce el stress [99] y precisa un periodo de aprendizaje. Mayor utilidad en casos de mayor dificultad: Reintervenciones Intervenciones extensas Carcinoma con extensión extratiroidea Puede aumentar la radicalidad quirúrgica Puede acortar el tiempo quirúrgico (en los casos de más complejidad)
Investigación	Conocimiento de la neurofisiología laríngea Mejora del conocimiento de la neuroanatomía laríngea
Docencia	Útil en la enseñanza de la cirugía de tiroides [9]
Médico-Legal	Soporte documental en caso de litigio Necesidad ética y medicolegal ([100] Ayuda a los pacientes en la toma de decisiones basada en la información Mejora la información al paciente
Inconvenientes	
	Coste Incremento del tiempo quirúrgico (en los casos sencillos) Falsos positivos No reduce la incidencia de parálisis Aprendizaje

En la tabla 5 se resumen algunas ventajas y algunos inconvenientes que pueden leerse en los artículos que abordan el tema de la NM en CT.

Es difícil hallar en la literatura argumentos contrarios al uso de la NM habida cuenta que no provoca iatrogenia y que es una mejora técnica que aumenta la cantidad de información. Además la cirugía mínimamente invasiva o la cirugía robotizada no permiten una visualización del campo quirúrgico como en cirugía abierta convencional y esto obliga al cirujano a confiar más en la señal de la NM que en la visualización [66].

El inconveniente que con mayor frecuencia se esgrime contra la NM sistemática es el incremento del coste pero esto ocurre con cualquier tecnología. Parece que tras la inversión inicial el coste por paciente se reduce, sobre todo en cirujanos expertos con alto volumen de operaciones y porque el

uso de los sistemas de neuromonitorización no son exclusivos para la cirugía tiroidea [88]. El incremento del coste para una tiroidectomía total sería del 5 al 7% y globalmente el coste de la neuromonitorización por tiroidectomía sólo representa en torno al 5% [88].

Cuando el uso del sistema de neuromonitorización se une al del Harmonic Ultracision el incremento del coste es menor que con otros sistemas de hemostasia situándose entre el 5,4 al 6,8% [88].

El segundo criterio esgrimido en contra del empleo de la NM es su elevada tasa de falsos positivos y un valor predictivo positivo máximo del 75% empleando el TET. Las técnicas por punción transligamentaria reducen los falsos positivos al 0% y llegan a valores predictivos positivos del 100% [64]. Por tanto, este aspecto es superable y se mejorará con los avances técnicos.

Respecto a que la NM no reduce la tasa de parálisis vemos que va siendo discutible y un aspecto difícil de demostrar teniendo en cuenta las grandes dificultades para realizar un trabajo definitivo. Sí es evidente que, en toda la literatura en la que se compara la tiroidectomía con o sin NM, al menos no se ha producido incremento en la incidencia de parálisis y en la mayoría se han observado descensos.

Objetivos de la neuromonitorización

Las técnicas de NM tienen tres objetivos [7]:

1. Identificación del NLR mediante mapeo neural y posterior visualización
2. Ayuda en la disección permitiendo identificar el tronco y las ramas durante la disección mediante estimulación intermitente
3. Evaluar el pronóstico de la función neural postoperatoria y la identificación del punto de la lesión, sobre todo en caso de intervenciones bilaterales

Bases neurofisiológicas

Las tres técnicas más estudiadas y comparadas en la literatura son la técnica con tubo endotraqueal (NMTET), por punción transligamentaria (NMTL) y con electrodos de aguja insertados en el músculo vocal a través de laringoscopia directa (NMLD).

Los electrodos de aguja tienen claras ventajas desde el punto de vista electrofisiológico ya que la impedancia es menor por lo que el potencial registrado es más amplio, no se afecta por los miorelajantes, no se afecta por los movimientos respiratorios, no hay interferencias, hay menor tasa de pérdidas de señal, es fácilmente reproducible y las pérdidas de señal son fáciles de interpretar [64, 91].

Tabla 6
Comparación de tres técnicas de neuromonitorización [91]

	NMTL	NMLD	NMTET
Potencial registro	2,37±1,8mV	1,61±1,6mV	0,35±0,4mV
Reutilización de electrodos	Si	Si	no
Relajación muscular	Si	Si	no
Validez	100%	100%	76%
Variación respiratoria	No	No	si
Inconveniente	Rotura de balón Molestias de los cables en el campo quirúrgico	Debe insertarse a través de laringoscopia	Artefactos Interferencias Falso positivo por pérdida de señal

NMTL: neuromonitorización transligamentaria insertando electrodos de aguja pareados a través de la membrana cricotiroidea; NMLD: neuromonitorización con inserción de electrodos de aguja en la cuerda vocal mediante laringoscopia directa; NMTET: neuromonitorización usando tubo endotraqueal con electrodos de superficie (por contacto)

Qué técnica elegir

Dos aspectos hemos de valorar:

- 1- Técnicos
- 2- Económicos

1- Aspectos técnicos

- La técnica debe ofrecer una validez alta con el menor porcentaje de falsos positivos y de falsos negativos.
- Debe ofrecer una señal electromiográfica fácil de reproducir y difícil de confundir con otras señales procedentes de interferencias.
- Debe ofrecer la menor probabilidad de interferencia.
- Debe ser una técnica fácil de realizar.
- Debe ser cómoda para el cirujano.
- En caso de pérdida de señal debe ser fácil de interpretar.
- La técnica no debe producir yatrogenia.

2- Aspectos económicos

Como referimos anteriormente, el coste es uno de los argumentos esgrimidos en contra de la NM sistemática [88].

La NM representa el 5-7% del gasto total de una tiroidectomía. La inversión inicial puede estar en torno a los 15.000 a 20.000€ y está demostrado que al aumentar el número de procedimientos se produce una reducción en los costes totales de hospitalización en tiroidectomía [88].

Los electrodos de aguja son más económicos y tienen la ventaja que pueden reutilizarse.

Por tanto, entre las técnicas disponibles ha de seleccionarse aquella con las características técnicas óptimas y al menor coste posible.

Como hemos señalado las técnicas con unas características cercanas a estos requisitos son las que utilizan electrodos de aguja insertados en el músculo vocal (tiroaritenoides). La técnica por punción transligamentaria (NMTL) a través de la membrana cricotiroidea es más fácil de realizar que si los electrodos se insertan por laringoscopia directa.

La técnica de NMTET tiene la ventaja de que no hay molestia de los electrodos en el campo quirúrgico pero es inconveniente de las pérdidas de señal con la disminución de la sensibilidad y su mayor coste.

La NMTL [64]:

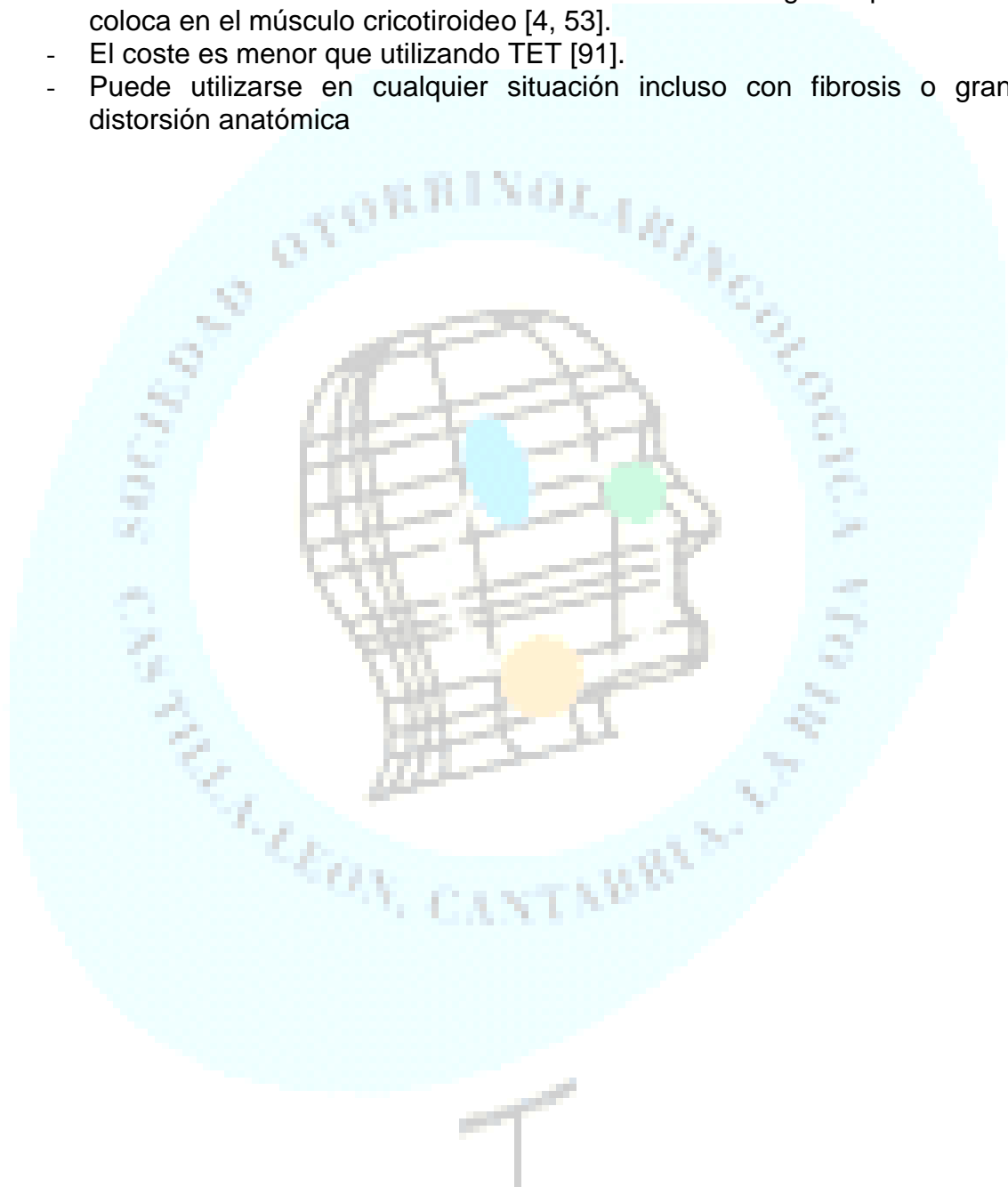
- ofrece una mayor amplitud de potencial (con respecto al TET y a la punción intralaríngea)
- la impedancia es menor que con el TET en el que, su capacidad de respuesta depende de la superficie de contacto óptimo que si se pierde puede provocar pérdida de señal (falso positivo)
- los electrodos son controlados por el cirujano (a diferencia del TET y a la punción intralaríngea, técnicas en las que el electrodo está oculto)
- la técnica es cómoda ya que no se influye por los movimientos cervicales ni respiratorios y en caso de desinserción del electrodo éste es fácil de colocar.
- la técnica puede usarse en todas las circunstancias incluso en caso de gran distorsión anatómica o áreas cicatriciales intralaríngeas (el TET puede dar falsos positivos en estas circunstancias)
- la NMTL no produce yatrogenia. El TET precisa estar bien ajustado en la glotis por lo que puede facilitar la aparición de edema y luxación aritenoides en las maniobras de intubación/extubación [53].

La técnica por punción transligamentaria aumenta la sensibilidad [83] y ofrece un valor predictivo positivo cercano al 100% [4, 53, 64, 92]. Esto se explica por razones electrofisiológicas (menor impedancia, registro electromiográfico con mayor amplitud que no se modifica con los miorelajantes) por lo que es la técnica de elección para muchos investigadores frente al TET con electrodos de superficie o a los monopoles insertados por laringoscopia [91] y la más empleada en la literatura alemana. Además la técnica es sencilla y sólo utiliza un electrodo para la monitorización bilateral del NLR y del laríngeo superior [4, 53] elementos disponibles para la neuromonitorización del nervio facial en la cirugía otológica y de parótida.

La NMTL por punción con electrodo de aguja bipolar es una técnica fiable porque [64]:

- No se ve influenciada por la relajación muscular incluso aunque no haya reflejo cubital [91].
- Los electrodos tienen una mayor relación señal/ruido y da registros de mayor amplitud que los electrodos de superficie [7, 53, 91].
- No es necesario el empleo de dos electrodos [53].
- No se producen interferencias por los movimientos respiratorios [7].

- Los electrodos están a la vista y son controlados por el propio cirujano. En caso de pérdida de señal la comprobación es sencilla ya que sólo se pueden producir las siguientes situaciones: desinserción de electrodos (en el paciente o de la caja de conexión), error al programar parámetros o avería.
- No produce yatrogenia [6, 91].
- Permite evaluar la función de la rama externa del laríngeo superior si se coloca en el músculo cricotiroides [4, 53].
- El coste es menor que utilizando TET [91].
- Puede utilizarse en cualquier situación incluso con fibrosis o gran distorsión anatómica



Componentes del sistema

El sistema de NM consta de:

- Monitor: en el que se programan los parámetros de estímulo (potencial) y de registro (umbral del evento) y en el que se registra la respuesta. Según los modelos además podrán guardarse los registros para cada paciente y exportarlos (impresora, sistemas de almacenamiento de memoria vía USB)
- Caja de conexión: conectada por un lado al monitor y por otro al resto de electrodos
- Electrodo: un electrodo-tierra y otro electrodo-retorno de aguja que se colocan en la piel alejados del campo quirúrgico (área esternal u hombro); los electrodos de registro (que pueden ser de superficie adheridos en la superficie del tubo endotraqueal en la técnica NMTET ó de aguja pareados para la técnica NMTL) y un electrodo de estimulación que es el electrodo que maneja el cirujano para estimular el NV o el NLR.

En la figura 4 se muestran esquemáticamente las partes de un sistema de neuromonitorización con electrodos de aguja pareados externos o con electrodos de superficie adheridos al TET (NIM2-Medtronic®).

Métodos de neuromonitorización del NLR (TL y TET). Elementos del sistema

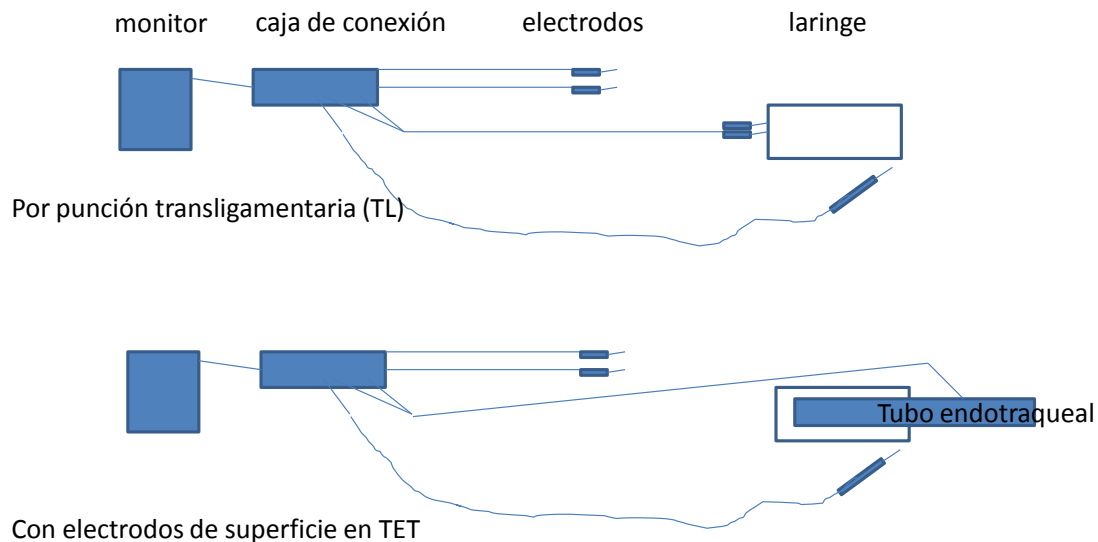


Figura 4
Componentes de un sistema de neuromonitorización

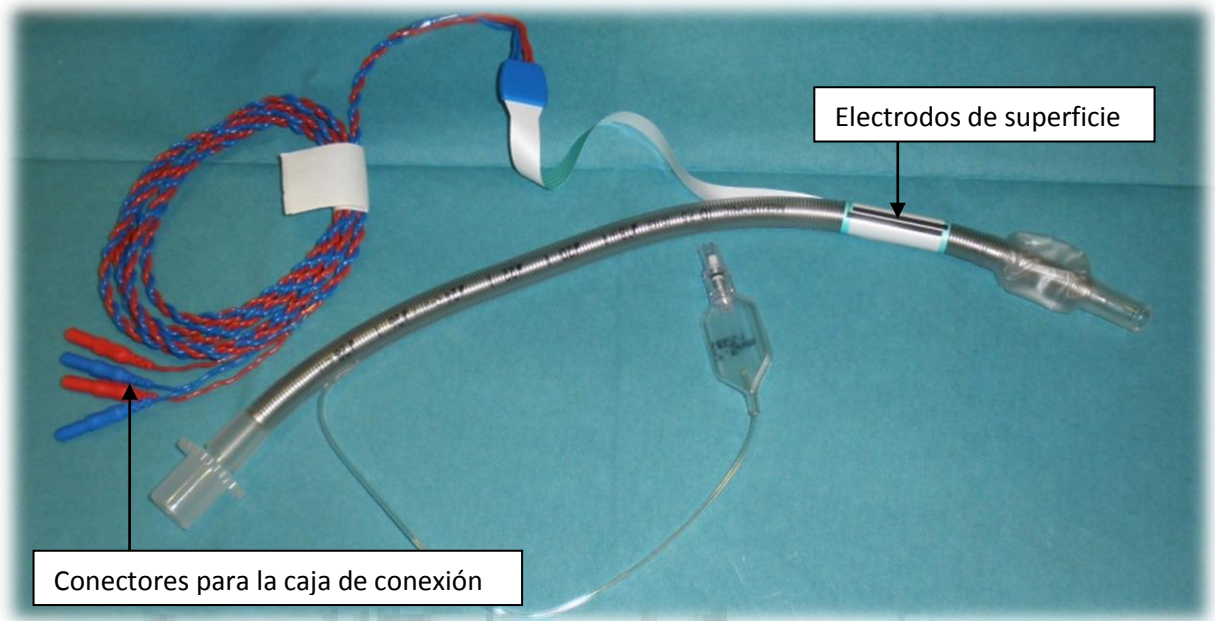


Figura 5
Tubo endotraqueal con electrodos de superficie (TET)

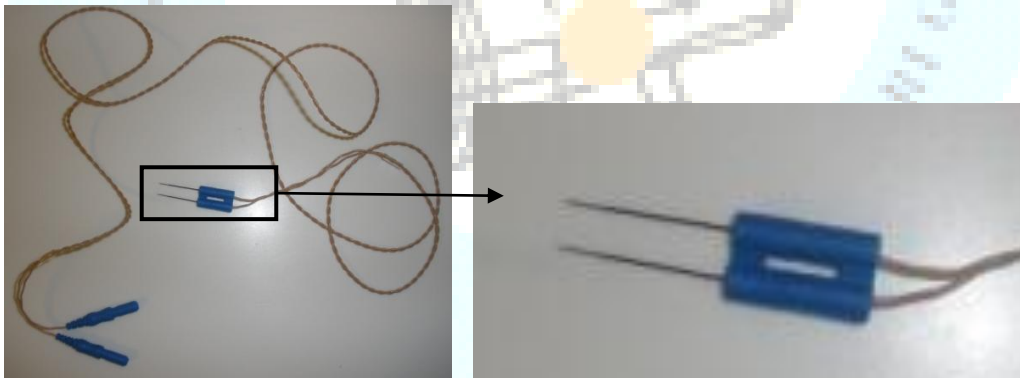


Figura 6
Electrodos pareados de aguja para realizar neuromonitorización transligamentaria (NMTL). Las agujas tienen descubiertos los 5mm distales.

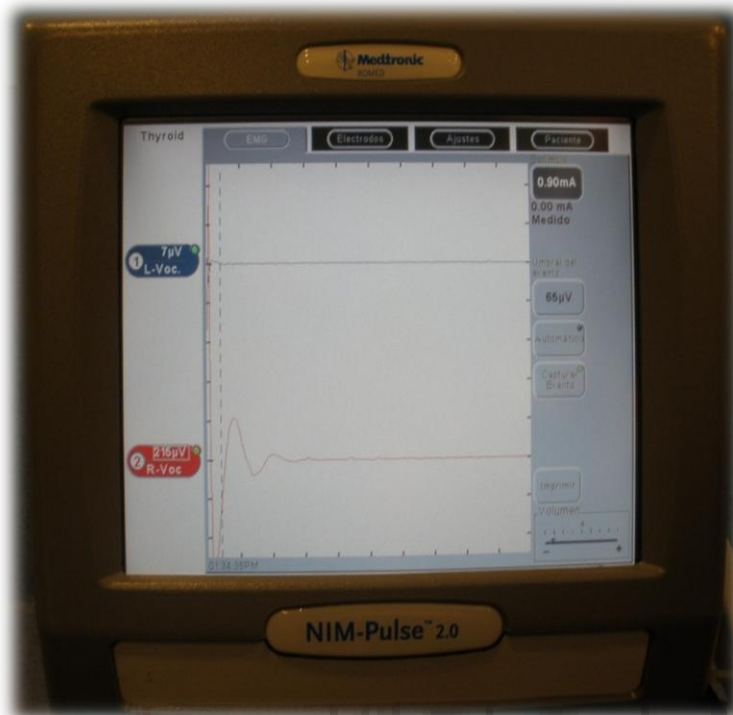


Figura 7
Monitor NIM2 (Medtronic). Registro de una onda trifásica tras estímulo en el NLR

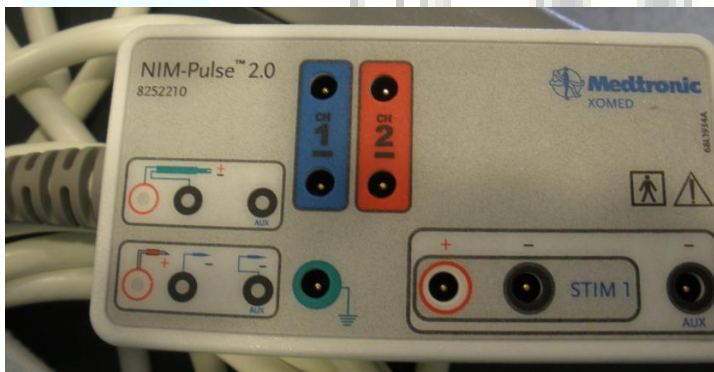


Figura 7
Caja de conexión (Medtronic).

Técnica de neuromonitorización

Se programa estímulo en 0,5-1mA y umbral del evento en 70-100µV [7, 71] según las características individuales [4, 7, 53]

En caso de necesitar mapear o estimular en NV si no fue visualizado el estímulo puede subirse a 2,5-3mA (el máximo que permite el aparato en cirugía de tiroides es 3mA).

El umbral del evento se programa entre 70µV-100µV (85 µV [4] 100 [7, 53]).

Tabla 7
Parámetros utilizados

Estímulo	0,5-3mA
Electrodo de estimulación	4 pulsos/segundo
Umbral	70-100 μ V
Impedancia	<5K Ω
Obtención del registro	2,37 \pm 1,8mV

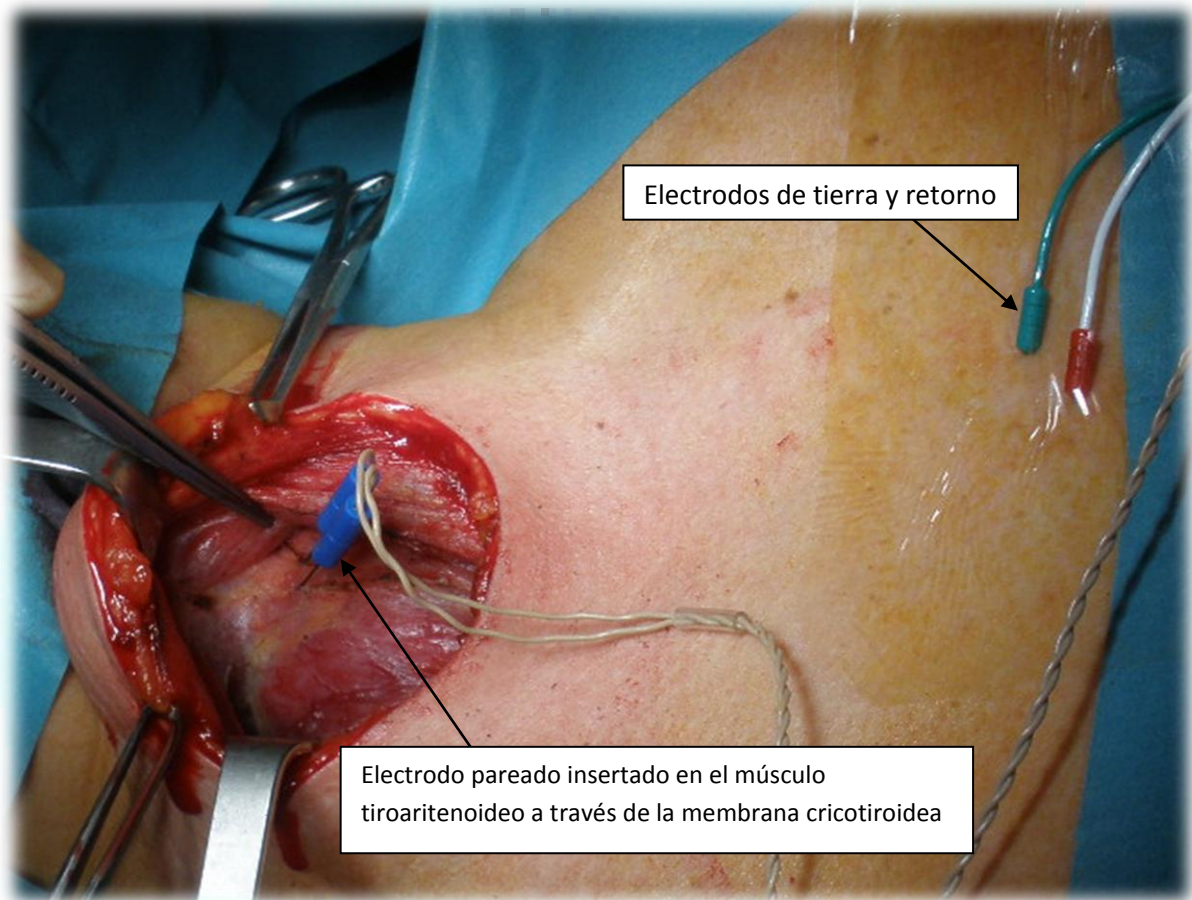


Figura 8

Electrodos colocados durante la técnica de neuromonitorización transligamentaria. Los electrodos de tierra y retorno se enclavan en la zona esternal, clavicular o en el hombro. El electrodo pareado de registro electromiográfico se inserta en la membrana cricotiroidea con una inclinación de unos 30° para evitar pinchar el balón del tubo endotraqueal.

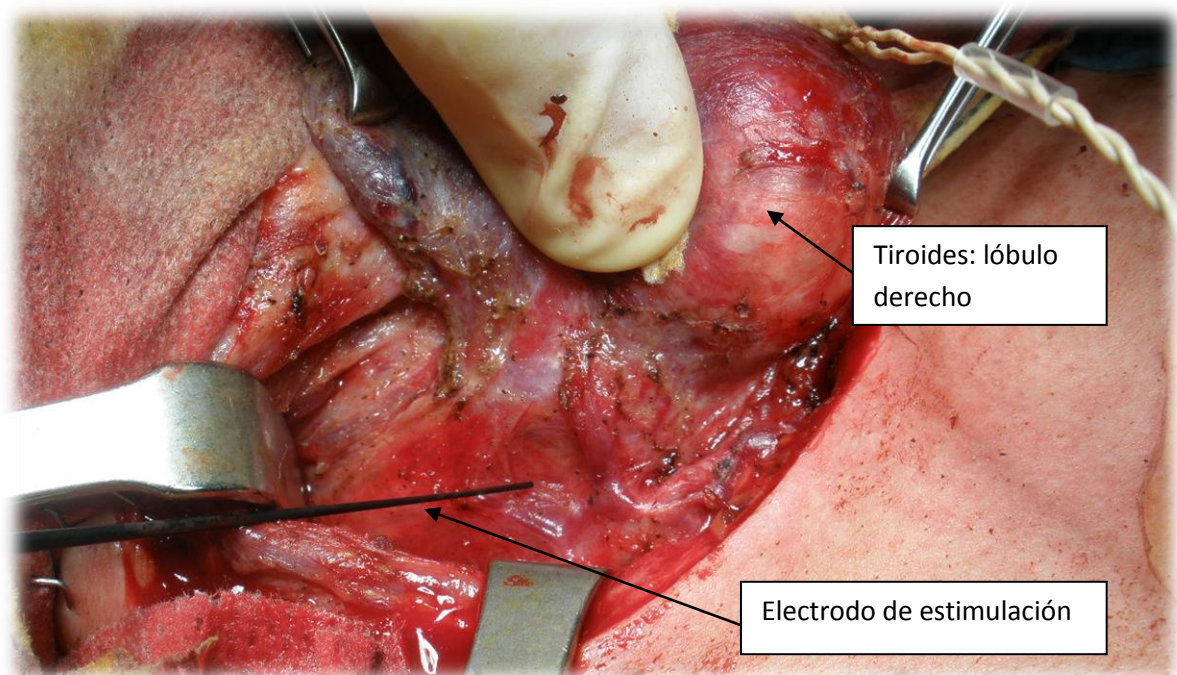


Figura 9

Detalle del electrodo de estimulación colocado sobre el nervio laríngeo recurrente empleando la técnica de neuromonitorización transligamentaria

En la técnica NMTET una vez colocado el TET se conectan los electrodos y se comprueba la impedancia. El sistema está listo para la estimulación y registro. En la técnica NMTL se conectan los electrodos a la caja de conexión y se colocan los electrodos de tierra y retorno en la piel alejados del campo quirúrgico. El electrodo pareado laríngeo se coloca una vez liberado el borde posterior de la glándula tiroidea e identificado el espacio cricotiroideo; se inserta en los músculos tiroaritenoides por punción a través de la membrana cricotiroidea con una inclinación de 20-30° y profundidad de 3-5mm [4] para evitar la rotura del balón y los electrodos-tierra en el área esternoclavicular fuera del campo quirúrgico [64]. El sistema se comprueba estimulando en la línea media del espacio cricotiroideo obteniendo registro de potencial y aviso auditivo característico (tono grave).

Se sigue la técnica en cuatro pasos [71] (estímulo vagal inicial V1 y tras finalizar V2 y del NLR inicial R1 y tras finalizar R2) en un orden secuencial V1 – R1 – R2 – V2 [7, 71, 97]. Ver tabla 8.

Para comprobar el circuito se realiza un primer estímulo en el nervio vago (V1). El NV puede localizarse visualmente abriendo una pequeña bolsa sobre la arteria carótida primitiva a la altura del polo superior de la tiroides y haciendo estímulo a 1mA o bien estimularlo colocando el electrodo de estimulación directamente sobre la carótida o vena yugular sin abrir bolsa con un estímulo de 2,5 a 3mA. El NV se localiza en un 96% por detrás de la carótida común y

vena yugular interna y en un 4% puede hallarse por encima de la carótida común [7, 87].

Se obtendrá un registro con onda bifásica y el tono característico grave si hay señal [34].

En nuestra experiencia el estímulo directo sobre la carótida primitiva es correcto y suficiente, ahorra tiempo y evita la disección y yatrogenia al hacer disección sobre la carótida o la yugular.

La localización visual del NLR conviene realizarla en su relación con la ATI porque, aunque esta relación es variable es el punto más seguro (menor probabilidad de daño al NLR y a la vascularización de las glándulas paratiroides) [12, 13, 64].

Como referimos anteriormente la localización en su relación con el ligamento de Berry es más constante pero un punto peligroso porque el nervio es más vulnerable (está más expuesto, es más superficial, puede tener ramificaciones y es un área vascularizada y el sangrado puede dificultar la visualización). La localización en la zona más baja del cuello desde su emergencia en la salida del mediastino puede estar dificultada por el tejido graso y fácilmente puede alterarse la vascularización de las paratiroides.

En caso de no identificación visual se realiza mapeo del área. Modificando la intensidad del estímulo y umbral del evento para acotar el área de localización.

El mapeo puede realizarlo el ayudante simultáneamente a la actividad del cirujano [88, 101].

El seguimiento del NLR se realiza en sentido craneal hasta su entrada en la laringe procurando mantener el área perineural, evitando tracciones. La disección del NLR no ha de entenderse en el sentido del anatomista puesto que puede ser fácilmente visualizado y seguido en su trayectoria sin diseccionarlo del tejido circundante procurando la identificación de la cara superficial del nervio para no lesionar su vascularización [59].

La disección puede hacerse íntegramente con Harmonic Ultracision Focus, con movimientos cortos y rápidos de la rama activa siguiendo la dirección del nervio hasta seccionar el ligamento de Berry [64].

Tabla 8

Técnica en cuatro pasos [7, 71]

Paso 1	Señal V1	Señal obtenida al estimular en el tronco del nervio vago antes de la identificación del NLR
Paso 2	Señal R1	Señal obtenida al estimular el NLR cuando es identificado por vez primera
Paso 3	Señal R2	Señal obtenida al estimular en NLR una vez se concluyó su disección
Paso 4	Señal V2	Señal obtenida al estimular en el tronco del nervio vago una vez concluida la hemostasia, finalizada la intervención

El interés en realizar la evaluación V2 es importante para confirmar que el NLR funciona y que su actividad es correcta al acabar la cirugía. Este gesto ayuda a evitar falsos negativos ya que se confirma si hay señal desde el tronco del NV y en caso de no haberse identificado el NLR durante la cirugía tiene el valor de conocer su estado funcional real (esta señal es suficiente para confirmar el normal funcionamiento del NLR en aquellos casos en los que no fue posible la identificación visual del NLRL).

Los eventos R1, R2 y V2 han de tener las mismas características que la señal V1.

Los registros R1 pueden obtenerse durante la disección de forma sucesiva (R11, R12, R13, etc).

Si hubo maniobras en el entorno del NLR tras el último registro R2 o V2, debe repetirse el test V2.

Neuromonitorización: interpretación de la señal y validez

En la tabla 9 se recogen elementos que pueden ayudar a interpretar la validez de la neuromonitorización [6, 7, 9, 57, 58, 71].

La obtención de señal electromiográfica (señal presente) se manifiesta con el registro de potencial en forma de onda bifásica o trifásica y con el sonido del aparato (tono grave). La ausencia de señal electromiográfica se comprueba al faltar el registro en pantalla (ondas sin la forma bifásica o trifásica, ondas de baja amplitud, trenes de ondas, alteración de la línea isoelectrica, ondas múltiples con amplitud variable y escasa, interferencias) y el aviso auditivo de tono agudo.

Tabla 9
Interpretación de los registros de la NM en relación con la laringoscopia postquirúrgica

	Señal presente	Señal ausente
Motilidad normal	Verdadero negativo	Falso positivo (1)
Parálisis laríngea	Falso negativo (2)	Verdadero positivo
	Teóricamente correcta función del NLR El test V2 puede descartar falsos negativos	Teóricamente lesión del NLR (= caso positivo= caso patológico)

Para entender y validar la señal presente o ausente obtenida durante la cirugía se ha de realizar laringoscopia postquirúrgica para observar la motilidad laríngea.

Se interpreta como verdadero negativo si hubo obtención de señal electromiográfica y la motilidad laríngea es normal (negativo= motilidad laríngea normal= ausencia de patología) y se interpreta como verdadero positivo en aquellos pacientes en los que hubo ausencia de señal (no se obtuvo

señal o se perdió) y en la laringoscopia postoperatoria se confirma ausencia de motilidad cordal (positivo= parálisis laríngea= presencia de patología) [57].

Siguiendo el mismo razonamiento:

Falso positivo: no hay señal pero la motilidad laríngea es normal

Falso negativo: el registro EMG normal pero se confirma que existe parálisis cordal. La presencia de señal no excluye la posibilidad de que se desarrolle una parálisis laríngea posteriormente o que el estímulo se haya realizado en lugar incorrecto (en caso de un nervio lesionado o seccionado al hacer estímulo muy próximo a la laringe -distal- puede obtenerse registro habiendo una lesión más proximal y no haber hecho comprobaciones proximales y en el tronco vagal -V2-).

Los falsos positivos se producen generalmente por problemas técnicos (electrodo mal insertado, avería en los periféricos) [57]. La mayor tasa de falso positivo se suele dar al inicio de la experiencia por pérdidas de señal de NM (learning curve) ya que la NM precisa aprendizaje en la interpretación de las señales [5, 53, 101].

Interpretación de la pérdida de señal

Las pérdidas de señal observadas pueden deberse a la desinserción del electrodo, a pérdida de conexión, a avería en la caja de conexión y a errores en la programación de los parámetros del monitor que pueden solucionarse fácilmente [64].

Interpretación de la pérdida de señal (ver tablas 10, 11 y 12) [6, 57]:

- Problemas con los electrodos (desinserción del enfermo o de la caja de conexión)
- Parámetros programados en el monitor
- Farmacológica
- Avería
- Lesión NLR

Es importante evitar los falsos negativos ya que se enmascararía una lesión que puede dar problemas en el postoperatorio sobre todo si ya había parálisis contralateral o esta pasó desapercibida.

Es importante hacer test vagal V2 sistemáticamente sí porque ayuda a interpretar los falsos negativos (al hacer estímulo del NLR muy distal, con una lesión proximal). El test del vago ayuda a perfilar mejor la falsa señal/no señal. Siempre debe testarse el vago al inicio y al final ya que es tan válido su resultado como el estímulo directo en NLR [57, 61, 92].

Tabla 10
Falso positivo según el momento de la cirugía [57]

No obtención de señal al inicio:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TET mal colocado ▪ TET de tamaño inadecuado ▪ Electrodo mal insertados ▪ Mal uso del equipo ▪ Electrodo defectuosos ▪ Avería del sistema ▪ Interferencias ▪ Farmacológica ▪ Lesión NLR previa inadvertida
Durante la cirugía (pérdida de señal):	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movilización de los electrodos / TET ▪ Aumento de la impedancia (saliva en el TET) ▪ Avería del equipo ▪ Interferencias ▪ Lesión NLR ▪ Mal uso del equipo ▪ Fármacos paralizantes (#9#) (bloqueo neuromuscular en TET) ▪ Inexplicable: probable lesión transitoria del NLR tal vez por exceso en la tracción medial de la tráquea para exponer el NLR una vez concluida la lobectomía para realizar el test final ▪ Desinserción del electrodo (sonda de estimulación, activo, tierra, en caja de conexión) [4, 6, 53] ▪ Sangre o fascia que cubre el segmento de nervio estimulado ▪ Eliminación pronta respuesta debido a la estimulación ▪ Artefactos tomados por la supresión del segmento ▪ Recuperación temprana de neuroapraxia transitoria (neuroapraxia que se recupera antes de concluir la intervención [7]) ▪ Mala programación de los parámetros en el monitor

Tabla 11

Neuromonitorización en cirugía tiroidea. Interpretación de la señal.

Laringoscopia	Señal presente	Señal ausente
Motilidad normal	Verdadero negativo (VN) Motilidad laríngea normal. Funcionamiento normal del equipo.	Falso positivo (FP) Motilidad laríngea normal. No visualización o localización del NLR: - Ausencia de NLR - Ramificaciones extralaríngeas - Fibrosis - Invasión por tumor - Exceso de tejido perineural Fallo en el funcionamiento del equipo (pérdida de señal): - Fallo en el sistema (electrodos, caja de conexión, error en la programación del monitor) - Avería del equipo - Mal uso del equipo - Estímulo incorrecto (umbral del evento muy alto o estímulo muy bajo) - Intensidad excesiva o interferencias electromagnéticas o artefactos - Causa farmacológica (relajante) - Fatiga muscular - Parálisis transitoria por exceso de tracción - manipulación
Parálisis laríngea	Falso negativo (FN) Causas: - Lesión provocada tras hacer el último test R2 - Técnica incorrecta: hay lesión proximal en NLR, se hizo estímulo distal respecto al punto de lesión con obtención de señal y no se hizo V2 - Lesión del NLR provocada por un edema progresivo (neuroapraxia progresiva) - Luxación aritenoides, edema aritenoides - Edema laríngeo	Verdadero positivo (VP) Causas: - Parálisis previa no detectada - Daño durante la intervención (tracción, térmico, sección)

R2: estímulo en el nervio recurrente al concluir la intervención; V1: estímulo en el nervio vago antes de localizar el nervio recurrente; V2: estímulo en el nervio vago tras concluir la intervención y tras hacer R2.

Tabla 12

Precauciones para evitar falsos negativos y falsos positivos en la neuromonitorización

	Señal presente	Ausencia de señal
Precauciones	Hacer estímulo V2 para reducir posibilidad de falso negativo.	<p>Comprobar posible fallo en equipo.</p> <p>Comprobar estímulo V2.</p> <p>Si no hay señal V2: hacer twitch</p> <p>Si falla la señal V2 ha de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Postponerse la lobectomía contralateral - Si había parálisis previa contralateral: extremar las precauciones en la extubación

Si no se obtiene señal o si hubo pérdida de señal debe descartarse mala colocación o desinserción de los electrodos y avería en el aparato. Si persiste, se sube estímulo progresivamente hasta 2mA sobre el NLR y sobre el NV. Si no se obtiene señal debe hacerse twitch (palpación del área retrocricóidea) y si no se obtiene contracción palpable se considera positivo (tipos de Randolph: I segmentaria y II global) [6, 7, 57].

Cuando se ha confirmado la ausencia o pérdida de señal (caso positivo) pueden darse las siguientes situaciones:

- Si estaba programada tiroidectomía total, debe postponerse la lobectomía contralateral hasta confirmar la función laríngea
- Si en el postoperatorio se comprueba una motilidad normal puede programarse la totalización
- Si en el postoperatorio se comprueba una parálisis laríngea debe mantenerse control periódico para observar la evolución y valorar si hay recuperación incluso por encima de los 6 meses y si es necesario tratamiento quirúrgico de la parálisis.
- Si no hay recuperación de la motilidad cordal debe valorarse muy individualizadamente si debe realizarse la lobectomía contralateral o si existen tratamientos alternativos.

Se recomienda hacer laringoscopia postquirúrgica inmediata (1-3 días) y a las 3-4 semanas [64].

En caso de parálisis el seguimiento ha de ampliarse al menos hasta los 12 meses [6].

Neuromonitorización y anestesia

La técnica anestésica para la monitorización del NRL debe ajustarse para conseguir una señal adecuada y al mismo tiempo garantizar unas condiciones seguras para el enfermo. La neuromonitorización durante la cirugía tiroidea puede modificarse, principalmente, por los relajantes musculares que podrían reducir la amplitud de la onda de electromiografía (EMG) y reducir la sensibilidad de la prueba para evitar la lesión nerviosa [7].

La guía clínica del Grupo Internacional para el Estudio de la Neuromonitorización, aconseja que durante el periodo de monitorización del NRL debiera evitarse la relajación neuromuscular. La facilitación de la intubación orotraqueal podría conseguirse con la utilización de succinil-colina o con dosis reducidas de rocuronio o cis-atracurio. La utilización de otros fármacos, anestésicos halogenados, óxido nitroso, opioides o propofol, para el mantenimiento de la anestesia no debería interferir con la monitorización del NRL. Aunque debe recordarse que el sevoflurano estaría asociado con una línea basal de EMG más elevada [7].

Sin embargo, la anestesia para la tiroidectomía puede complicarse por la presencia de problemas intercurrentes en el enfermo. El bocio retroesternal puede dificultar el manejo de la vía aérea ocasionando desviaciones traqueales o traqueo-malacia. El estado hormonal del paciente (hipotiroidismo, hipertiroidismo, crisis tirotóxica) es un determinante significativo a la hora de elegir la técnica anestésica [102].

Las técnicas loco-regionales, como el bloqueo del plexo cervical profundo o la anestesia epidural cervical, pueden ser un recurso ante pacientes con una situación clínica comprometida, sobre todo a nivel respiratorio; aunque pueden ocasionar complicaciones importantes. La anestesia general con intubación traqueal es la técnica más utilizada para la cirugía tiroidea. Algunos autores consideran la anestesia total intravenosa más ventajosa que el uso de anestésicos volátiles, pues presenta menos incidencia de náuseas y vómitos postoperatorios y tiene una respuesta muy predecible a las variaciones de dosis [102].

Existen estudios que indican que incluso con relajación muscular $\leq 90\%$ se obtienen potenciales de acción de las cuerdas vocales de una amplitud suficiente. Esta amplitud de señal puede corresponder al 60% de la señal obtenida en pacientes sin relajación neuromuscular. Una respuesta atenuada es expresión de relajación muscular, mientras que una parálisis del NRL se manifiesta como ausencia de respuesta al estímulo [103].

La relaxometría del músculo aductor del pulgar después de la estimulación del nervio cubital es el patrón oro en la medición de la relajación neuromuscular. La determinación de la respuesta a un tren de cuatro estímulos es el método más barato pero menos preciso para estimar la respuesta evocada del músculo, pero sin embargo es suficiente para el control adecuado de la relajación muscular intraoperatoria [104].

Actualmente es posible monitorizar la respuesta muscular con diferentes métodos, mecanomiografía, electromiografía, aceleromiografía, o fonomiografía. Diferentes grupos musculares presentan distinta sensibilidad a los relajantes neuromusculares y los resultados obtenidos en un músculo no pueden extrapolarse a otro. Del mismo modo la monitorización con un método no puede derivarse a otro [105].

Los músculos laríngeos se paralizan antes que otros grupos musculares cuando empleamos relajantes musculares no despolarizantes. No obstante, la profundidad de la parálisis es menor. Con los relajantes musculares despolarizantes no hay diferencias en el tiempo de inicio del bloqueo, pero se necesitan dosis más elevadas para lograr la misma profundidad de parálisis que en el aductor del pulgar. La recuperación de la relajación muscular es más rápida en la laringe que en la periferia. El establecimiento de la parálisis tan rápido por el gran flujo sanguíneo que permite una rápida llegada del relajante a la placa neuromuscular de los músculos laríngeos. El tamaño y el tipo de las fibras musculares laríngeas, muy distintas de las fibras de los músculos periféricos, explica el menor grado de bloqueo de aquellas y su recuperación más rápida, para dosis equipotentes de relajante [104,106-108].

Es importante recordar que el inicio de acción es diferente entre los distintos relajantes neuromusculares y además existe una gran variabilidad interindividual [109].

La monitorización del músculo orbicular del párpado (orbicularis oculi), medida por acelerometría, podría ser una referencia para determinar la relajación neuromuscular de los músculos respiratorios y de los músculos de la laringe mejor que la respuesta del aductor del pulgar [110].

Estudios recientes muestran, por su parte, que la monitorización del músculo superciliar o corrugador de las cejas (corrugator supercilii) refleja de forma más fiable el inicio de la relajación de los músculos laríngeos que el aductor del pulgar. Consideran también que en muchos estudios anteriores se ha confundido al músculo orbicular de los párpados con el corrugador. Mediciones por acelerometría sobre el párpado muestran que el comportamiento del orbicular de los párpados no difiere mucho de las medidas del aductor del pulgar. La monitorización del corrugador de los párpados permite titular la

relajación del diafragma durante la cirugía. La recuperación de la función neuromuscular es mejor definida por la monitorización del aductor del pulgar [111, 112].

La monitorización neuromuscular es necesaria para una evaluación objetiva del grado de relajación, ahora existen múltiples tecnologías que pueden aplicarse en la práctica diaria.

Para la realización de estudios clínicos la mecanomiografía es la más indicada. Necesita una preparación rigurosa, el músculo debe estar fijo y solo podría emplearse para determinar la respuesta del aductor del pulgar.

La electromiografía es el método más antiguo de monitorización neuromuscular y se basa en recoger un potencial de acción de la estimulación de un nervio motor. Se ha aplicado a muchos músculos (laringe, diafragma, aductor del pulgar, corrugador y orbicular). Presenta dificultades para el estudio de músculos de escaso tamaño con pequeños potenciales de acción.

Con la aceleromiografía medimos la aceleración creada por el estímulo. Se corresponde bastante bien con la mecanografía y la electrografía, pero su aplicación se limita prácticamente a la exploración del aductor del pulgar.

La cinemiografía emplea un transductor colocado en el primero y segundo dedo y se asemeja a la mecanomiografía. La monitorización se registra en forma de columnas y en porcentajes de amplitud. Los resultados pueden compararse con los de la mecanomiografía.

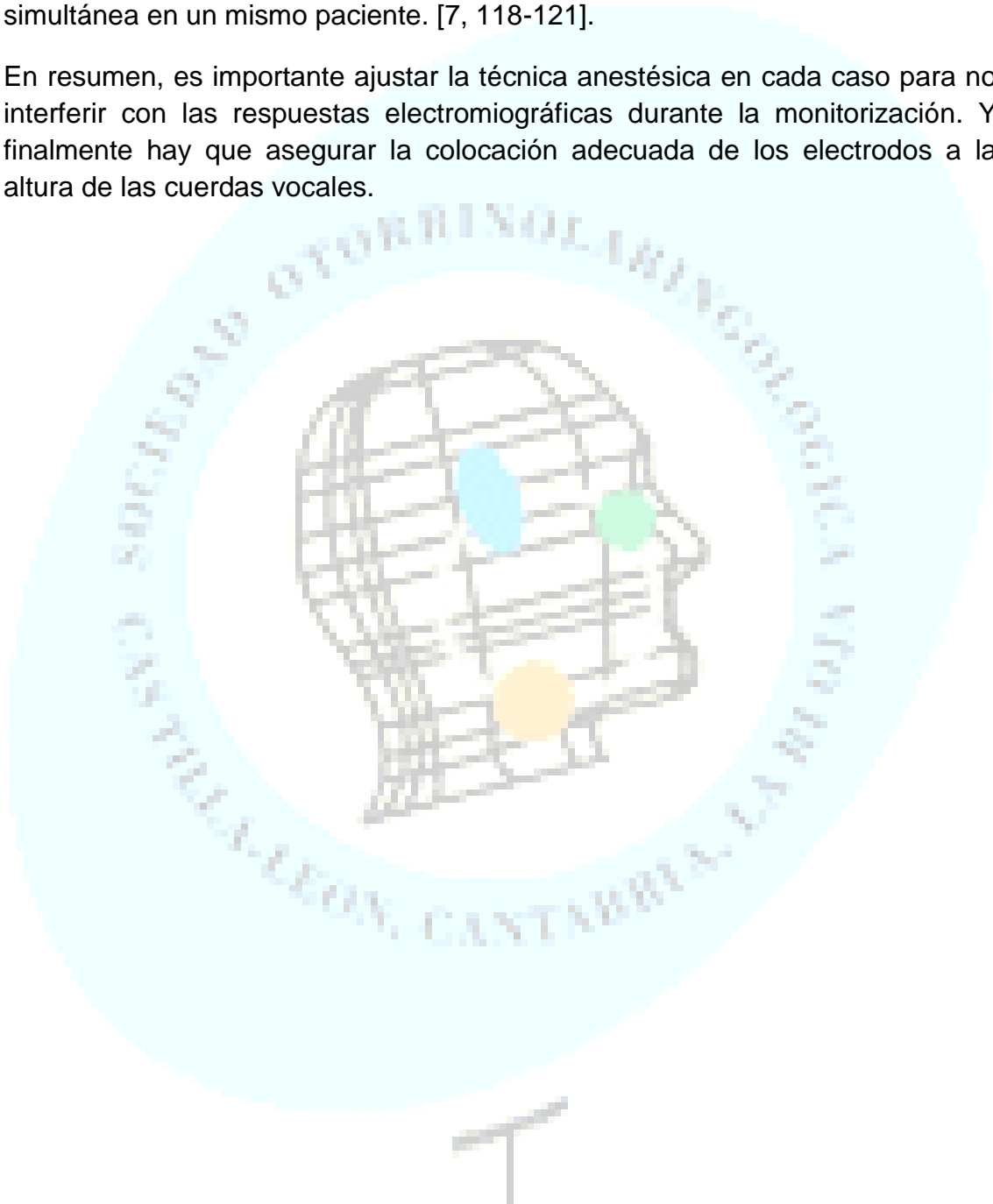
La fonografía se basa en el hecho de que la contracción muscular produce sonidos de baja frecuencia que pueden detectarse con micrófonos adecuados. Pueden correlacionarse los resultados de la fonomiografía con los de la mecanomiografía y puede ser más sensible que aceleromiografía. Tiene la ventaja de que puede aplicarse en múltiples músculos y asimismo es un método no invasivo [113-117].

Los tubos endotraqueales electromiográficos tienen situados 4 electrodos metálicos por encima del manguito de neumotaponamiento (ver figura 5). La disposición de los electrodos favorece el contacto con las cuerdas vocales. Aunque es un sistema fácil de emplear y no es invasivo, los tubos de electromiografía son más flexibles que los tubos convencionales y los cables de monitorización pueden dificultar las maniobras de intubación. Sin embargo es importante garantizar un buen contacto de los electrodos con las cuerdas vocales una vez que el paciente está definitivamente colocado para la cirugía.

La profundidad media, medida en la comisura de la boca es de $20,6 \pm 0,97$ cm en hombres y de $19,6 \pm 1$ cm en mujeres.

La colocación correcta del tubo de electromiografía debe comprobarse antes y después de preparar al paciente para la intervención, mediante laringoscopia directa, con video laringoscopios o con el empleo de fibrobroncoscopios. También hay que señalar que la monitorización electromiográfica puede interferir con otras técnicas de monitorización que se realicen de forma simultánea en un mismo paciente. [7, 118-121].

En resumen, es importante ajustar la técnica anestésica en cada caso para no interferir con las respuestas electromiográficas durante la monitorización. Y finalmente hay que asegurar la colocación adecuada de los electrodos a la altura de las cuerdas vocales.



Comentarios

La identificación visual del NLR es posible en más del 80% de los casos hallándose relación estadística entre la no identificación y la parálisis. No obstante la identificación del nervio y su integridad anatómica no puede garantizar su función correcta en el postoperatorio ni la no identificación es sinónimo de parálisis.

Lo cierto es que la incidencia de parálisis laríngea tras tiroidectomía es baja y muy variable en la literatura.

La neuromonitorización ciertamente simplifica la localización del NLR y da información sobre su estado funcional al finalizar la intervención, mejorando la información recogida durante la cirugía. Por otra parte la neuromonitorización es posible en todos los enfermos independientemente de si se hizo o no identificación visual.

Es importante recordar que, como manifiesta Dionigi [66], estamos en una nueva era de identificación neurofisiológica, diferente y complementaria a la identificación anatómica.

La validez de la neuromonitorización para la localización y evaluación del estado funcional del NLR está suficientemente demostrada en la literatura con resultados muy similares [4, 7, 57, 64].

La identificación visual del NLR en su relación con la ATI y la comprobación funcional tras finalizar la intervención mediante estímulo eléctrico y laringoscopia de rutina pre y postoperatoria siguen siendo las bases para incrementar la seguridad del paciente respecto a las incidencias en relación al NLR [12, 13].

La identificación visual del NLR en relación con la ATI asociada a neuromonitorización consigue incidencias de parálisis del 0% [60, 64].

La incidencia de parálisis laríngea puede ser mayor entre los casos en los que no es posible la identificación del NLR debido a factores diversos como son:

- Las variantes en su relación con la ATI [3, 12, 60, 80].
- El sangrado intraoperatorio que incrementa el riesgo de lesión del NLR [12, 13] y que se relaciona con el sistema de hemostasia empleado [1].
- La experiencia del cirujano [3, 58, 49].
- El conocimiento y correcta interpretación de los resultados obtenidos de la neuromonitorización (sobre todo de la pérdida de señal e interferencias) [4-6, 53, 7, 91, 92, 97].

En la tabla 13 se recogen algunos datos en relación a la identificación del NLR y la incidencia de parálisis.

La identificación visual del NLR es el patrón de referencia para la reducción de lesiones [6, 10]. La neuromonitorización incrementa la seguridad en la localización del NLR de rutina y en situaciones complejas [6, 57, 49, 122], (ausencia de NLR, ramificaciones extralaríngeas, variantes en relación con la

ATI), facilita la disección del tronco y ramas extralaringeas reduciendo la manipulación y la incidencia de parálisis transitoria [4, 6, 53, 122] y ofrece información de su estado funcional al concluir la cirugía.

Ante la sospecha de lesión por pérdida de señal ayuda en la localización del punto de lesión y en la toma de decisiones [7, 60].

Cuando no se consigue la visualización inicial del NLR, la neuromonitorización ayuda a la localización mediante mapeo neural evitando la confusión con estructuras no nerviosas [122].

Tabla13

Incidencia de identificación visual del NLR y parálisis laríngea

autor	n	ID		NID	
		n	parálisis	n	parálisis
Zakaria 2011 [52]	326	229 (70,2%)	6 (2.6%)	97	8 (7.6%)
Kasemsuwan, 1997 [123]	505	471 (93.27%)	22 (4,67%)	34	1 (2,9%)
Bergamaschi 1998 [73]	1176	604 (51,4%)	0.7%	144	0.7%

ID: identificación; NID: no identificación

Cuando el NLR es identificado y diseccionado la tasa de parálisis se sitúa en 0-2,1%, esta incidencia sube al 12,2% en caso de reintervenciones o si el nervio no está claramente identificado (4-6,6%). [52]

No se ha demostrado reducción significativa de la incidencia de parálisis persistente de NLR con el uso de neuromonitorización ya que, debido su baja incidencia, serían necesarias muestras muy amplias para llegar a demostrar significación estadística (en cirujanos con incidencia de parálisis <1% con solo la visualización del nervio deja poco margen para la mejora centrándose los trabajos en el estudio de la parálisis transitoria ya que es donde pueden obtenerse resultados significativos con muestras pequeñas [6]). La parálisis transitoria suele evolucionar satisfactoriamente en un 70-80% de los casos [6].

Los estudios multicéntricos pueden contener sesgo respecto a la complejidad de la técnica quirúrgica y a la experiencia del cirujano [5] y es muy difícil demostrar que la potencial reducción de la incidencia de parálisis se deba a la NM [6]. Los estudios de Dralle, 2004 [11] ponen de manifiesto que para obtener resultados estadísticamente significativos se necesitarían 9 millones de pacientes con bocio multinodular benigno y 40.000 pacientes con carcinoma. La baja tasa de parálisis laríngeas hace necesario grandes muestras para detectar cambios significativos [5] superior a 7000 casos por brazo [6] o >150000 nervios de riesgo por brazo [10]. Otra dificultad metodológica es que

por lo general, los cirujanos son reacios a asignaciones al azar e incluso esto puede ser prohibido por algunas instituciones.

Otros sesgos a los que nos enfrentamos son los prejuicios a publicar complicaciones, la selección de pacientes, el diferente nivel formativo, las diferencias en los medios y la tecnología empleada [54] (que con mucha frecuencia no se tiene en cuenta).

Ante la falta de estudios definitivos, las conclusiones de consenso del metaanálisis de Higgins fueron que [54]:

- La NM no debe ser considerada estándar
- La NM no debe suplantar a la identificación anatómica del nervio.
- El uso de la NM no debe jugar un papel médicolegal.
- Los estudios futuros deben ser prospectivos doble ciego, controlados aleatorios en los que tanto el sujeto como el laringoscopista sean ciegos a la asignación de los sujetos.
- El término persistente se debe utilizar en lugar de permanente al referirse a la parálisis laríngea y ampliar la evaluación a 12 meses (la definición de parálisis persistente es la que aún se observa a los 12 meses). La primera laringoscopia ha de hacerse en las primeras 24 horas y el seguimiento cada 8 semanas hasta la resolución en caso de parálisis [6]

La NM si ha demostrado una reducción significativa en el número de NLR no identificados ya que con la neuromonitorización se llega al 100% de nervios identificados (98% visualizados) lo que incrementa la seguridad y la rapidez durante la cirugía [64].

La NM aumenta la seguridad al ayudar en la toma de decisiones sobre todo en situaciones con variantes anatómicas (ausencia de nervio recurrente, bifurcaciones en la proximidad de la ATI confundiendo la rama posterior sensitiva con la motora [6]) [57, 97] y ayuda a reevaluar la estrategia en la lobectomía contralateral si no hubo registro de señal en la primera lobectomía [57]. Por estos motivos para algunos autores, la neuromonitorización ha de realizarse en todas las tiroidectomías, no sólo en las consideradas de alto riesgo junto a la identificación visual [12, 13, 57, 58, 60, 91].

La laringoscopia prequirúrgica debe realizarse sistemáticamente para detectar patología (9,2% [1, 7]) y en caso de cirugía previa puede mostrar trastornos de la motilidad tardíos o que pasaron desapercibidos [7, 71, 124] (0,8% [64]).

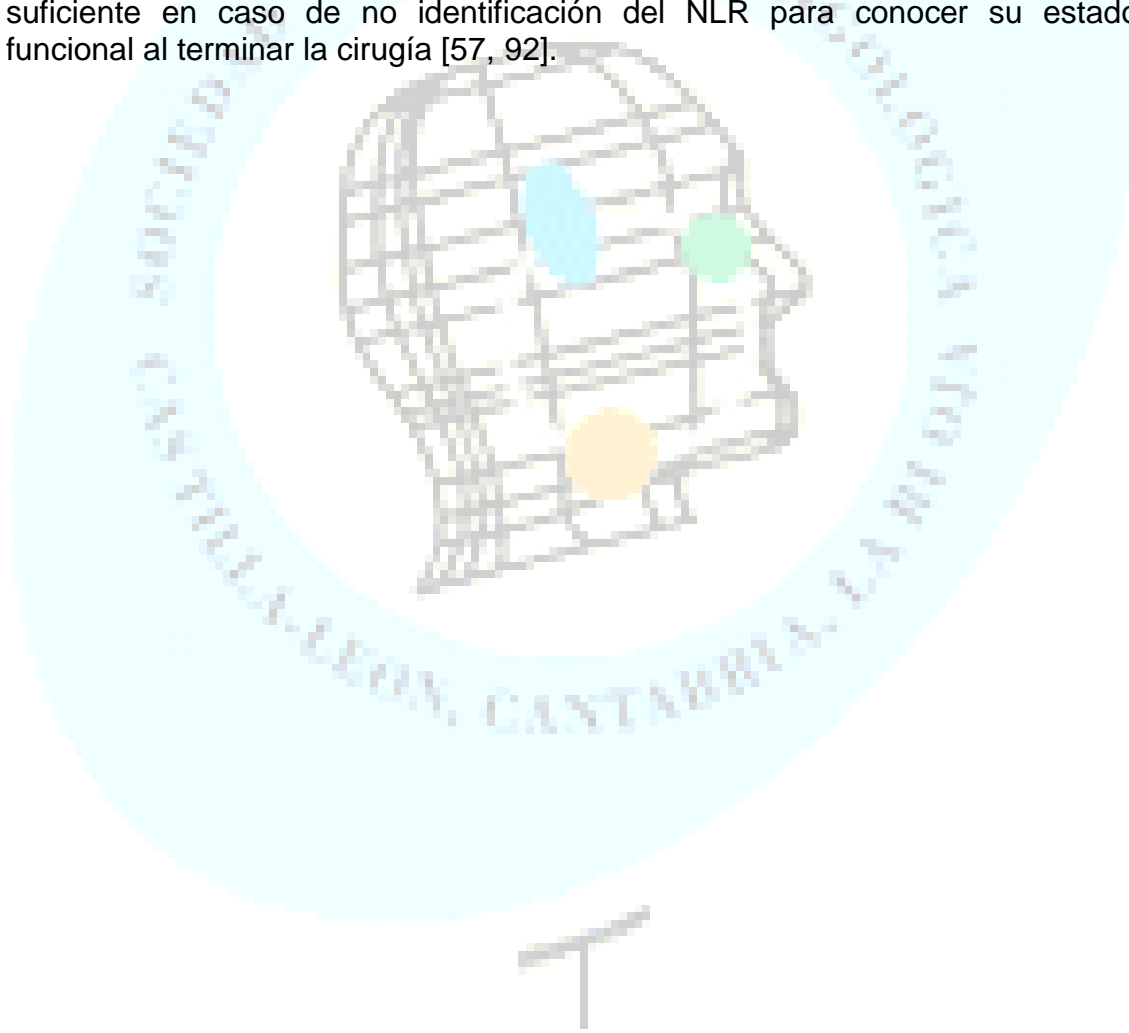
La laringoscopia postquirúrgica confirma los verdaderos y falsos negativos y positivos.

La sensibilidad y el valor predictivo positivo de la neuromonitorización con electrodos de superficie en el TET son variables y relativamente bajos en la mayoría de los estudios debido a los falsos positivos generalmente por fallos técnicos [5, 57, 125] (entre el 33,4-37,8% [6, 54] y el 40-63% [10, 57]) por lo que gestionar las situaciones con pérdida de señal y reducir los falsos positivos es el objetivo de las investigaciones [7].

Los mejores resultados se han obtenido mediante las técnicas que utilizan electrodos por punción transligamentaria (la técnica más utilizada en la literatura alemana [122]).

La mayor tasa de falso positivo se da al inicio de la experiencia puesto que la NM precisa aprendizaje en la programación e interpretación de las señales [5, 57, 53].

La validez global de la NM se incrementa haciendo test inicial y final en el NV (técnica en cuatro pasos [7, 71, 97]). El test en NV ayuda a precisar los verdaderos positivos y reducir la tasa de falsos negativos y falsos positivos y es suficiente en caso de no identificación del NLR para conocer su estado funcional al terminar la cirugía [57, 92].



Conclusiones

La identificación del NLR ha de ser visual y funcional.

La neuromonitorización en cirugía tiroidea ayuda en la localización, identificación, visualización y disección del NLR e informa sobre su estado funcional al finalizar la intervención.

En situaciones de no identificación inicial incrementa la tasa de localización y visualización del NLR.

La menor manipulación durante la disección puede acompañarse de una disminución de las parálisis del NLR.

En caso de pérdida de señal ayuda en la toma de decisiones.

La técnica debe dominarse bien para evitar falsos positivos y falsos negativos.

La neuromonitorización mejora la información al paciente sobre el pronóstico respecto a la motilidad cordal.

La NM aumenta la seguridad del paciente sometido a cirugía tiroidea

La neuromonitorización debe realizarse en cirugía tiroidea de forma rutinaria.



Bibliografía

1. Pardal-Refoyo JL. Sistemas de hemostasia en cirugía tiroidea y complicaciones. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2011;62:339-346.
2. Pardal-Refoyo JL. Complicaciones de la cirugía tiroidea. *Rev Soc Otorrinolaringol Castilla Leon Cantab La Rioja*. 2010; 1:52-203.
3. Kievit J, Bonsing BA, Songun,I, van de Velde CJH. Occurrence and Prevention of Complications in Thyroid Surgery. Ch 23. In: Clark OH, Duh QY, Kebebew, E. *Textbook of Endocrine Surgery (Second Edition)*. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2005. p. 207-215.
4. Alon EE, Hinni ML. Transcricothyroid electromyographic monitoring of the recurrent laryngeal nerve. *Laryngoscope* 2009;119:1918-1921.
5. Cavicchi O, Caliceti U, Fernandez IJ, Macri G, Di Lieto C, Marcantoni A, et al. The value of neurostimulation and intraoperative nerve monitoring of inferior laryngeal nerve in thyroid surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2009;140:866-870.
6. Barczynski M, Konturek A, Cichori S. Randomized clinical trial of visualization versus neuromonitoring of recurrent laryngeal nerves during thyroidectomy. *Br J Surg* 2009;96:240–246.
7. 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 1:1-16.
8. Gourin ChG, Eisele DW. Chapter 39- Complications of Thyroid Surgery. In: Eisele, DW, Smith, RV. *Complications in Head and Neck Surgery (Second Edition)*. Philadelphia, PA: Mosby Elsevier; 2009. p. 493-515.
9. Chan WF, Lang BHH, Lo CY. The role of intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerve during thyroidectomy: A comparative study on 1000 nerves at risk. *Surgery* 2006;140:866-872.
10. Cavicchi O, Caliceti U, Fernandez IJ, Ceroni AR, Marcantoni A, Sciascia S, et al. Laryngeal neuromonitoring and neurostimulation versus neurostimulation alone in thyroid surgery: A randomized clinical

- trial. *Head Neck* 2011; Apr 5: [5 p.]. doi: 10.1002/hed.21681. (acceso 29/12/2011).
11. Dralle H, Sekulla C, Haerting J, Timmermann W, Neumann HJ, Kruse E, et al. Risk factors of paralysis and functional outcome after recurrent laryngeal nerve monitoring in thyroid surgery. *Surgery* 2004;136:1310-1322.
 12. 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;57:1-11.
 13. Riddell, V H. Injury to recurrent laryngeal nerves during thyroidectomy; a comparison between the results of identification and non-identification in 1022 nerves exposed to risk. *Lancet* 1956; 271: 638-641.
 14. Jamski J, Jamska A, Graca M, Barczynski M, Wlodyka J. Recurrent laryngeal nerve injury following thyroid surgery. *Przegl Lek* 2004; 61: 13-6.
 15. Guo Z, Hu Y, Liu Q. Clinical analysis of hoarseness after thyroidectomy. *Lin Chuang Er Bi Yan Hou Ke Za Zhi* 1998; 12: 362-3, 373.
 16. Ardito G, Revelli L, D'Alatri L, Lerro V, Guidi ML, Ardito F. Revisited anatomy of the recurrent laryngeal nerves. *Am J Surg* 2004; 187: 249-53.
 17. Zambudio AR, Rodriguez J, Riquelme J, Soria T, Canteras M, Parrilla P. Prospective study of postoperative complications after total thyroidectomy for multinodular goiters by surgeons with experience in endocrine surgery. *Ann Surg* 2004; 240: 18-25.
 18. Chow TL, Chu W, Lim BH, Kwok SP. Outcomes and complications of thyroid surgery: retrospective study. *Hong Kong Med J* 2001; 7: 261-5.
 19. Debry C, Schmitt E, Senechal G, Siliste CD, Quevauvilliers J, Renou G. Analysis of complications of thyroid surgery: recurrent paralysis or hypoparathyroidism. On a series of 588 cases. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 1995; 112: 211-7.

20. Sorensen EW, Kirkegaard J. Complications after surgical treatment of malignant thyroid diseases. *Ugeskr Laeger* 1995; 157: 5975–9.
21. Roher HD, Goretzki PE, Hellmann P, Witte J. Complications in thyroid surgery. Incidence and therapy. *Chirurg* 1999; 70: 999–1010.
22. Rosato L, Carlevato MT, De Toma G, Avenia N. Recurrent laryngeal nerve damage and phonetic modifications after total thyroidectomy: surgical malpractice only or predictable sequence? *World J Surg* 2005; 29: 780–4.
23. Aytac B, Karamercan A. Recurrent laryngeal nerve injury and preservation in thyroidectomy. *Saudi Med J* 2005; 26: 1746–9.
24. Acun Z, Cihan A, Ulukent SC et al. A randomized prospective study of complications between general surgery residents and attending surgeons in near-total thyroidectomies. *Surg Today* 2004; 34: 997–1001.
25. Chiang FY, Wang LF, Huang YF, Lee KW, Kuo WR. Recurrent laryngeal nerve palsy after thyroidectomy with routine identification of the recurrent laryngeal nerve. *Surgery* 2005; 137: 342–7.
26. Miller W, Butters M, Leibl B, Bittner R. Quality assurance in goiter surgery by rate of recurrent nerve paralysis. *Chirurg* 1995; 66: 1210–4.
27. Jatzko GR, Lisborg PH, Muller MG, Wette VM. Recurrent nerve palsy after thyroid operations – principal nerve identification and a literature review. *Surgery* 1994; 115: 139–44.
28. Svendsen FM, Badsgard SE, Nielsen PH, Egeblad K. Recurrent nerve injury after goiter surgery. *Ugeskr Laeger* 1990; 152: 1288–90.
29. Kube R, Horschig P, Marusch F, Horntrich J, Gastinger I. Postoperative recurrent nerve paralysis after initial interventions for benign goiter. *Zentralbl Chir* 1998; 123: 11–6.
30. Sturniolo G, D'Alia C, Tonante A, Gagliano E, Taranto F, Lo Schiavo MG. The recurrent laryngeal nerve related to thyroid surgery. *Am J Surg* 1999; 177: 485–8.
31. Moulton-Barrett R, Crumley R, Jalilie S et al. Complications of thyroid surgery. *Int Surg* 1997; 82: 63–6.

32. Misiolek M, Waler J, Namyslowski G, Kucharzewski M, Podwinski A, Czecior E. Recurrent laryngeal nerve palsy after thyroid cancer surgery: a laryngological and surgical problem. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2001; 258: 460–2.
33. Lo CY, Kwok KF, Yuen PW. A prospective evaluation of recurrent laryngeal nerve paralysis during thyroidectomy. *Arch Surg* 2000; 135: 204–7.
34. Jung H, Schlager B. Recurrent laryngeal nerve paralysis after thyroidectomy. *Laryngorhinootologie* 2000; 79: 297–303.
35. Thermann M, Feltkamp M, Elies W, Windhorst T. Recurrent laryngeal nerve paralysis after thyroid gland operations. Etiology and consequences. *Chirurg* 1998; 69: 951–6.
36. Scheuller MC, Ellison D. Laryngeal mask anesthesia with intraoperative laryngoscopy for identification of the recurrent laryngeal nerve during thyroidectomy. *Laryngoscope* 2002; 112: 1594–7.
37. Steurer M, Passler C, Denk DM, Schneider B, Niederle B, Bigenzahn W. Advantages of recurrent laryngeal nerve identification in thyroidectomy and parathyroidectomy and the importance of preoperative and postoperative laryngoscopic examination in more than 1000 nerves at risk. *Laryngoscope* 2002; 112: 124–33.
38. Otto RA, Cochran CS. Sensitivity and specificity of intraoperative recurrent laryngeal nerve stimulation in predicting postoperative nerve paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002; 111: 1005–7.
39. Tomoda C, Hirokawa Y, Uruno T et al. Sensitivity and specificity of intraoperative recurrent laryngeal nerve stimulation test for predicting vocal cord palsy after thyroid surgery. *World J Surg* 2006; 30: 1230–3.
40. Stojadinovic A, Shaha AR, Orlikoff RF et al. Prospective functional voice assessment in patients undergoing thyroid surgery. *Ann Surg* 2002; 236: 823–32.
41. 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.

42. Ozbas S, Kocak S, Aydintug S, Cakmak A, Demirkiran MA, Wishart GC. Comparison of the complications of subtotal, near total and total thyroidectomy in the surgical management of multinodular goitre. *Endocr J.* 2005 Apr;52(2):199-205.
43. Filho JG, Kowalski LP. Postoperative complications of thyroidectomy for differentiated thyroid carcinoma. *Am J Otolaryngol.* 2004 Jul-Aug;25(4):225-30.
44. Gonçalves Filho J, Kowalski LP. Surgical complications after thyroid surgery performed in a cancer hospital. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2005 Mar;132(3):490-4.
45. Rosato L, Avenia N, Bernante P, De Palma M, Gulino G, Nasi PG, Pelizzo MR, Pezzullo L. Complications of thyroid surgery: analysis of a multicentric study on 14,934 patients operated on in Italy over 5 years. *World J Surg.* 2004 Mar;28(3):271-6. Epub 2004 Feb 17.
46. Bron LP, O'Brien CJ. Total thyroidectomy for clinically benign disease of the thyroid gland. *Br J Surg.* 2004 May;91(5):569-74.
47. Friguglietti CU, Lin CS, Kulcsar MA. Total thyroidectomy for benign thyroid disease. *Laryngoscope.* 2003 Oct;113(10):1820-6.
48. Bellantone R, Lombardi CP, Bossola M, Boscherini M, De Crea C, Alesina P, Traini E, Princi P, Raffaelli M. Total thyroidectomy for management of benign thyroid disease: review of 526 cases. *World J Surg.* 2002 Dec;26(12):1468-71. Epub 2002 Oct 9. Review.
49. Hermann M, Alk G, Roka R, Glaser K, Freissmuth M. Laryngeal recurrent nerve injury in surgery for benign thyroid diseases: effect of nerve dissection and impact of individual surgeon in more than 27,000 nerves at risk. *Ann Surg* 2002;235:261-268.
50. Prim MP, de Diego JI, Hardisson D, Madero R, Gavilan J. Factors related to nerve injury and hypocalcemia in thyroid gland surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2001 Jan;124(1):111-4.
51. Moulton-Barrett R, Crumley R, Jalilie S, Segina D, Allison G, Marshak D, Chan E. Complications of thyroid surgery. *Int Surg.* 1997 Jan-Mar;82(1):63-6.

52. Zakaria HM, Al Awad NA, Al Kreedes AS, Al-Mulhim AM, Al-Sharway MA, Hadi MA, et al. Recurrent laryngeal nerve injury in thyroid surgery. *Oman Med J* 2011;26:34-38.
53. Petro ML, Schweinfurth JM, Petro AB. Transcricothyroid, intraoperative monitoring of the vagus nerve. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2006;132:624-628.
54. 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;121:1009-1017.
55. Witt RL. Electrophysiologic monitoring of the recurrent laryngeal nerves may not predict bilateral vocal fold immobility after thyroid surgery. *J Voice* 2004;18:256-260.
56. Lo CY, Kwok KF, Yuen PW. A prospective evaluation of recurrent laryngeal nerve paralysis during thyroidectomy. *Arch Surg* 2000;135:204-207.
57. Cernea CR, Brandão LG, Hojaij FC, De Carlucci D Jr, Brandão J, Cavalheiro B, et al. Negative and positive predictive values of nerve monitoring in thyroidectomy. *Head Neck* 2011; Mar 16: [5 p.]. doi: 10.1002/hed.21695. (acceso 29/12/2011).
58. Eisele DW. Intraoperative electrophysiologic monitoring of the recurrent laryngeal nerve. *Laryngoscope* 1996. 106:443-449.
59. Trésallet C, Chigot JP, Menegaux F. Comment prévenir la morbidité récurrentielle en chirurgie thyroïdienne? *Ann Chir* 2006;131:149-153.
60. Chiang FY, Lu IC, Chen HC, Chen HY, Tsai CJ, Hsiao PJ, et al. Anatomical variations of recurrent laryngeal nerve during thyroid surgery: how to identify and handle the variations with intraoperative neuromonitoring. *Kaohsiung J Med Sci* 2010;26:575-583.
61. Thomusch O, Sekulla C, Walls G, Machens A, Dralle H. Intraoperative neuromonitoring of surgery for benign goiter. *Am J Surg* 2002;183:673-678.

62. Robertson ML, Steward DL, Gluckman JL, Welge J. Continuous laryngeal nerve integrity monitoring during thyroidectomy: does it reduce risk of injury? *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004
63. Yarbrough DE, Thompson GB, Kasperbauer JL, Harper CM, Grant CS. Intraoperative electromyographic monitoring of the recurrent laryngeal nerve in reoperative thyroid and parathyroid surgery. *Surgery.* 2004 Dec;136(6):1107-15
64. Pardal-Refoyo JL. Utilidad de la neuromonitorización en cirugía tiroidea. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2012 (en prensa)
65. Miller MC, Spiegel JR. Identification and monitoring of the recurrent laryngeal nerve during thyroidectomy. *Surg Oncol Clin N Am* 2008;17:121-144.
66. Dionigi G, Barczynski M, Chiang FY, Dralle H, Duran-Poveda M, Iacobone M, Lombardi CP, Materazzi G, Mihai R, Randolph GW, Sitges-Serra A. Why monitor the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery?. *J Endocrinol Invest.* 2010 Dec;33(11):819-22.
67. Chiang FY, Lu IC, KuoWR, Lee KW, Chang NC, Wu CW. The mechanism of recurrent laryngeal nerve injury during thyroid surgery—the application of intraoperative neuromonitoring. *Surgery* 2008, 143: 743-9.
68. Snyder SK, Lairmore TC, Hendricks JC, Roberts JW. Elucidating mechanisms of recurrent laryngeal nerve injury during thyroidectomy and parathyroidectomy. *J Am Coll Surg* 2008, 206: 123-30.
69. Hermann M, Hellebart C, Freissmuth M. Neuromonitoring in thyroid surgery: prospective evaluation of intraoperative electrophysiological responses for the prediction of recurrent laryngeal nerve injury. *Ann Surg.* 2004 Jul;240(1):9-17.
70. Randolph GW, Kamani D. The importance of preoperative laryngoscopy in patients undergoing thyroidectomy: voice, vocal cord function, and the preoperative detection of invasive thyroid malignancy. *Surgery* 2006;139:357-62.

71. Chiang FY, Lee KW, Chen HC, Chen HY, Lu IC, Kuo WR, et al. Standardization of intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerve in thyroid operation. *World J Surg* 2010;34:223-229.
72. Flisberg, K; Lindholm, T. Electrical stimulation of the human recurrent laryngeal nerve during thyroid operation. *Acta Otolaryngol* 1970; 263: 63- 67.
73. Bergamaschi R, Becouarn G, Ronceray J, et al. Morbidity of thyroid surgery. *Am J Surg* 1998; 176:71–75.
74. Kasemsuwaran L, Nubthuenetr SJ. Recurrent laryngeal nerve paresis: a complication of thyroidectomy. *Otorhinolaryngology* 1997; 26:365–367.
75. Miller W, Buttres M, Leibl, B, et al. Evaluation of thyroid surgery by rate of recurrent nerve palsy. *Chirurgie* 1995; 66:1210–1214.
76. Koch B, Boettcher M, Huschnitt N, et al. Must the recurrent laryngeal nerve be identified routinely during resection of nodular goiter? *Chirurgie* 1996; 67:927–932.
77. Wade JS. The recurrent laryngeal nerve. *Proc R Soc Med* 1961;54:875-876.
78. Lahey FH, Hoover WB. Injuries to the recurrent laryngeal nerve in thyroid operations: their management and avoidance. *Ann Surg* 1938;108:545-562.
79. Latarget M, Ruiz A. Anatomía Humana. Ed. Médica Panamericana, 2004 (pp 1132)
80. Tran Ba Huy P, Kania R. Tiroidectomía. *Enciclopedia Médico-Quirúrgica – E – 46-460*. Elsevier SAS. París. 2005.
81. Sañudo JR, Maranillo E, León X, Mirapeix RM, Orús C, Quer M. An anatomical study of anastomoses between the laryngeal nerves. *Laryngoscope* 1999;109:983-987.
82. Delbridge L. Total thyroidectomy: the evolution of surgical technique. *ANZ J Surg* 2003;73:761-768.

83. Bigelow DC, Patterson T, Weber R, Stecker MM, Judy K. Comparison of endotracheal tube and hookwire electrodes for monitoring the vagus nerve. *J Clin Monit Comput* 2002;17:217-220.
84. James AG, Crocker S, Woltering E, Ferrara J, Farrar W. A simple method for identifying and testing the recurrent laryngeal nerve. *Surg Gynecol Obstet* 1985;161:185-186.
85. Spahn J G, Bizal J, Ferguson S, Lingeman R E. Identification of the motor laryngeal nerves - a new electrical stimulation technique. *Laryngoscope* 1981;91:1865-1868.
86. 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;163:47-50.
87. Dionigi G, Chiang FY, Rausei S, Wu CW, Boni L, Lee KW, et al. Surgical anatomy and neurophysiology of the vagus nerve (VN) for standardised intraoperative neuromonitoring (IONM) of the inferior laryngeal nerve (ILN) during thyroidectomy. *Langenbecks Arch Surg* 2010; 395:893–899.
88. 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 Feb 2. [Epub ahead of print]
89. Scheuller M.C, Ellison D. Laryngeal mask anesthesia with intraoperative laryngoscopy for identification of the recurrent laryngeal nerve during thyroidectomy. *Laryngoscope* 2002;112:1594–1597.
90. Eisele D.W. Intraoperative electrophysiologic monitoring of the recurrent laryngeal nerve. *Laryngoscope* 1996; 106:443–449.
91. Tschopp KP, Gottardo C. Comparison of various methods of electromyographic monitoring of the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002;111:811–816.
92. Dionigi G. In reference to Transcricothyroid electromyographic monitoring of the recurrent laryngeal nerve. *Laryngoscope* 2010;120:438.

93. Ulmer C, Koch KP, Seimer A, Molnar V, Meyding-Lamadé U, Thon KP, et al. Real-time monitoring of the recurrent laryngeal nerve: an observational clinical trial. *Surgery* 2008;143:359–365.
94. Biblioteca Virtual en Salud (BVS). En : <http://regional.bvsalud.org/php/level.php?lang=es&component=107&item=39>
95. Horne SK, Gal TJ, Brennan JA. Prevalence and patterns of intraoperative nerve monitoring for thyroidectomy. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2007, 136: 952-6.
96. 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: 417-25.
97. Dralle H, Sekulla C, Lorenz K, Brauckhoff M, Machens A; German IONM Study Group. Intraoperative monitoring of the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery. *World J Surg* 2008;32:1358-1366.
98. Chi SY, Lammers B, Boehner H, Pohl P, Goretzki PE. Is it meaningful to preserve a palsied recurrent laryngeal nerve? *Thyroid* 2008, 18: 363-6.
99. Duclos A, Lifante JC, Ducarroz S, Soardo P, Colin C, Peix JL. Influence of intraoperative neuromonitoring on surgeons' technique during thyroidectomy. *World J Surg.* 2011 Apr;35(4):773-8.
100. Angelos P. Ethical and medicolegal issues in neuromonitoring during thyroid and parathyroid surgery: a review of the recent literature. *Curr Opin Oncol.* 2012 Jan;24(1):16-21. Review.
101. Dionigi G, Bacuzzi A, Boni L, Rovera F, Dionigi R. What is the learning curve for intraoperative neuromonitoring in thyroid surgery? *Int J Surg.* 2008;6 Suppl 1:S7-12.
102. Bacuzzi A, Dionigi G, Del Bosco A, Cantone G, Sansone T, Di Losa E, Cuffari S. Anaesthesia for thyroid surgery: perioperative management. *Int J Surg.* 2008;6 Suppl 1:S82-5.

103. Marusch F, Hussock J, Haring G, Hachenberg T, Gastinger I. Influence of muscle relaxation on neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve during thyroid surgery. *Br J Anaesth.* 2005 May;94(5):596-600.
104. 15. Jonas J, Fischer S, Kaissling G, Bähr R. [Relaxation and the electromyographic identification of the recurrent laryngeal nerve]. *Chirurg.* 2002 Sep;73(9):938-41.
105. Nitahara K, Sugi Y, Higa K. [Neuromuscular monitoring]. *Masui.* 2008 Jul;57(7):824-30.
106. Schmidt J, Irouschek A, Muenster T, Hemmerling TM, Albrecht S. A priming technique accelerates onset of neuromuscular blockade at the laryngeal adductor muscles. *Can J Anaesth.* 2005 Jan;52(1):50-4.
107. Lee HJ, Kim KS, Jeong JS, Cheong MA, Shim JC. Comparison of the adductor pollicis, orbicularis oculi, and corrugator supercilii as indicators of adequacy of muscle relaxation for tracheal intubation. *Br J Anaesth.* 2009 Jun;102(6):869-74.
108. Hemmerling TM, Schmidt J, Wolf T, Klein P, Jacobi K. Comparison of succinylcholine with two doses of rocuronium using a new method of monitoring neuromuscular block at the laryngeal muscles by surface laryngeal electromyography. *Br J Anaesth.* 2000 Aug;85(2):251-5.
109. Le Corre F, Plaud B, Benhamou E, Debaene B. Visual estimation of onset time at the orbicularis oculi after five muscle relaxants: application to clinical monitoring of tracheal intubation. *Anesth Analg.* 1999 Nov;89(5):1305-10
110. Rimaniol JM, Dhonneur G, Sperry L, Duvaldestin P. A comparison of the neuromuscular blocking effects of atracurium, mivacurium, and vecuronium on the adductor pollicis and the orbicularis oculi muscle in humans. *Anesth Analg.* 1996 Oct;83(4):808-13.
111. Hemmerling TM, Donati F. Neuromuscular blockade at the larynx, the diaphragm and the corrugator supercilii muscle: a review. *Can J Anaesth.* 2003 Oct;50(8):779-94

112. Plaud B, Debaene B, Donati F. The corrugator supercillii, not the orbicularis oculi, reflects rocuronium neuromuscular blockade at the laryngeal adductor muscles. *Anesthesiology*. 2001 Jul;95(1):96-101
113. Hemmerling TM, Le N. Brief review: Neuromuscular monitoring: an update for the clinician. *Can J Anaesth*. 2007 Jan;54(1):58-72
114. Fuchs-Buder T, Schreiber JU, Meistelman C. Monitoring neuromuscular block: an update. *Anaesthesia*. 2009 Mar;64 Suppl 1:82-9.
115. Bellemare F, Couture J, Donati F, Plaud B. Temporal relation between acoustic and force responses at the adductor pollicis during nondepolarizing neuromuscular block. *Anesthesiology*. 2000 Sep;93(3):646-52.
116. Ariño-Irujo JJ, Calbet-Mañueco A, De la Calle-Elguezabal PA, Velasco-Barrio JM, López-Timoneda F, Ortiz-Gómez JR, Fabregat-López J, Palacio-Abizanda FJ, Fonet-Ruiz I, Pérez-Cajaraville J. [Neuromuscular blockade monitoring. Part 1]. *Rev Esp Anestesiología Reanimación*. 2010 Mar;57(3):153-60.
117. Ortiz-Gómez JR, Fabregat-López J, Palacio-Abizanda FJ, Fonet-Ruiz I, Pérez-Cajaraville J, Ariño-Irujo JJ, Calbet-Mañueco A, De la Calle-Elguezabal PA, Velasco-Barrio JM, López-Timoneda F. [Neuromuscular blockade monitoring. Part 2]. *Rev Esp Anestesiología Reanimación*. 2010 Mar;57(3):161-72
118. Lu IC, Chu KS, Tsai CJ, Wu CW, Kuo WR, Chen HY, Lee KW, Chiang FY. Optimal depth of NIM EMG endotracheal tube for intraoperative neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve during thyroidectomy. *World J Surg*. 2008 Sep;32(9):1935-9.
119. Valencia L, Sitges A, Trillo L. [Endotracheal tube placement for electromyographic monitoring during fiberoptic bronchoscopic surgery on the thyroid glands]. *Rev Esp Anestesiología Reanimación*. 2009 Jan;56(1):50-1.
120. Tsai CJ, Tseng KY, Wang FY, Lu IC, Wang HM, Wu CW, Chiang HC, Chiang FY. Electromyographic endotracheal tube placement during

- thyroid surgery in neuromonitoring of recurrent laryngeal nerve. Kaohsiung J Med Sci. 2011 Mar;27(3):96-101.
121. Kang MH, In CB, Kim MH, Lim KJ, Park EY, Lee HM, Lee SK. Inappropriate elevation of bispectral index values in robot assisted thyroidectomy with electromyographic endotracheal tube -A case report-. Korean J Anesthesiol. 2011 Dec;61(6):511-4.
122. Timmermann, W; Dralle, H; Hamelmann, W; Thomusch, O; Sekulla, C; Meyer, Th, et al. Reduziert das intraoperative Neuromonitoring die recurrenspareserate bei Schilddrüsenoperationen?. Zentralbl Chir 2002. May;127:395-399.
123. Kasemsuwan L, Nubthuenetr S. Recurrent laryngeal nerve paralysis: a complication of thyroidectomy. J Otolaryngol. 1997 Dec;26(6):365-7.
124. Aggarwal V, Agarwal G. Re: The importance of preoperative laryngoscopy in patients undergoing thyroidectomy: voice, vocal cord function, and the preoperative detection of invasive thyroid malignancy. Surgery 2007;141:413.
125. Interventional Procedures Advisory Committee (IPAC). National Institute for health and clinical excellence. NICE guidance. Intraoperative recurrent laryngeal nerve monitoring during thyroid surgery. August 2007: [23 p.] Disponible en: <http://www.nice.org.uk/nicemedia/live/11872/38308/38308.pdf>. (acceso 02/04/2012).