

갑상선 수술을 위한 실시간 지속적 신경생리검사

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실

박영민 · 고윤우

Continuous Intraoperative Neuromonitoring in Thyroid Surgery

Young Min Park, MD and Yoon Woo Koh, MD

Department of Otorhinolaryngology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

서 론

갑상선 수술에서 반회후두신경(recurrent laryngeal nerve) 손상을 예방하기 위해서는 반회후두신경을 직접 확인하는 것이 최선의 방법이다. 이와 더불어서 수술 중 신경감시(intraoperative neuromonitoring, IONM)가 소개되어 갑상선 수술에서 간헐적인 수술 중 신경감시(intermittent IONM, I-IONM) 기술이 많이 사용되고 있다. 미주신경(vagus nerve) 혹은 반회후두신경에 전기적 자극을 가하여 성대 근육(vocalis muscle) 가까이 위치한 전기 탐침(electrode)를 통해 성대 근육의 근전도(electromyography) 측정한다. 근전도 신호의 변화를 음향학적 신호 혹은 모니터를 통해 시각화하여 수술 중 신경의 완전성(integrity)와 기능에 대한 정보를 수술자에게 제공한다. 최근 사용되고 수술 중 신경감시 장치는 전기 탐침을 기관 튜브에 일체화 시킨 제품으로 기존 신경감치 장치에 비하여 사용하기 쉽고 편리하다.

갑상선 수술 시 수술 중 신경감시를 적용하기 위해서 여러 지표들의 정상값에 대한 연구들이 진행되었다. Lorenz 등은 좌측과 우측 미주신경에 대해서 진폭(amplitude)의 중간값(median)으로 각각 0.469 mV와 0.512

mV를 보고하였고, 잠복기(latency)는 각각 5.9 ms와 3.9 ms를 제시하였다.¹⁾ 수술 중 신경감시가 반회후두신경을 보존하는데 도움을 주는 것은 사실이지만 육안으로 신경을 직접 확인하는 것과 비교하여 과연 얼마나 반회후두신경 마비 빈도를 줄이는데 대해서는 아직 논란이 있다.^{2,3)} 하지만 수술 중 신경감시를 통해 양측 반회후두신경의 마비를 피할 수 있는 점은 저명한 사실로 인정받고 있다. 양측 갑상선 절제술이 예정되어 있는 환자에서 한쪽 수술시 신호 소실(loss of signal, LOS) 소견이 관찰될 경우 반대측의 수술을 보류하고 추후 planned bilateral resection을 시행할 수 있다.⁴⁻⁶⁾ 진폭이 0.1 mV 미만으로 관찰될 경우 일반적으로 신호 소실로 정의하며, 한쪽 수술시 이러한 소견이 발생할 경우 추후 단계적인 반대측 갑상선 절제술을 권고하고 있다. 하지만 수술 중 신경 감시에서 나타나는 위양성과 위음성 결과들은 갑상선 수술에서 수술 중 신경감시 기술이 극복해야 할 문제로 남아 있다.

Continuous IONM in Thyroid Surgery

Basic requirements for proper C-IONM conduct

앞서 언급한 간헐적 수술 중 신경감시가 갑상선 수술 분야에 소개된 이후로 지속적인 수술 중 신경감시(continuous IONM, C-IONM) 기술이 개발되었다(Fig. 1). 이를 이용하면 갑상선 수술 전 과정을 통해 반회후두신경을 실시간으로 감시할 수 있다. 특수하게 고안된 전

교신저자 : 고윤우, 03722 서울 서대문구 연세로 50-1
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실
전화 : (02) 2228-3607 · 전송 : (02) 393-0580
E-mail : ywkohent@yuhs.ac



Fig. 1. Commercially available endotracheal tube equipped with electrode for IONM.

기 탐침을 사용해 미주신경을 1 Hz의 빈도로 지속적으로 자극을 하고, 잘 훈련된 마취과 의사에 의해서 기도 삽관시 성대 가까이에 전기 탐침이 장착된 기관 튜브를 위치시켜야 한다. 또한 근육이완제의 사용은 원활한 수술 중 신경감시를 위해 마취 초기에만 제한적으로 조심스럽게 사용하여야 한다. 따라서 지속적인 수술 중 신경감시를 위해서는 수술자와 마취과 의사의 원활한 협력이 필수적이라 할 수 있다.⁷⁾ 지속적 신경감시를 위해서는 수술 초기에 미주신경의 신호 진폭과 잠복기에 대한 기저치(baseline)를 측정하여야 하며, 기관 튜브가 적절히 위치 하였다고 가정하였을 경우 미주신경으로부터 신호 진폭은 최소 0.5 mV 이상이어야 한다. 초기에 측정된 값의 50%까지 진폭의 감소 소견이 있을 경우 신경 기능의 손상 가능성을 인지하고 확인하는 것이 중요하다. 한 연구에 따르면 갑상선 수술 시 좌우 미주신경의 진폭의 중간값은 각각 1.09 mV와 1.35 mV였고, 신호 잠복기는 각각 6.5 ms와 3.9 ms였다. 해부학적인 위치를 고려한다면 좌측과 우측 반회후두신경의 진폭과 잠복기는 미주신경과 비교하여 진폭은 더 높고 잠복기는 더 낮게 측정될 것이다.

IONM electrode design and signal stability

충분히 높은 진폭 값과 더불어 신호의 안정성이 지속적인 수술 중 신경 감시를 위한 필수 요소이다. 신뢰할 만한 신호만이 감시 중인 신경의 기능에 대한 의미 있는 해석을 가능하게 해준다. 이를 위해서는 미주신경에 대한 안정된 자극이 이루어 져야 하며, 기관 튜브에 장

착된 전기 탐침을 통해 균일한 근전도 변화 기록이 가능하여야 한다. 수술 중 후두나 기관의 움직임으로 인해 기관 튜브의 위치가 변경될 수 있으나 튜브의 길이를 증가시키거나 기관 삽관시 정확한 성대 위치에 튜브를 위치시켜서 이를 어느 정도 피할 수 있다. 혹은 기관 튜브에 장착된 전기 탐침의 갯수를 증가시켜서 이 문제를 해결할 수도 있다. 최근에 사용 되어지고 있는 수술 중 신경감사용 기관 튜브에는 최소 8채널 이상의 전기 탐침이 장착되어 있다.

Safety of C-IONM vagus electrodes

갑상선 수술 중에서 신경감시가 필요하지 않은 과정에서는 미주신경의 자극을 피하여야 한다. 특히 지속적인 수술 중 신경감시는 미주신경의 손상을 유발시킬 수 있는 위험성을 가지고 있다. 일부 연구자들에 의해서 제한된 환자들을 대상으로 진행한 연구에서 지속적인 미주신경 감시 후에 심각한 합병증을 보고한 바 있다.⁸⁾ 이후 이루어진 대규모 연구에서는 이와 반대로 자율신경계나 중요한 장기에 부정적인 영향을 미치지 않는 안전한 기술이라고 보고된 바 있다.^{9,10)} 현재 Delta™(Inomed, Emmendingen, Germany), Saxophone™(Langer, Waldkirch, Germany), APS™(Medtronic, Usingen, Germany) 제품들이 지속적인 미주신경 감시를 위해 사용되고 있다. 이들 제품들은 모양과 신경 자극 방법(bipolar vs. tripolar vs monopolar)에 차이를 가지고 있다. 이들 제품들은 모두 미주신경을 360로 감싸기 때문에 신경 자극을 위해 낮은 전류를 사용할 수 있으며, 보다 높고

안정적인 근전도 신호 진폭을 얻을 수 있다. 지속적인 수술 중 신경감시를 위해서는 미주신경을 육안으로 확인하여야 하고 경동맥과 경정맥에서 미주신경을 분리하고 15~20 mm 길이로 미주신경을 노출시켜야 한다. Median or lateral approach를 통해 미주신경으로 접근할 수 있으며, 이 과정 중에 발생할 수 있는 합병증을 최소화하기 위해서는 경험이 많은 수술자에 한해서 시행되어야 한다. 작은 피부 절개 혹은 최소 침습적인 방법을 통해서도 전기 탐침을 미주신경에 설치할 수 있다. 전기 탐침의 설치 이후에는 미주신경에 대한 손상을 예방하기 위하여 부주의하게 신경이 견인되지 않도록 주의하여야 한다. 대개 1~2 mA 정도의 전류를 이용하면 미주신경의 supramaximal stimulation을 하기에 충분하다.

반회후두신경 신호(R1)를 먼저 측정하여야 한다. 일반적으로 가능한 가장 높은 진폭 값을 설정하는 것을 권유한다. 근전도의 변화는 흔히 “Single event” 혹은 “Combined event”의 형태로 나타날 수 있다. 수술 중에 설치된 신경감시장치는 기저치와 비교하여 진폭이 50%까지 감소할 경우 음향 신호를 통해 수술자에게 알려준다 (Fig. 2). 진폭 혹은 잠복기 중에서 하나의 요소에만 영향을 미치는 single event의 경우 수술 후 신경 마비와 연관된 경우가 거의 없는 것으로 알려져 있다.^{11,12)} 이러한 single event에서 나타나는 진폭 감소의 가장 흔한 원인은 수술 중 기관 견인으로 인해 튜브 위치의 변경이다. 반면에 combined event의 경우 진폭 감소와 잠복기의 증가가 동시에 나타나는 것을 말하며 실제적인 신경 손상의 위험성을 시사한다.

Application of C-IONM in thyroid surgery

갑상선 절제를 진행하기 전에 미주신경 신호(V1)와

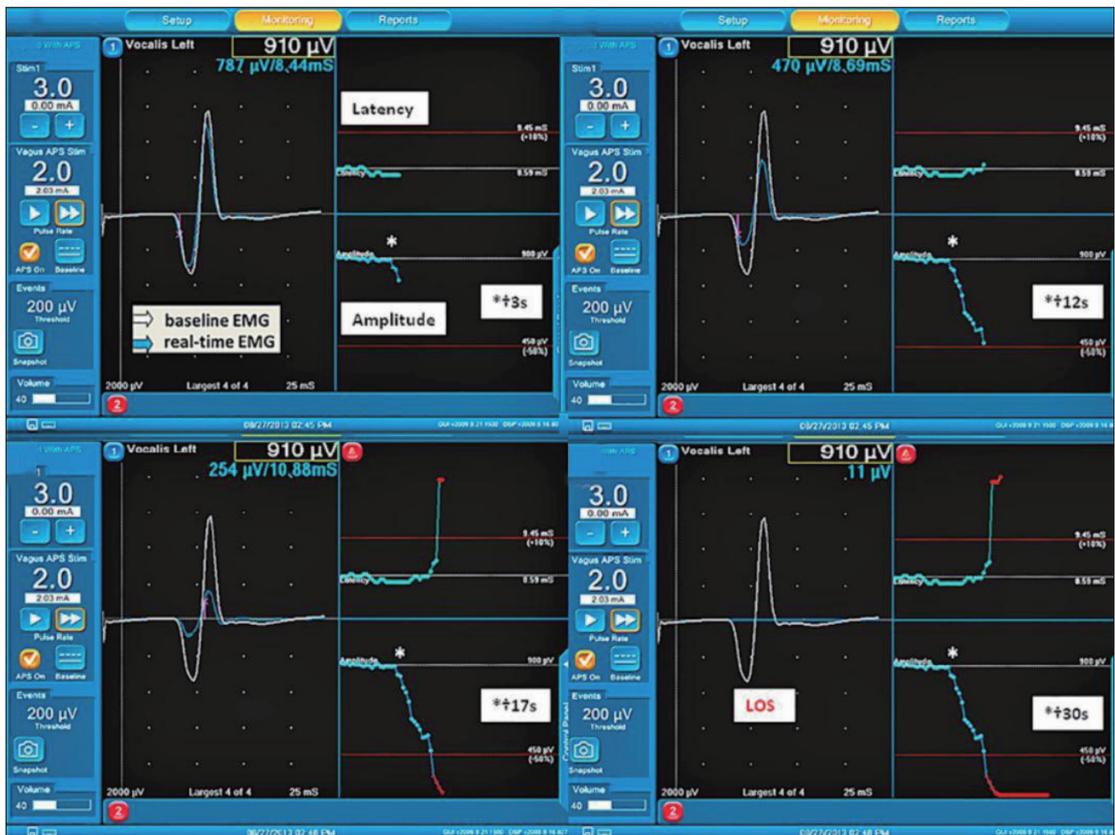


Fig. 2. Loss of signal in recurrent laryngeal nerve monitoring. White line : base line EMG, blue line : real-time EMG.

Why and how nerve damage can be prevented

갑상선 수술 중 반회후두신경의 견인은 의인성 신경 마비의 가장 흔한 요인이며 견인으로 인한 신경의 변화는 천천히 발생하게 되고 신경감시장치의 모니터를 통해 근전도 변화를 측정함으로써 확인할 수 있다. 이러한 근전도 변화는 신호 소실 소견이 나타나기 전에 점진적인 근전도 신호의 변화로 미리 알 수 있다. 수술 과정 중에 이러한 정보를 통해 미리 알게 되면서 수술자는 수술 계획을 변경하거나 수술 방법을 변경하여 수술 후 영구적인 신경 마비를 회피할 수 있다. 반회후두신경의 해부학적인 위치를 고려한다면 갑상선 수술이 Berry's ligament 부위 혹은 inferior thyroid artery와 교차되는 부위에서 신경의 견인으로 인한 손상이 위험성을 인지할 수 있다. 이러한 견인으로 인한 신경 기능의 손상을 수술 중 신경감시 장치를 통해서 나타나는 근전도 변화를 통해 미리 인지하여 수술 후 발생할 수 있는 신경 마비를 피하는 것이 해당 기술의 유용성이라고 할 수 있겠다.

결 론

이후 진행된 여러 임상 연구들을 통해 지속적인 수술 중 신경감시 기술이 간헐적인 수술 중 신경감시 기술과 비교하여 가지는 장점이 보고 되었다. 신경 기능 손상의 가능성을 수술 과정 중 “combined event”를 통해 미리 인지할 수 있으며, 수술자는 이를 바탕으로 수술의 방법을 변경하거나 계획을 변경함으로써 수술 후 신경 기능의 손상을 막을 수 있다. 지속적인 수술 중 신경감시 기술은 간헐적인 수술 중 신경감시 기술에 비하여 진보된 형태의 신경감시 기술이며, 향후 신경 손상의 기전을 좀 더 내밀히 연구하는데 도움을 줄 것이다.

중심 단어 : 갑상선 수술 · 실시간 신경생리검사 · 반회후두신경.

REFERENCES

1) Lorenz K, Sekulla C, Schelle J, Schmeiss B, Brauckhoff M, Dralle H; German Neuromonitoring Study Group. What are normal quantitative parameters of intraoperative neu-

romonitoring (IONM) in thyroid surgery? *Langenbecks Arch Surg* 2010;395(7):901-9.

2) Mangano A, Wu CW, Lianos GD, Kim HY, Chiang FY, Wang P, et al. Evidence-based Analysis on The Clinical Impact of Intraoperative Neuromonitoring in Thyroid Surgery: State of the Art and Future Perspectives. *Surg Technol Int* 2014;25:91-6.

3) 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.

4) Melin M, Schwarz K, Lammers BJ, Goretzki PE. IONM-guided goiter surgery leading to two-stage thyroidectomy-indication and results. *Langenbecks Arch Surg* 2013;398(3):411-8.

5) Sadowski SM, Soardo P, Leuchter I, Robert JH, Triponez F. Systematic use of recurrent laryngeal nerve neuromonitoring changes the operative strategy in planned bilateral thyroidectomy. *Thyroid* 2013;23(3):329-33.

6) Sarkis LM, Zaidi N, Norlén O, Delbridge LW, Sywak MS, Sidhu SB. Bilateral recurrent laryngeal nerve injury in a specialized thyroid surgery unit: would routine intraoperative neuromonitoring alter outcomes? *ANZ J Surg* 2017;87(5):364-7.

7) Randolph GW, Dralle H; International Intraoperative Monitoring Study Group, Abdullah H, Barczynski M, Bellantone R, Brauckhoff M, et al. Electrophysiologic recurrent laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery: international standards guideline statement. *Laryngoscope* 2011;121 Suppl 1:S1-16.

8) Terris DJ, Chaung K, Duke WS. Continuous Vagal Nerve Monitoring is Dangerous and Should not Routinely be Done During Thyroid Surgery. *World J Surg* 2015;39(10):2471-6.

9) Ulmer C, Friedrich C, Kohler A, Rieber F, Basar T, Deuschle M, et al. Impact of continuous intraoperative neuromonitoring on autonomic nervous system during thyroid surgery. *Head Neck* 2011;33(7):976-84.

10) Lamadé W, Ulmer C, Seimer A, Molnar V, Meyding-Lamadé U, Thon KP, et al. A new system for continuous recurrent laryngeal nerve monitoring. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 2007;16(3):149-54.

11) Schneider R, Lamade W, Hermann M, Goretzki P, Timmermann W, Hauss J, et al. [Continuous intraoperative neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery (CIONM) - Where are we now? An update to the European Symposium of Continuous Neuromonitoring in Thyroid Surgery]. *Zentralbl Chir* 2012;137(1):88-90.

12) Phelan E, Schneider R, Lorenz K, Dralle H, Kamani D, Potenza A, et al. Continuous vagal IONM prevents recurrent laryngeal nerve paralysis by revealing initial EMG changes of impending neuropraxic injury: a prospective, multicenter study. *Laryngoscope* 2014;124(6):1498-505.