

갑상선 수술에서 수술 중 신경 감시의 효용성: 학습곡선을 중심으로

한양대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실

곽민규, 이송재, 송창면, 지용배, 태 경

Efficacy of Intraoperative Neural Monitoring (IONM) in Thyroid Surgery: the Learning Curve

Min Kyu Kwak, Song Jae Lee, Chang Myeon Song, Yong Bae Ji and Kyung Tae

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Background and Objectives: Intraoperative neural monitoring (IONM) of recurrent laryngeal nerve (RLN) in thyroid surgery has been employed worldwide to identify and preserve the nerve as an adjunct to visual identification. The aims of this study was to evaluate the efficacy of IONM and difficulties in the learning curve.

Materials and Methods: We studied 63 patients who underwent thyroidectomy with IONM during last 2 years. The standard IONM procedure was performed using NIM 3.0 or C2 Nerve Monitoring System. Patients were divided into two chronological groups based on the success rate of IONM (33 cases in the early period and 30 cases in the late period), and the outcomes were compared between the two groups. **Results:** Of 63 patients, 32 underwent total thyroidectomy and 31 thyroid lobectomy. Failure of IONM occurred in 9 cases: 8 cases in the early period and 1 case in the late period. Loss of signal occurred in 8 nerves of 82 nerves at risk. The positive predictive value increased from 16.7% in the early period to 50% in the late period. The mean amplitude of the late period was higher than that of the early period ($p < 0.001$). **Conclusion:** IONM in thyroid surgery is effective to preserve the RLN and to predict postoperative nerve function. However, failure of IONM and high false positive rate can occur in the learning curve, and the learning curve was about 30 cases based on the results of this study.

Key Words: Thyroidectomy, Intraoperative neural monitoring, Recurrent laryngeal nerve, Vocal cord paralysis

서 론

갑상선암은 2014년 국가 암 발생 통계자료에 의하면 발생률 및 유병률 1위를 차지하는 암으로 특히 여성에서 발생률이 높으며 수술로 완치가 가능해 예후는 양호하다고 알려져 있다.¹⁾ 갑상선 수술의 중요 합병증으로는 술 후 출혈, 부갑상선 손상으로 인한 저칼슘혈증,

반회후두신경 손상으로 인한 성대 마비 등이 있다. 성대 마비는 음성을 변화시켜 삶의 질을 저하시키고, 양측 반회후두신경 손상의 경우는 호흡 곤란을 일으켜 기관절개술이 필요하기도 하다. 또한 반회후두신경 손상은 갑상선 수술 후의 가장 많은 법적 분쟁의 원인이 된다.²⁾ 갑상선 수술 중 반회후두신경의 손상을 줄이고자 수술 중 신경 감시(intraoperative neural monitoring, IONM)가 시행되며, 점점 많이 적용되는 추세이다.³⁻⁵⁾

Received October 15, 2018 / Revised October 29, 2018 / Accepted October 29, 2018

Correspondence: Kyung Tae, MD, PhD, Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Hanyang University College of Medicine, 222-1 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Korea

Tel: 82-2-2290-8585, Fax: 82-2-2293-3335, E-mail: kytae@hanyang.ac.kr

Copyright © 2018, the Korean Thyroid Association. All rights reserved.

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

갑상선 수술에서 수술 중 신경 감시는 1966년 Shedd와 Burget⁶⁾에 의해 처음 제안되었으며, 최근에는 많은 기술적 진보에 의해 덜 침습적이며 편리하고 유용하게 사용되고 있다.

갑상선 수술에서 반회후두신경을 육안으로 직접 확인하고 보존하는 방법이 표준 술식이나, 수술 중 신경 감시술도 신경의 확인과 보존에 매우 유용한 방법이다. 갑상선 수술 중 신경 감시의 장점은 반회후두신경의 조기 발견 및 확인이 용이하고, 신경의 박리에 많은 도움을 주며, 특히 반회후두신경의 기형, 비회귀성 반회후두신경, 또는 반회후두신경의 가지가 많이 있는 경우에 매우 유용하다. 또한, 수술 중 신경 감시는 반회후두신경의 손상 원인을 유추해 볼 수 있으며, 이로 인해 수술의 술기와 결과를 향상시킬 수 있으며, 수술 후 성대 기능에 대한 예측이 가능하기 때문에 한쪽 갑상선 절제 후 반대 측 갑상선의 절제술 여부를 결정하는 데에도 도움이 된다.^{4,7,8)}

갑상선 수술 중 신경 감시가 실질적으로 반회후두신경의 손상 빈도를 줄일 수 있는지에 대해서는 아직 논란이 있다. Zheng 등⁷⁾과 Yang 등⁸⁾의 메타 분석 연구에서는 갑상선 수술 중 신경 감시로 일시적 성대 마비 빈도를 줄일 수 있다고 보고하였다. Wong 등⁹⁾의 메타 연구에서는 신경 감시가 특히 고위험군 수술(갑상선암 및 흉골하 갑상선종)에서 일시적 및 전체 성대 마비 빈도를 줄이는 데 유용하다고 보고하였다. 그러나 Pisanu 등¹⁰⁾의 메타 연구에서는 갑상선 수술 중 신경 감시와 고식적 방법 사이에 반회후두신경 손상 빈도의 유의한 차이가 없었다. 이런 상반된 메타 분석의 결과는 아마 반회후두신경 손상 빈도가 매우 낮아 통계적으로 의미 있는 결과를 얻기 위해서는 많은 수의 연구 대상이 필요하기 때문이라 생각된다.

저자들은 2년 전부터 갑상선절제술 시 수술 중 신경 감시를 선택적인 환자에서 시행하고 있는데, 본 연구에서는 수술 중 신경 감시의 유용성을 알아보고, 시행 초기에 겪는 어려움과 실패 원인을 분석하여 수술 중 신경 감시의 학습 곡선을 파악하고자 하였다.

대상 및 방법

2016년 4월부터 2018년 7월까지 고식적 갑상선절제술 시 수술 중 신경 감시를 같이 시행하였던 63례의 환자를 연구 대상으로 하였다. 수술은 한 명의 술자에 의해 시행되었고 수술 전부터 성대 마비가 있거나, 수술 중 중양의 침범으로 인해 의도적으로 반회후두신경

을 절제하였던 환자는 대상에서 제외되었으며, 내시경이나 로봇을 이용한 갑상선절제술을 받은 환자 또한 연구에서 제외하였다.

신경 감시를 위하여 NIM 3.0 Nerve Monitoring System (Medtronic Xomed, Jacksonville, FL, USA)과 C2 Nerve Monitoring System (Inomed, Teningen, Germany)의 두 종류의 근전도 감시 장치를 사용하였다. 전신 마취를 위해 전극이 장착된 기관 내관을 삽관하였으며 근이완제는 기도 삽관 전에 로쿠로늄브롬화물(rocuronium bromide) 0.6 mg/kg을 1회만 투여하였다. 기관 내관에 장착된 전극이 진성대와 잘 접촉하도록 기관 내관을 위치시켰으며, 환자의 목을 신전시키고 환자의 체위를 변경한 뒤에는 반드시 굴곡형 후두 내시경으로 기관 삽관 위치를 재확인하였다.

수술 중 신경 감시는 표준적 방법을 이용하여 V1, R1, R2, V2 값을 측정하였다.⁴⁾ 갑상선 실질 박리 전에 경동맥초(carotid sheath)에서 미주신경을 자극하여 V1 값을 얻었으며 이는 반회후두신경의 박리에 앞서 감시 장치의 신뢰성과 정상적인 성대 운동을 확인하기 위한 목적이다. 기관식도고랑(tracheoesophageal groove)에서 반회후두신경을 찾으면 신경을 자극하여 R1 값을 측정하였고 일측 갑상선엽을 완전히 절제한 후 다시 반회후두신경을 자극하여 R2 값을 측정했다. 그 후 다시 미주신경을 자극해 V2 값을 측정하였다. 단극 신경자극기(monopolar stimulator probe)를 이용하여 신경을 자극하였으며, 자극 강도는 1 mA로 하였고 갑상피열근을 통해 전달된 전위의 잠복기(latency)와 진폭(amplitude)을 기록하였다. 신경 박리 전 반회후두신경의 대략적 위치를 알기 위해서나(mapping) 미주신경을 경동맥초의 박리 없이 경동맥과 내경정맥 사이에서 확인할 때는 자극 강도를 2-3 mA로 하였다. 또한 모든 환자에서 수술 전과 수술 다음 날에 굴곡형 후두 내시경검사를 시행하여 환자의 성대 마비 유무를 확인하였다.

신호 소실(loss of signal)은 1-2 mA의 적절한 자극에도 반응이 없거나 100 μ V 이하의 전위가 유발되는 경우로 정의하였다.⁴⁾ 또한, 위와 같은 적절한 방법으로 신경 감시술을 시행하였으나 전기 자극에 어떠한 반응도 얻지 못하는 경우를 신경 감시 실패로 분류하였다.

신경 감시 장치로 NIM 3.0 Nerve Monitoring System은 26례의 환자에서, C2 Nerve Monitoring System은 37례의 환자에서 사용되었는데, 감시 장치의 선택은 무작위나 그 날의 가용성에 따라 선택되었다. 신호 소실이 있으며 술 후 후두 내시경에서 성대 마비가 있는 경우를 진양성, 성대 마비가 없는 경우를 위양성으로

판단하였고, 신호 소실이 없으면서 술 후 후두 내시경에서 성대 마비가 있는 경우를 위음성, 성대 마비가 없는 경우를 진음성으로 판단하였으며, 검사의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도를 구하였다.¹¹⁾

성공적인 신경 감시가 이뤄지기 시작한 시점을 기준으로 환자군을 전반기와 후반기로 나누어 비교하였으며, 측정된 진폭, 검사의 민감도, 특이도, 양성 및 음성 예측도를 비교하였다. 또한 신경 감시 장치의 종류에 따른 검사 결과의 차이를 비교 분석하였다.

통계 검정은 SPSS (SPSS version 20.0, Chicago, IL, USA)를 이용하였으며 두 군 간의 진폭 값 비교를 위해 독립 표본 t검정(independent t-test)을 시행하였다. 통계적인 유의성은 p값이 0.05 미만인 경우로 정하였다.

결 과

총 63례 중 여자가 39명, 남자가 24명이었으며 평균 연령은 54.3세였다. 갑상선전절제술이 32례, 갑상선엽

절제술이 31례에서 시행되었으며, 중심 경부 절제술과 외측 경부 절제술은 각각 33례와 5례에서 시행되었다. 술 후 병리 결과는 유두암이 42례(68%)로 가장 많았으며 종양의 평균 크기는 21 mm였다. 술 후 합병증으로는 일시적 부갑상선기능저하가 6례(12.7%), 영구적 부갑상선기능저하가 1례(1.6%), 일시적 성대 마비 3례(4.8%), 혈종 2례, 유미액 누출이 1례에서 발생하였다 (Table 1).

총 63례의 환자 중 54례(85.7%)에서는 신경 감시가 성공적으로 이뤄졌으며, 9례(14.3%)에서 신경 감시의 실패가 있었다. 성공적인 신경 감시가 이뤄지기 시작한 시기를 고려하여 전반기 33례와 후반기 30례로 나누어 비교할 때 전반기에는 33례 중 8례(24.24%)에서 신경 감시 실패가 있었으며, 후반기에는 30례 중 1례(3.33%)에서 실패가 있었다(Fig. 1). 실패 원인은 1례에서 기계의 연결선이 단절되었고 바로 수리를 할 수 없었던 경우였고, 2례에서는 기관 내관의 위치 때문인지 전기 반응의 파형이 불완전하여 기관 내관의 위치를 수정하였음에도 불구하고 결국 전기 파형을 얻지 못하였으며, 나머지 6례에서는 실패 원인을 명확히 알 수 없었다.

신경 감시가 성공적이었던 54례 환자의 82개의 반회 후두신경을 기준으로 분석할 때, 신호 소실 양성은 전반기 6신경(15.38%), 후반기 2신경(4.65%)에서 있었고, 이 중 각각 1개의 신경에서 술 후 일시적 성대 마비가 확인되었으며 나머지 6개의 신경에서는 술 후 성대 마비가 없었다. 2례의 성대 마비는 모두 2개월 안에 정상으로 회복되었다. 신호 소실이 없으면서 술 후 성대 마비가 있었던 경우는 없었다(Table 2). 신경 감시를 시행한 82개 신경에 대한 민감도와 음성 예측도는 100%였

Table 1. Characteristics of patients (n=63)

Characteristics	N
Age (years)	54.3 (22-87)
Sex (female/male)	39/24
Tumor size (mm)	21 (3-110)
BMI (kg/m ²)	24.9 (18.1-33.4)
Extent of thyroidectomy	
Total thyroidectomy	32 (50.8%)
Lobectomy	31 (49.2%)
Central neck dissection	33 (52.4%)
Lateral neck dissection	5 (7.9%)
Operation time (min)	136.4 (40-305)
Thyroid pathology	
Malignancy	
Papillary carcinoma	42 (68.3%)
Follicular carcinoma	3 (4.8%)
Poorly differentiated thyroid carcinoma	2 (3.2%)
Benign	
Adenomatous hyperplasia	7 (11.1%)
Chronic lymphocytic thyroiditis	5 (7.9%)
Follicular adenoma	4 (6.4%)
Complications	
Transient hypoparathyroidism	6 (9.5%)
Permanent hypoparathyroidism	1 (1.6%)
Transient recurrent laryngeal nerve palsy	3 (4.8%)
Hematoma	2 (3.2%)
Chyle leakage	1 (1.6%)

BMI: body mass index, N: number

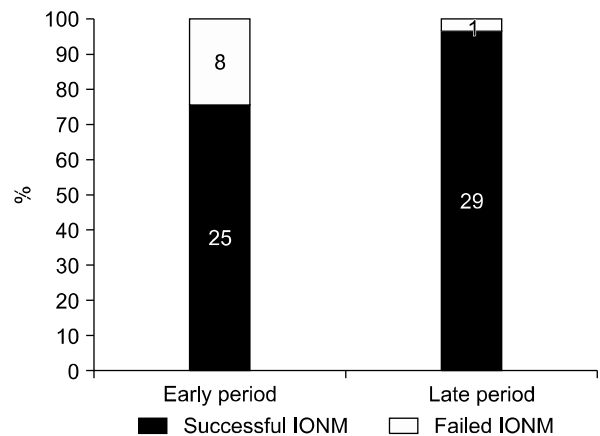


Fig. 1. Failure rate of intraoperative neural monitoring in the early and late periods.

으며 특이도는 92.5%, 양성 예측도는 25%였다. 시기별로 구분해 비교하면 특이도는 전반기 86.8%에서 후반기 97.6%로 상승하였으며, 양성 예측도 역시 전반기 16.7%에서 후반기 50%로 상승하였다(Table 3).

전반기와 후반기의 진폭을 비교하면, 전반기에 비해 후반기에 측정된 V1, R1, R2, V2의 진폭이 통계적으로 유의하게 높았다(Table 4). 신경 감시 장비에 따른 진폭의 차이를 비교하면, C2 Nerve Monitoring System으로 측정된 것이 NIM 3.0 Nerve Monitoring System에 비해 V1, R1, R2 값에서 유의하게 높았다(Table 5).

고찰

갑상선암에 대한 진단 기술의 진보와 더불어 갑상선 수술이 늘어나고 있으며 그에 따라 술 후 합병증 또한

늘어나고 있다. 그 중 가장 심각하며 환자의 삶의 질을 저하시킬 수 있는 합병증이 반회후두신경의 손상인데, 갑상선절제술 시 발생하는 반회후두신경의 손상 빈도는 1-20%이며, 이는 질환의 종류(양성 또는 악성), 절제 범위, 수술 기법, 술자의 경험 등에 따라 다르게 나타난다.¹²⁾

수술 중 신경 감시 장치는 반회후두신경의 육안 식별과 함께 적용될 시에 반회후두신경의 손상을 줄이고 신경의 기능을 수술 중에 확인할 수 있는 매우 의미 있는 검사 장치이다.^{4,11,13)} 전 세계적으로 갑상선 수술에서 사용이 늘어나는 추세이며 표준화된 신경 감시 기법을 제시하거나 간헐적 신경 감시의 단점을 보완하기 위해 지속적 신경 감시(continuous intraoperative neural monitoring) 방법을 개발하는 등의 노력이 활발히 이뤄지고 있다.¹⁴⁾ 본 연구에서도 표준화된 수술 중 신경 감시 방

Table 2. Correlation of postoperative vocal cord paralysis and loss of signal in intraoperative neural monitoring according to the period

	Early period		Late period		Total
	LOS (+)	LOS (-)	LOS (+)	LOS (-)	
VCP (+)	1	0	1	0	2
VCP (-)	5	33	1	41	80
Total	6	33	2	41	82

LOS: loss of signal, VCP: vocal cord paralysis

Table 3. Validation of the performance of intraoperative neural monitoring for predicting postoperative recurrent laryngeal nerve function according to the period

Parameter	Sensitivity (%)	Specificity (%)	PPV (%)	NPV (%)
Early period	100	86.8	16.7	100
Late period	100	97.6	50	100
Overall	100	92.5	25	100

NPV: negative predictive value, PPV: positive predictive value

Table 4. Mean electromyographic amplitude according to the period

Signal	Electromyographic amplitude (μ V)			p
	Total (n=82 NAR)	Early period (n=39 NAR)	Late period (n=43 NAR)	
V1	633.74 \pm 666.52	265.41 \pm 221.89	991.84 \pm 748.41	<0.001
R1	891.49 \pm 841.45	400.53 \pm 315.93	1335.69 \pm 921.23	<0.001
R2	885.76 \pm 895.78	311.39 \pm 310.74	1437.07 \pm 980.65	<0.001
V2	617.18 \pm 643.65	246.59 \pm 221.72	937.85 \pm 711.76	<0.001

NAR: nerve at risk

Table 5. Mean electromyographic amplitude according to neuromonitoring devices

Signal	Electromyographic amplitude (μ V)			p
	Total (n=82 NAR)	NIM 3.0 (n=35 NAR)	C2 (n=47 NAR)	
V1	633.74 \pm 666.52	441.46 \pm 329.14	747.85 \pm 777.64	0.021
R1	891.49 \pm 841.45	557.16 \pm 459.80	1103.00 \pm 956.72	0.001
R2	885.76 \pm 895.78	517.91 \pm 399.19	1131.00 \pm 1043.80	<0.001
V2	617.18 \pm 643.65	468.04 \pm 350.20	707.49 \pm 746.21	0.075

C2: C2 Nerve Monitoring System (Inomed, Teningen, Germany), NAR: nerve at risk, NIM 3.0: NIM 3.0 Nerve Monitoring System (Medtronic Xomed, Jacksonville, FL, USA)

법에 따라 반회후두신경 감시를 시행하였다.

갑상선 수술 중 신경 감시는 과거에 비해 많은 기술적 진보가 이뤄졌으나 어느 정도의 경험이 축적되어야 검사의 정확도가 높아진다.¹⁵⁾ 본 연구에서도 총 63례의 환자 중 9례(14.3%)에서 신경 감시의 실패가 있었는데, 대부분인 8례가 시행 초기에 발생하였고 후반기에는 1례에서만 실패가 있었다. 본 연구에서 실패 원인으로서는 정확한 원인을 알 수 없었던 경우가 6례였으며, 기계의 연결선이 단절되었던 경우가 1례, 기관 내관 문제로 추정되는 경우가 2례였다. 그 외에 신경 감시 실패로 분류될 수도 있었으나 극복한 경우가 있었는데, 수술 중 기관 내관의 위치를 적절히 수정하여 신호를 얻을 수 있었던 경우가 3례였으며, 근이완제 사용으로 인해 전위가 나타나지 않은 2례에서는 신경근 차단 길항제를 투여하고 신호를 얻을 수 있었고, 신경자극기(stimulation probe)가 망가져 신호를 얻지 못하였으나 제품 교체 후 신호를 얻었던 경우가 2례였다.

갑상선 수술 중 신경 감시의 학습 곡선에 대한 연구를 살펴보면 50례의 수술 이후 성공적인 감시가 가능하였다고 보고한 연구도 있으며, 수년간의 긴 기간이 소요된다고 보고한 연구도 있다.^{15,16)} 본 연구에서는 총 63례의 수술 중 전반기 33례, 후반기 30례로 나누어 신경 감시 결과의 유의한 차이를 확인할 수 있었으며, 시기적으로 보았을 때 처음 신경 감시를 시작한 지 14개월 후가 기준이 되었다. 따라서 본 연구의 결과로 미루어 보면 성공적인 신경 감시를 위해서는 약 30례의 학습기간이 필요하다고 생각된다.

수술 중 신경 감시술은 도입 초기에 감시 실패도 있고 신호 소실 양상으로 나타나지만 술 후 성대 마비가 없는 위양성이 많아 낮은 양성 예측도를 보일 수 있다. 하지만 일반적으로 위양성은 신경 감시술을 거듭하며 익숙해지면 점점 줄어든다. 본 연구에서도 양성 예측도가 전반기에 비해 후반기에서 크게 상승하였는데, 이는 시행 초기에 비해 후반으로 갈수록 위양성률이 줄었기 때문이었다. 또한, 본 연구에서 검사 시기에 관계없이 위음성은 없었으며 음성 예측도는 100%였는데, 이는 갑상선 수술 종료 후 정상적인 R2와 V2 신호를 얻는다면 술 후 성대 움직임이 정상으로 보전된 것으로 생각할 수 있다는 의미이다.

수술 중 신경 감시에서 감시 실패나 위양성과 연관되는 여러 원인이 있다. 가장 대표적인 원인은 기관 내관의 위치 문제로, 삽관 이후에 기관 내관의 위치가 바뀌거나 회전되는 경우 자극이 정상적으로 전달되지 않는다. Dionigi 등¹⁵⁾의 연구에서는 신경 감시를 시행한

환자의 10%에서 기관 내관의 재조정이 필요함을 보고한 바 있다. 또한 너무 작은 기관 내관이 삽관된 경우와 커프(cuff)가 적게 팽창되어 환기되는 공기가 기관 하부에서 상부로 역류되는 경우에도 정상적인 파형을 얻는데 장애가 있고, 기관 내로 타액이 고이는 경우에도 자극 전달이 정상적으로 이뤄지지 않을 수 있다.⁴⁾

과도한 근이완제 사용은 적절한 신경자극에도 정상적인 파형을 얻지 못하게 하기 때문에 반드시 마취과 의사와의 사전 협조가 필요하다. 신경 감시를 하는 중에는 근이완제를 사용하지 않는 것이 중요하며 기관 삽관 시 작용 시간이 짧은 Succinyl choline 2-2.5 mg/kg 이나 Rocuronium 또는 Atracurium 같은 비탈분극성 근이완제를 소량(0.5 mg/kg) 사용하는 것이 좋다. 가성 콜린에스테라아제 결핍증(pseudocholinesterase deficiency)이 있는 경우 Succinyl choline과 같은 탈분극성 근이완제를 사용하면 근마비가 오래 지속되어 근전도 감시를 어렵게 하므로 술 전에 유념할 필요가 있다. 아산화질소(nitrous oxide)를 비롯한 흡입 마취제(inhalation agents)와 경정맥 마취제(intravenous narcotics)는 근전도 감시에 영향을 미치지 않는다.^{16,17)}

신경을 완전히 박리하지 않아 연조직이 신경을 덮고 있거나 혈액이 신경 주위에 고여 전기 자극이 잘 되지 않는 경우도 있으며, 신경자극기의 고장이나 환자에게 부착한 접지 전극의 탈락, 전극과 자극기 연결선의 꼬임 또는 단절 등의 문제도 감시 실패나 위양성의 원인이 된다. 또한 전기소작기와 신경자극기를 동시에 사용하는 경우 신경 감시가 정상으로 작동되지 않으며, 감시 모니터의 역치가 너무 높게 설정되어 있거나 음량이 너무 작게 설정된 경우에도 성공적인 신경 감시에 방해가 된다.^{4,15)}

수술 중 신경 감시에서 신호 소실이 있는 경우, 이것이 위양성인지 진양성인지를 알아보는 문제 해결 알고리즘이 제시되었다.⁴⁾ 우선 후두 뒤편에 손가락을 대고 반회후두신경을 전기 자극하여 후두 근육의 수축이 일어나는 것을 측정하는데, 전기 자극에 후두 근육의 수축이 일어나면 전달된 전위를 기록하는 부분에서 문제가 발생한 것이므로 환자에게 부착된 기록 접지 전극과 접촉기 및 감시 모니터에 연결된 케이블을 확인하거나, 후두 내시경을 통해 기관 내관의 위치와 타액 고임을 재확인하고 타액 고임이 있으면 흡입을 시행하며 기관 내관의 위치가 잘못된 경우는 위치를 교정하도록 한다. 전기 자극에 후두 근육의 수축이 없다면 전기 자극 단계에서 문제가 발생했을 수 있으므로 신경자극기를 근육에 사용해 자극기의 이상 여부를 확인하고 신

경자극 강도를 2 mA로 높이며 신경 주변을 닦거나 박리하여 깨끗하게 한 뒤 다시 자극해본다. 그리고 자극 접지 및 접속기 연결 케이블을 확인하고 근이완제 사용에 대해 확인하며 근이완제를 사용한 경우 신경근 차단 길항제를 투여한다. 그럼에도 신호 소실이 계속 나타나면 반대측 미주신경을 자극해보는데 이때 신호가 발생한다면 수술 측의 반회후두신경 손상 가능성이 높다고 볼 수 있다. 반대측 미주신경자극에서도 신호 소실이 나타난다면 후두 근육의 수축이 일어나는 경우와 같은 절차로 문제를 교정한다.^{4,14)}

본 연구에서 후반기의 평균 진폭이 전반기에 비하여 유의하게 높았다. 진폭은 개인별로 차이는 있으나 전기 자극에 의해 탈분극이 이루어지는 근섬유의 수와 비례하므로 후반기에는 전반기보다 기관 내관의 위치가 적절하여 전극이 진성대와 더 많이 접촉하여 성공적인 신경 감시가 이루어졌다고 생각할 수 있다.

본 연구에서 또 하나 흥미로운 점 하나는 NIM3.0 Nerve Monitoring System에 비하여 C2 Nerve Monitoring System에서 유의하게 높은 진폭을 얻을 수 있었다는 것이다. 이는 아마 기관 내관의 전극선 구조 때문이 아닌가 추측되는데, 두 장치를 비교해보면 기관 내관에 전극을 위치시키는 방법에 차이가 있다. NIM3.0 Nerve Monitoring System 기도 내관의 경우 성대의 움직임을 감지할 수 있는 전극이 좌우 양측에 2개씩 있어 기관 내관이 돌아가는 경우 자극이 전달되지 않을 수 있다. 반면 C2 Nerve Monitoring System의 경우 기관 내관에 전극을 돌아가며 부착하는 방식으로, 기관 내관이 수술 중 돌아가도 모든 방향의 움직임을 감지할 수 있다.

결론

갑상선 수술 중 신경 감시는 수술 중 반회후두신경의 손상을 줄이고 술 후 신경 기능을 예측하기 위한 목적으로 효율적으로 쓰일 수 있다. 하지만 시행 초기에 감시 실패와 위양성이 많이 나타날 수 있음을 인지해야 하며 신뢰도 높은 결과를 얻는 데 있어 학습 곡선이 필요하고, 본 연구의 결과로 미루어 약 30례의 학습 곡선이 필요하다. 수술 중 신경 감시의 실질적 유용성을 평가하기 위해서는 향후 더 많은 환자를 대상으로 한 추가 비교 연구가 필요하리라 생각된다.

중심 단어: 갑상선절제술, 수술 중 신경 감시, 반회후두신경, 성대 마비.

References

- 1) Jung KW, Won YJ, Oh CM, Kong HJ, Lee DH, Lee KH, et al. *Cancer statistics in Korea: incidence, mortality, survival, and prevalence in 2014. Cancer Res Treat* 2017;49(2):292-305.
- 2) Kern KA. *Medicolegal analysis of errors in diagnosis and treatment of surgical endocrine disease. Surgery* 1993;114(6):1167-73; discussion 73-4.
- 3) Kim SW, Kim JW, Park JH, Oh CH, Jang HS, Koh YW, et al. *Efficiency of intraoperative recurrent laryngeal nerve monitoring using electromyography tube in reoperative thyroid surgery. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2012;55(4):229-33.
- 4) Randolph GW, Dralle H; International Intraoperative Monitoring Study Group, Abdullah H, Barczynski M, Bellantone R, et al. *Electrophysiologic recurrent laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery: international standards guideline statement. Laryngoscope* 2011;121 Suppl 1:S1-16.
- 5) Timmermann W, Hamelmann WH, Thomusch O, Sekulla C, Grond S, Neumann HJ, et al. *Effectiveness and results of intraoperative neuromonitoring in thyroid surgery. Statement of the Interdisciplinary Study Group on Intraoperative Neuromonitoring of Thyroid Surgery. Chirurg* 2004;75(9):916-22.
- 6) Shedd DP, Burget GC. *Identification of the recurrent laryngeal nerve. Arch Surg* 1966;92(6):861-4.
- 7) Zheng S, Xu Z, Wei Y, Zeng M, He J. *Effect of intraoperative neuromonitoring on recurrent laryngeal nerve palsy rates after thyroid surgery--a meta-analysis. J Formos Med Assoc* 2013;112(8):463-72.
- 8) Yang S, Zhou L, Lu Z, Ma B, Ji Q, Wang Y. *Systematic review with meta-analysis of intraoperative neuromonitoring during thyroidectomy. Int J Surg* 2017;39:104-13.
- 9) Wong KP, Mak KL, Wong CK, Lang BH. *Systematic review and meta-analysis on intra-operative neuro-monitoring in high-risk thyroidectomy. Int J Surg* 2017;38:21-30.
- 10) Pisanu A, Porceddu G, Podda M, Cois A, Uccheddu A. *Systematic review with meta-analysis of studies comparing intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerves versus visualization alone during thyroidectomy. J Surg Res* 2014;188(1):152-61.
- 11) Dralle H, Sekulla C, Lorenz K, Brauckhoff M, Machens A, German ISG. *Intraoperative monitoring of the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery. World J Surg* 2008;32(7):1358-66.
- 12) Barczynski M, Konturek A, Cichon S. *Randomized clinical trial of visualization versus neuromonitoring of recurrent laryngeal nerves during thyroidectomy. Br J Surg* 2009;96(3):240-6.
- 13) Dionigi G, Wu CW, Lombardi D, Accorona R, Bozzola A, Kim HY, et al. *The current state of recurrent laryngeal nerve monitoring for thyroid surgery. Curr Otorhinolaryngol Rep* 2014;2:44-54.
- 14) 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(2):223-9.
- 15) 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.
- 16) Jonas J, Bahr R. *Intraoperative neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve - results and learning curve. Zentralbl Chir* 2006;131(6):443-8.
- 17) Snyder SK, Hendricks JC. *Intraoperative neurophysiology testing of the recurrent laryngeal nerve: plaudis and pitfalls. Surgery* 2005;138(6):1183-91; discussion 91-2.