



# 최소 침습적 개방 갑상선 엽절제술에서 피부 전극을 이용한 반회후두신경의 수술 중 신경감시술

부산대학교 의과대학 이비인후과학교실, 부산대학교병원 의생명연구원

천용일, 신성찬, 서명구, 권하늬, 조영진, 이병주

## Intraoperative Neuromonitoring of Recurrent Laryngeal Nerve Using Adhesive Skin Electrodes during Minimally Invasive Open Hemithyroidectomy

Yong-Il Cheon, Sung-Chan Shin, Myeong-Gu Seo, Ha-Nee Kwon, Young-Jin Cho and Byung-Joo Lee

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, College of Medicine, Pusan National University and Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital, Busan, Korea

**Background:** Intraoperative neuromonitoring (IONM) using adhesive skin electrodes has been reported to be useful method for preserving recurrent laryngeal nerve (RLN) in thyroid surgery. The aim of this study is to investigate the usefulness of IONM using adhesive skin electrodes in minimally invasive open hemithyroidectomy. **Materials and Methods:** A retrospective study was conducted on 23 patients diagnosed with micropapillary thyroid carcinoma from May 2020 to August 2022 who underwent minimally invasive open hemithyroidectomy. Adhesive skin electrodes were attached to the skin in the area of the lateral border of the thyroid cartilage lamina. Hemithyroidectomy was performed by approaching between sternocleidomastoid and strap muscles, after a 3-4 cm horizontal skin incision. We collected the data regarding age, sex, mean amplitude and latency of evoked electromyogram (EMG) (V1, R1, R2, V2). **Results:** The amplitude of EMG from vagus and RLN was successfully measured. The mean amplitude was measured as 239.2  $\mu$ V for V1, 278.0  $\mu$ V for R1, 362.1  $\mu$ V for R2, and 307.0  $\mu$ V for V2, respectively. **Conclusion:** The monitoring using adhesive skin electrodes is good alternative method of IONM using EMG endotracheal tube for preserving RLN during minimally invasive open hemithyroidectomy.

**Key Words:** Thyroidectomy, Recurrent laryngeal nerve, Intraoperative neuromonitoring, Skin electrode

### 서 론

갑상선수술에서 반회후두신경(recurrent laryngeal nerve, RLN)의 보전은 중요하다. 반회후두신경의 손상으로 성대 마비가 발생하면 술 후 환자는 음성 장애, 흡

인 등이 발생할 수 있으며 삶의 질에 큰 영향을 미친다.<sup>1)</sup> 갑상선수술 후 영구적인 반회후두신경 마비는 0.3-3%, 일시적인 마비는 3-8%의 빈도를 보이며 문헌마다 차이는 있지만 많게는 26%까지 보고하기도 한다.<sup>2,3)</sup> 따라서 반회후두신경을 보존하기 위한 연구들이 다양하게 시도되고 있으며 근전도를 측정하는 근전도 기관삽관 튜브

Received November 14, 2022 / Accepted November 28, 2022

Correspondence: Byung-Joo Lee, MD, PhD, Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, College of Medicine, Pusan National University and Medical Research Institute, Pusan National University Hospital, 179 Gudeok-ro, Seo-gu, Busan 49241, Korea

Tel: 82-51-240-7675, Fax: 82-51-246-8668, E-mail: voiceleebj@gmail.com

Copyright © 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.

(electromyogram endotracheal tube, EMG tube)를 이용한 수술 중 신경감시술(intraoperative neuromonitoring, IONM)이 많이 사용되고 있다.<sup>4)</sup> 근전도 기관삽관 튜브를 이용한 IONM이 현재 표준 방법이며 갑상선수술에서 반회 후두신경의 손상을 유의하게 감소시키는 것으로 보고되었지만<sup>5)</sup> 다음과 같은 몇 가지 단점이 보고되었다.<sup>6)</sup> 첫째, 튜브의 위치 변화에 따른 위양성(false positive) 신호 소실이 발생할 수 있다.<sup>7)</sup> 둘째, 정확한 위치에 튜브를 위치시키기 위해 마취 전문의의 협조가 필요하며 셋째, 한국의 의료보험 제도상 일부 환자에게만 근전도 기관삽관 튜브를 적용할 수 있다.

이러한 근전도 기관삽관 튜브의 단점을 극복하기 위한 몇 가지 방법에 대한 연구가 소개되고 있다. 대표적으로 후두근의 근전도를 측정하기 위해 갑상연골이나 피부에 바늘 전극(needle electrode)을 삽입 또는 표면 전극(surface electrode)을 부착하는 방법이 있다.<sup>8)</sup> 이 중 피부에 전극을 부착하는 방법(skin electrode)은 바늘 전극 방식에 비해 진폭(amplitude)이 낮다는 단점이 있지만, 안정적인 근전도 신호를 얻을 수 있고, 근전도 부착 기관삽관 튜브의 대체 방법 중에 가장 비침습적인 방법으로 최근 동물 실험 또는 임상 연구에서 좋은 결과를 보고하였다.<sup>9,10)</sup>

고전적 갑상선절제술(conventional thyroidectomy)은 좋은 수술 시야를 제공하며 안전한 술식이지만, 전경부에 흉터가 남게 된다. 전경부의 흉터를 줄이기 위해 최소 침습적 갑상선절제술(minimally invasive thyroidectomy)을 시행할 수 있다. 최소 침습적 갑상선절제술에는 내시경 또는 로봇을 이용한 술식 및 기존의 절개선보다 길이를 최소화하는 방법 등이 포함된다.<sup>11)</sup> 이중 내시경 또는 로봇을 이용한 술식은 전경부에 흉터가 남지 않지만, 수술 시간, 비용, 안정성 등에서 여전히 고전적 절제술이

더 우수한 결과를 보인다.<sup>12)</sup> 이러한 이유로 개방적 갑상선절제술(open thyroidectomy)을 시행하되 흉터를 줄이면서도 충분한 수술 시야 확보가 가능한 최소 침습적 개방 갑상선절제술(minimally invasive open thyroidectomy)이 점차 증가하고 있다.

최소 침습적 개방 갑상선절제술을 시행하는 경우, 갑상연골(thyroid cartilage)의 전면을 노출하지 않고 갑상선절제술을 하기 때문에 근전도 기관삽관 튜브의 대체 방법 중 피부에 바늘 전극을 삽입하거나 피부 전극을 부착시키는 방법을 적용할 수 있다. 이 중 피부 전극은 바늘 전극보다 비침습적인 방법이다. 그래서 본 연구는 최소 침습적 개방 갑상선 절제술 시 비침습적인 부착형 피부 전극을 통한 갑상선수술 중 신경감시술의 가능성과 유용성에 대해 확인하고자 하였다.

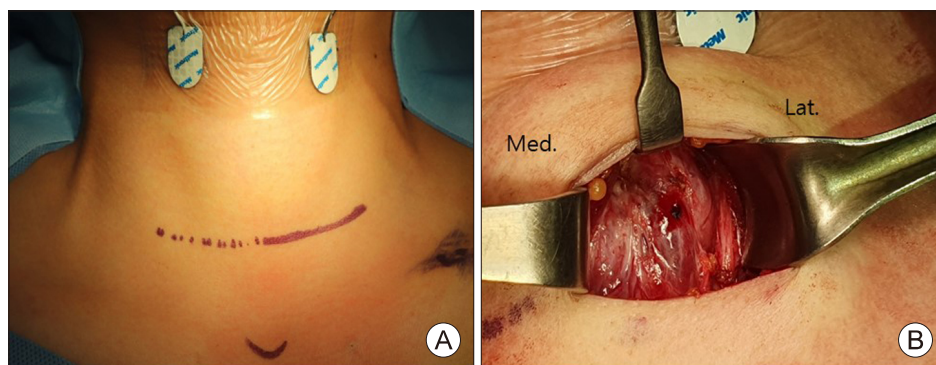
## 대상 및 방법

### 대상자 선정

2020년 5월부터 2022년 8월까지 본원에서 조직검사상 갑상선 미세유두암으로 진단받은 성인 환자 중 최소 침습적 개방 갑상선 절제술을 받은 환자를 대상으로 의무기록을 분석하였다. 술 전 후두내시경 검사상 성대 움직임에 이상이 있거나 이전에 두경부 수술 병력(갑상선 재수술 포함), 악성 종양 기저력, 신경학적 질환 등이 있는 환자는 제외하였다. 경험이 많은 두경부외과 전문의 1명이 수술을 집도하였으며 본 연구에는 총 23명의 환자가 선정되었다.

### 술 중 신경감시술

1쌍의 부착형 피부 전극(DSE3125, Medtronic Xomed



**Fig. 1.** Procedure of minimally invasive open hemithyroidectomy and setting of intraoperative neuromonitoring. (A) Attachment location of adhesive skin electrodes (lateral border of thyroid cartilage lamina). (B) Intraoperative approach. Dissection between sternocleidomastoid and strap muscles was performed.

Inc, Jacksonville, FL, USA)을 갑상선연골의 측면(lateral border of thyroid cartilage lamina)에 부착하였다(Fig. 1A). 술 중 신경감시술은 Medtronic NIM (Nerve Integrity Monitor) 3.0 system 장비를 이용하였다. 자극의 전류는 3.0 mA (duration 100  $\mu$ s, frequency 4 Hz)를 적용하였다. 수술 중 반회후두신경을 확인하기 전 미주 신경을 자극하여 V1을 확인하였고 수술 중 반회후두신경이 확인되면 R1을 측정하였다. 갑상선을 적출한 이후에는 다시 반회후두신경을 자극하여 R2, 미주신경을 자극하여 V2의 진폭(amplitude)과 잠복 시간(latency)을 각각 측정하였다.

### 수술 방법

고전적 갑상선절제술과 동일하게 전신 마취 후에 경부를 신전시킨 후 피부 주름을 따라 흉골 절흔(sternal notch)의 상방에 피부를 절개하였다. 본 연구에서는 최소 침습적 개방 갑상선 엽절제술을 위해 고전적 갑상선절제술의 절개 범위에서 병변 측으로만 3-4 cm의 절개를 하였다. 피부 절개 후 최소한으로 광경근하 피부피판(subplatysmal skin flap)을 거상 후 피대근을 전방으로,

흉쇄유돌근을 측방으로 견인 후 갑상선을 노출하였다(Fig. 1B).<sup>13)</sup> 피대근을 전방으로 견인한 후 갑상선 혈관을 절찰한 후 부갑상선과 상후두신경을 보존하며 갑상선을 제거하였다. 반회후두신경을 확인하기 전 V1을 확인하고, 반회후두신경을 보전하면서 수술 진행에 따라 R1, R2, V2를 최종적으로 확인하고 충분히 지혈한 후 수술을 종료하였다.

### 통계분석

23명 환자의 연령, V1, R1, R2, V2의 변수에 대해 평균 및 표준편차를 IBM SPSS 버전 22 (Chicago, IL, USA)를 이용하여 분석하였다.

## 결 과

최소 침습적 개방 갑상선 엽절제술을 시행 받은 23명의 환자에 대한 나이, 성별 및 술 중 신경의 평균 진폭, 잠복 시간을 Table 1에 정리하였다. 평균 나이는 42.6세였으며 여성은 21명, 남성은 2명으로 여성의 비율이 높았다. 수술 받은 23명 환자 모두 수술 중 육안적 반회후

**Table 1.** Demographics and recorded electromyogram signals

No.	Age	Sex	Amplitude ( $\mu$ V)				Latency (ms)			
			V1	R1	R2	V2	V1	R1	R2	V2
1	39	F	237	211	201	308	7.00	3.25	3.25	7.00
2	55	F	233	210	266	261	8.00	3.50	3.50	7.75
3	24	F	244	195	353	334	7.50	3.75	3.00	7.25
4	37	F	225	234	291	282	4.75	3.00	3.00	4.75
5	52	F	347	387	511	375	7.25	3.25	3.00	7.25
6	52	F	419	398	453	425	5.00	3.25	3.00	5.00
7	50	F	208	337	460	363	8.50	3.50	3.50	8.25
8	64	F	221	229	224	232	5.25	3.25	3.00	5.00
9	46	F	187	141	178	239	7.75	3.75	3.25	7.50
10	37	F	289	345	459	336	8.00	3.50	3.50	8.25
11	34	F	183	151	322	271	7.50	4.00	3.75	7.50
12	44	F	243	312	394	279	8.75	4.00	3.75	8.50
13	66	F	206	235	311	237	8.50	3.75	3.75	8.75
14	36	F	243	296	371	333	5.25	3.00	3.00	5.00
15	36	F	218	301	402	285	7.75	3.25	3.50	8.00
16	37	M	389	411	405	427	4.50	3.00	2.75	4.50
17	33	F	312	388	416	307	6.25	3.00	2.75	6.25
18	36	F	282	327	525	506	6.00	3.25	3.25	6.00
19	39	M	158	290	439	288	9.00	3.75	3.50	9.50
20	21	F	79	97	189	175	5.75	3.50	3.25	5.75
21	42	F	189	193	283	220	8.25	3.50	3.50	8.25
22	39	F	211	357	397	256	7.75	3.50	3.00	7.50
23	60	F	178	210	478	321	8.25	3.50	3.75	8.25
M $\pm$ SD 42.6 $\pm$ 11.6			239.2 $\pm$ 75.2	278.0 $\pm$ 88.4	362.1 $\pm$ 103.9	307.0 $\pm$ 76.0	7.07 $\pm$ 1.40	3.44 $\pm$ 0.30	3.28 $\pm$ 0.32	7.03 $\pm$ 1.46

F: female, M: male, M $\pm$ SD: mean $\pm$ standard deviation

두신경의 손상은 없었으며 술 중 혹은 갑상선 적출 후에 신경의 신호 소실은 없었다. 모든 환자에서 V1, R1, R2, V2의 진폭은 100  $\mu V$  이상으로 성공적으로 측정되었다. 수술 중 3 mA 세기로 자극 시 미주신경 및 반회후두신경의 평균 진폭은 V1 239.2  $\mu V$ , R1 278.0  $\mu V$ , R2 362.1  $\mu V$ , V2 307.0  $\mu V$ 이었고 평균 잠복 시간은 V1 7.07 ms, R1 3.44 ms, R2 3.28 ms, V2 7.03 ms로 각각 측정되었다 (Table 1).

## 고 찰

갑상선수술에서 반회후두신경의 보존은 매우 중요하다. 반회후두신경이 손상되면 성대마비가 발생하고 이로 인해 환자의 음성에 큰 영향을 미친다. 연구에 의하면 갑상선수술 환자의 30-87%는 수술 후 음성 문제를 경험하며 특히 반회후두신경의 손상은 영구적인 음성장애를 야기한다고 보고하였다.<sup>14)</sup> 반회후두신경의 손상을 예방하기 위해서는 수술 중 반회후두신경을 정확히 발견하는 것이 가장 중요하며 또한 발견 후 갑상선으로부터 안전하게 신경을 분리할 수 있는 숙련된 경험이 필요하다. 갑상선수술 시 집도되는 해부학적 지표를 이용한 다양한 접근법에 따라 반회후두신경을 발견하여 보존하고 있다. 그러나 이러한 술식들은 술자의 경험에 따라 차이를 보이며 반회후두신경의 주행 경로는 환자마다 차이가 있기 때문에 예상치 못한 신경 손상의 가능성이 있다.

최근에는 이를 보완하기 위해 수술 중 신경감시술을 반회후두신경에 적용하는 방법들이 소개되고 있다. 갑상선수술 시 신경감시술은 1970년대 처음 시도되었으며 반회후두신경을 보존하는 데 도움을 주며 특히, 재수술이나 고위험(high-risk) 갑상선암 수술 시 신경마비의 빈도를 감소시키는 것으로 알려져 있다.<sup>4,15)</sup> 현재까지 표준술 중 신경감시술은 근전도 기관삽관 튜브를 이용하여 반회후두신경을 자극하였을 때 발생하는 후두근의 반응을 측정하는 것이다. 그러나 이러한 근전도 기관삽관 튜브는 자세 변화에 따른 튜브의 위치에 따라 결과가 달라질 수 있는 한계가 있으며 음성 예측도(negative predictive value)는 높으나 양성 예측도(positive predictive value)는 10-90% 정도로 다양하게 보고되기 때문에 다른 여러 가지 대체 방법의 개발이 필요하다.<sup>7)</sup>

한국의 의료보험제도에서는 갑상선암이 재발하였거나 술 전 성대마비 또는 중심 경부 림프절 전이가 있는 경우, 피막 외 침범이 있거나 고위험군 갑상선수술 환자에서만 급여 적용이 가능하며 주위 조직에 침범이 없는 작은 미세갑상선암에서 반회후두신경을 위한 신경감시

술을 적용하기에는 보험 제도적인 한계가 있다. 그래서 임상에서는 미세갑상선암에 대해 수술 중 사용할 수 있는 저렴한 신경감시술이 필요하다. 근전도 기관삽관 튜브를 이용한 신경감시술의 다른 저렴한 대체 방법으로 갑상연골이나 해당 경부 피부에 바늘 전극(needle electrode) 또는 부착형 피부 전극(adhesive skin electrode)을 이용하여 후두근의 반응을 측정하는 방법 등이 소개되었으며 좋은 결과를 보고하였다.<sup>10,16-18)</sup> 이러한 방법 중 본 수술법과 같은 최소 침습적 개방 갑상선 열절제술을 받은 경우에는 갑상연골이 수술 중 노출되지 않기 때문에 갑상연골에 부착하거나 삽입하는 바늘 전극 또는 부착형 전극을 사용할 수 없다. 최소 침습적 개방 갑상선 열절제술에 사용할 수 있는 대체 방법으로 경부 피부에 삽입하는 바늘 전극이나 경부 피부에 부착하는 피부 전극을 사용할 수 있다. 경부 피부를 통해 갑상연골에 바늘 전극을 삽입하는 방법은 높은 진폭을 보이는 것으로 알려져 있으나, 바늘 전극 삽입에 따른 출혈, 감염, 기관삽관 튜브의 손상 등의 가능성이 있는 침습적인 방법이다.<sup>17)</sup> 그래서 본 연구에서는 이러한 예상 가능한 부작용이 없고 가장 비침습적으로 후두 근전도를 측정할 수 있는 부착형 피부 전극을 통해 후두 근전도를 측정하였다.

경부에 부착하는 피부 전극(adhesive skin electrode)을 이용한 수술 중 신경감시술은 2018년 Wu 등<sup>9)</sup>이 동물 실험을 통해 가능성을 확인하였으며 이후 Lee 등<sup>10)</sup>이 갑상선수술을 받은 환자를 대상으로 갑상연골 상방의 피부에 전극을 부착한 신경감시술을 시도하여 좋은 결과를 보고하였다. 또한, Shin 등<sup>19)</sup> 동물 실험 및 갑상선 환자를 대상으로 시행한 신경모니터링에서 피부 전극의 위치에 따라 반응 세기는 달라지며 갑상연골의 내측보다는 외측에 전극을 부착할 때 더 높은 반응 세기를 얻었다고 보고하였다. 따라서 이러한 피부 전극은 환자의 경부 상태, 부착 위치 등에 영향을 받으며 상대적으로 근전도가 부착된 기관삽관튜브에 비해 피부 위치에서 측정하기 때문에 진폭이 낮다는 단점이 있지만, 다른 방법에 비해 가장 비침습적이고 간편하다는 장점이 있다.<sup>6)</sup>

최소 침습적 개방 갑상선 열절제술에서 피부 전극을 이용하여 반회후두신경을 감시한 본 연구에서, V1은 239.2  $\mu V$ , R1은 278.0  $\mu V$ , R2는 362.1  $\mu V$  그리고 V2는 307.0  $\mu V$ 로 각각 측정되었고, 술기에 따른 신경 손상은 없었다. 이러한 결과는 최소 침습적 개방 갑상선 열절제술에서 피부 전극을 통한 반회후두신경의 보존은 충분히 가능하다는 것을 의미한다. 본 연구의 결과는 피부 전극을 통해 갑상선수술 중 신경모니터링을 시행한 이전 연구와 같은 결과를 보인다.<sup>10)</sup> 그러나 Lee 등<sup>10)</sup>의 연

구에는 반응 세기가 100  $\mu V$  이하인 신호 소실이 V1에서 25.6%, V2에서 7.7%가 관찰되었다. 그러나 본 연구에서는 진폭이 100  $\mu V$  이하인 경우가 발생하지 않았다.

경부 피부에 부착하는 피부 전극의 진폭(amplitude)은 피부의 두께, 비만, 피부 전극의 위치, 피부 피판의 박리 정도에 따라 영향을 받을 수 있다. 고전적 갑상선수술에서 피부 전극을 이용한 Lee 등<sup>10)</sup>의 연구에서는 평균 진폭이 V1 186.4  $\mu V$ , R1 244.3  $\mu V$ , R2 283.6  $\mu V$ , V2 203.7  $\mu V$ 로 보고하였다. 또한, 피부 전극을 이용하면서 고전적 갑상선수술을 시행한 Shin 등<sup>19)</sup>의 연구에서는 R2 274.44  $\mu V$ , V2 258.21  $\mu V$ 로 측정값을 보고하였다. 본 연구 결과(V1 239.2  $\mu V$ , R1 278.0  $\mu V$ , R2 362.1  $\mu V$ , V2 307.0  $\mu V$ )는 이전 연구와 비교할 때 평균 진폭이 더 높다는 것을 알 수 있었다. 이는 두 연구와 달리 최소 침습적 접근법을 통해 피부 박리를 최소화하였고 Lee 등<sup>10)</sup>의 연구와는 달리 피부 전극을 갑상선결의 측면에 부착시켰기 때문으로 판단된다. 그러나 연구 대상이 다르고 피부 전극의 부착 방법에 차이가 있기 때문에 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 향후 신경감시술에서 후두근의 측정 방법과 수술 방법에 따른 차이를 비교하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 결 론

최소 침습적 개방 갑상선엽절제술 시 부착형 피부 전극을 이용한 수술 중 신경감시술은 반회후두신경을 확인 및 보존하는 데 유용하였다. 또한 미세갑상선암 등 진행하지 않는 갑상선암 수술에서 한국 의료보험 제도적 한계로 사용하기 힘든 근전도 기관삽관 튜브의 대체 방법으로 피부 전극이 충분히 활용 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

**중심 단어:** 갑상선수술, 반회후두신경, 수술 중 신경감시술, 피부 전극.

## Acknowledgments

This work was supported by clinical research grant from Pusan National University Hospital in 2022.

## Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## Orcid

Yong-Il Cheon: <https://orcid.org/0000-0003-0288-0542>

Sung-Chan Shin: <https://orcid.org/0000-0003-2329-0648>

Myeong-Gu Seo: <https://orcid.org/0000-0003-2025-2769>

Ha-Nee Kwon: <https://orcid.org/0000-0002-6965-9589>

Young-Jin Cho: <https://orcid.org/0000-0002-1765-2000>

Byung-Joo Lee: <https://orcid.org/0000-0001-7091-6688>

## References

- 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(2):261-8.
- Hayward NJ, Grodski S, Yeung M, Johnson WR, Serpell J. *Recurrent laryngeal nerve injury in thyroid surgery: a review.* ANZ J Surg 2013;83(1-2):15-21.
- 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(4):624-9.
- 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.
- Bai B, Chen W. *Protective effects of intraoperative nerve monitoring (IONM) for recurrent laryngeal nerve injury in thyroidectomy: meta-analysis.* Sci Rep 2018;8(1):7761.
- Shin S-C, Seo M, Cheon Y-I, Lee B-J. *Intraoperative neuromonitoring system using needle and skin electrode during thyroid surgery.* Int J Thyroidol 2022;15(1):17-22.
- 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(7): 1358-66.
- Lee HS. *Application of skin electrodes for intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerve.* Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2021;64(1):1-6.
- Wu CW, Chiang FY, Randolph GW, Dionigi G, Kim HY, Lin YC, et al. *Transcutaneous recording during intraoperative neuromonitoring in thyroid surgery.* Thyroid 2018;28(11): 1500-7.
- Lee HS, Oh J, Kim SW, Jeong YW, Wu CW, Chiang FY, et al. *Intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerve during thyroidectomy with adhesive skin electrodes.* World J Surg 2020;44(1):148-54.
- Tae K. *Robotic thyroidectomy.* Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2010;53(8):463-9.
- Liu SY, Ng EK. *Robotic versus open thyroidectomy for differentiated thyroid cancer: an evidence-based review.* Int J Endocrinol 2016;2016:4309087.
- Singaporewalla RM, Tan BC, Rao AD. *The lateral "backdoor"*

- approach to open thyroid surgery: a comparative study. Asian J Surg* 2018;41(4):384-8.
- 14) Chandrasekhar SS, Randolph GW, Seidman MD, Rosenfeld RM, Angelos P, Barkmeier-Kraemer J, *et al.* *Clinical practice guideline: improving voice outcomes after thyroid surgery. Otolaryngol Head Neck Surg* 2013;148(6 Suppl):S1-37.
  - 15) 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.
  - 16) Chiang FY, Lu IC, Chang PY, Dionigi G, Randolph GW, Sun H, *et al.* *Comparison of EMG signals recorded by surface electrodes on endotracheal tube and thyroid cartilage during monitored thyroidectomy. Kaohsiung J Med Sci* 2017;33(10):503-9.
  - 17) Wu CW, Chiang FY, Randolph GW, Dionigi G, Kim HY, Lin YC, *et al.* *Feasibility of intraoperative neuromonitoring during thyroid surgery using transcartilage surface recording electrodes. Thyroid* 2018;28(11):1508-16.
  - 18) Li P, Liang QZ, Wang DL, Han B, Yi X, Wei W, *et al.* *The transcutaneous electromyography recording method for intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerve during minimally invasive parathyroidectomy. Sci Rep* 2020; 10(1):7609.
  - 19) Shin SC, Sung ES, Kwon HK, Cheon YI, Lee M, Lee JC, *et al.* *Investigation of attachment location of adhesive skin electrodes for intraoperative neuromonitoring in thyroid surgery: preclinical and clinical studies. Surgery* 2022;171(2):377-83.