

神经监测技术在甲状腺手术中的应用

木热阿地力·外力¹, 耿中利², 谢钦成¹

¹新疆医科大学第四临床医学院, 新疆 乌鲁木齐

²新疆医科大学附属中医医院普外二科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年2月19日; 录用日期: 2024年3月12日; 发布日期: 2024年3月19日

摘要

甲状腺疾病是内分泌系统中常见的疾病, 近年来, 其发病率呈明显上升趋势, 外科手术治疗是甲状腺疾病重要的治疗方法。喉返神经损伤和喉上神经损伤是甲状腺手术中发生的严重并发症之一, 可对患者的生活质量造成严重影响, 也容易引起医疗纠纷。而术中神经监测作为新兴技术, 常作为保护神经的方式被广泛运用于甲状腺手术。本文主要研究术中神经监测技术的意义及在临床工作中的应用。

关键词

甲状腺手术, 神经监测, 喉返神经, 喉上神经

Application of Neuromonitoring Technique in Thyroid Surgery

Mureadili-Waili¹, Zhongli Geng², Qincheng Xie¹

¹The Fourth Clinical College of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

²Second Department of General Surgery, Affiliated Hospital of Traditional Chinese Medicine of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Feb. 19th, 2024; accepted: Mar. 12th, 2024; published: Mar. 19th, 2024

Abstract

Thyroid disease is a common disease in the endocrine system. In recent years, the incidence of thyroid disease has been increasing significantly. Surgical treatment is an important treatment method for thyroid disease. Recurrent laryngeal nerve injury and superior laryngeal nerve injury are one of the serious complications in thyroid surgery, which can seriously affect the quality of life of patients and easily cause medical disputes. As a new technology, intraoperative neuromonitoring is widely used in thyroid surgery as the most protective method. The purpose of this paper is to study the sig-

nificance of intraoperative nerve monitoring technology and its application in clinical work.

Keywords

Thyroid Surgery, Intraoperative Neuromonitoring, Recurrent Laryngeal Nerve, Superior Laryngeal Nerve

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 甲状腺疾病的发病率呈逐年上升的趋势。研究表明, 甲状腺结节通过触诊和高分辨率 B 超获得的人群患病率分别为 3%~7% 和 20%~76%, 其中约 7%~15% 的结节为甲状腺癌[1]。针对于甲状腺结节及甲状腺癌, 我科常采用外科手术治疗。其中所涉及到的喉返神经(recurrent laryngeal nerve, RLN)及喉上神经外支(external branch of the superior laryngeal nerve, EBSLN)等神经损伤是术中常见的并发症。一侧 RLN 受损可导致患者声音嘶哑, 双侧 PLN 受损则可引起呼吸困难或窒息; EBSLN 受损会导致音调减低。尽管外科手术在日新月异的进步和发展, 但甲状腺手术导致的神经功能损伤尚不能完全避免。

甲状腺切除术后, 暂时性喉返神经(RLN)麻痹的发生率范围为 2%至 13%, 永久性麻痹的发生率范围为 0.4%至 5.2% [2]。自从 Lahey 和 Hoover [3]通过提倡常规识别 RLN 而彻底改变了甲状腺手术, RLN 的直接可视化和包膜剥离已成为甲状腺手术期间预防 RLN 麻痹的金标准。尽管对喉返神经进行了谨慎的视觉识别, 但由于解剖变异、外科医生经验不足以及包括巨大甲状腺肿、翻修手术和侵袭性恶性肿瘤在内的困难情况, 喉返神经损伤仍可能发生[4]。仅依赖可视化的主要缺点是外科医生无法预测结构完整的神经的功能完整性。喉返神经损伤的可能机制不仅包括横断, 还包括钳夹、结扎、牵引、热损伤和缺血[5]。

术中神经监测(intraoperative neuromonitoring, IONM)可以更好的识别、定位喉部神经、监测喉神经功能完整性、分析术中神经损伤的原因、预测术后声带功能。甲状腺术中神经监测是神经电生理在临床中的良好应用, 有助于更好地保护喉返神经及喉上神经。IONM 对于 RLN 和 EBSLN 的识别, 验证了其功能完整性, 定位神经损伤部位, 并提供术后功能反馈。该技术成功地降低了术中损伤的发生率, 提高了手术患者的安全性, 降低了手术难度, 缩短手术时间[6]。

2. IONM 的原理

IONM 的基本原理是通过对神经进行电刺激, 电极向神经释放电流; 运动神经可形成神经冲动并将其传递到受神经支配的肌肉, 引起肌肉收缩并产生肌电信号, 肌电信号可被肌肉中的记录电极接收并传回神经监测器进行放大和处理, 形成肌电图(Electromyography, EMG)波形及“dududu”的提示音, 在术后起到辅助外科医生观察神经的连续性和电生理传导功能, 帮助分析有无神经损伤[7] [8]。

3. IONM 的意义

在甲状腺切除术中应用 IONM 可以促进神经的精准识别, 创造更多神经识别的机会和更短的手术时间[9]。IONM 还告知外科医生 RLN 的功能完整性, 这可以帮助术中决策手术范围、手术类型和气道管理, 特别是当双侧 RLN 处于风险中时[10], 通过由远及近连续神经刺激, 确定喉返神经的损伤点, 可使外科医生恢复夹闭或松解造成的损伤, 避免喉返神经的永久性损伤。此外, IONM 可以帮助识别上级喉神

经的外部分支并避免其损伤,这对于专业语音用户特别有意义[11]。总之,IONM技术可以协助术者在解剖显露神经时,辨别神经组织与非神经组织,从而精准的识别和定位RLN和EBSLN。得益于IONM的优势,近些年来该技术在全世界范围内被广泛使用。

4. 国内外现状

Shedd等在196年首先报道甲状腺术IONM的应用[12]。1970年,Flisberg等提出应用IONM识别RLN法探神经,通过电流刺激神经,支配效应肌肉运动,使其运动并产生肌电信号[13]。通过接收端肌电信号放大和处理,形成肌电图波形及提示音,以辅助外科医师判断神经的连续性和电生理功能,进而判断神经肌肉传导功能的完整性。Eimear [14]等人通过前瞻性多中心研究证实,神经监测技术可以通过识别肌电变化,预示即将发生的喉返神经损伤,使外科医生能够迅速采取纠正措施,通过逆转手术操作,保持神经功能的完整性。Marcin Barczyński [15]通过对210名甲状腺全切术的随机对照试验表明,IONM的使用显著提高了甲状腺切除术中EBSLN的识别率,并降低了甲状腺切除术后早期发音改变的风险。

与欧美发达国家相比,我国甲状腺术中神经电生理保护技术起步较晚。2008年底甲状腺IONM仪在中国获批上市,为甲状腺术中神经电生理保护提供设备上的支持。我国甲状腺术中神经保护的电生理时代也从此刻开始。受此理念根深蒂固的影响,国内大多数同道对IONM技术在甲状腺手术中的应用价值持质疑排斥的态度。国际IONM学组主席团成员针对IONM在甲状腺手术中的价值和规范化应用进行系列讲座以及国内相关综述的陆续发表[16]。促使国内同道对IONM的基础原理、操作步骤、监测指征以及技术价值等方面有了充分的了解与认识。学界对甲状腺IONM的态度也逐渐发生转变,由“质疑排斥”转变为“犹豫观望”。2011年,国际IONM学组发布甲状腺及甲状旁腺术中喉返神经电生理监测的国际标准与指南[9]。欧美国家中,应用IONM的比例:美国2007年为45%,丹麦2007年比例为77%,德国2009年比例达到80%。截至2021年7月,IONM已全面覆盖全国34个省级行政区,超过420余家医院甲状腺手术中应用IONM。越来越多的医师主动尝试应用。业内对甲状腺IONM态度再次转变。一项能解决临床难题的新技术,普及和推广只是时间问题。随着首批主动尝试的同道介绍应用体会和技术优势,越来越多的医师积极尝试应用。IONM在我国迎来蓬勃发展的时期[17]。

5. IONM用于喉返神经监测及评价

5.1. 喉返神经解剖及神经监测电生理

喉返神经起始部位相对较高,右喉返神经在右锁骨下动脉下方成环,并通过颈部向上移动。左侧喉返神经起源于较低的位置,环绕主动脉弓至颈部,然后进入环甲关节后方的喉,支配除环甲肌(CTM)外的所有喉肌。大多数RLN在气管食管沟中向上行进。因此,在解剖暴露之前,可以施加3.0 mA电流以初始定位RLN,可以使用交叉方法;也就是说,可以在垂直于气管的甲状腺下极下方进行初始标测,以识别具有最大信号强度的部位。随后,在平行于气管方向的方向上沿该部位进行沿着标测;因此,可以通过气管食管沟附近的两条交叉探测路径粗略标测RLN。在初始定位之后,施加1.0 mA电流以进行精确定位,并且将所获得的EMG信号定义为R1信号。如果喉返神经被厚组织覆盖,干扰标测,可以适当暴露。高达30%的RLN有喉外分支[18],区分运动分支。也就是说,如果原始刺激电流不能区分这些分支,则可以适当降低电流刺激强度,以减少电流分散,提高微小神经识别的特异性(例如,具有肌电信号的神经是运动分支)[19][20][21],从而能够更精确地保护RLN干及其主要分支。在喉返神经损伤高风险区域的外科手术期间(例如,Berry韧带、被肿瘤侵入的区域和粘连/疤痕),可以使用RLN近端点(Rp)监测方法,其涉及在解剖期间RLN Rp的实时刺激和Rp信号与R1信号的比较(以确定Rp信号是否衰减);这可以提供对振幅的任何变化的及时检测,并警告外科医生任何危险的手术[22][23]。如果由于中央区的

大肿瘤或大量淋巴结转移而难以暴露 R_p，则也可以通过检测 VN 间接评估 RLN 功能。在手术区域完成手术后，施加 1.0 mA 电流以测量在暴露的 RLN 的最近端处获得的 EMG 信号(定义为 R2 信号)。

5.2. 喉返神经监测的适应证

(1) 肿块位于甲状腺背侧，怀疑近期包膜出血或甲状腺癌；(2) 甲状腺功能亢进患者，术前超声显示腺体大，血供丰富；(3) 甲状腺恶性肿瘤患者需行颈淋巴结清扫术，尤其是中央淋巴结肿大者；(4) 再次甲状腺手术但解剖结构紊乱、粘连严重者；(5) 胸骨后甲状腺肿大和/或甲状腺肿块大，沿着伴喉返神经脱位；(6) 术前影像学提示内脏移位或锁骨下动脉变异，沿着伴喉返神经未复发；(7) 患有单侧声带麻痹的患者，对侧肺叶需要手术治疗；(8) 需要甲状腺全切除术，特别是内窥镜手术的患者；(9) 需要手术修复 RLN 损伤的患者；(10) 需要甲状旁腺手术的患者；(11) 对声音和音调有特殊要求的患者[24] [25] [26] [27]。

5.3. IONM 的标准化步骤

(1) 术前纤维喉镜记录声带运动情况。(2) 监测系统功能状态的调整。(3) 核心四步法：第一步，解剖游离喉返神经前在甲状腺下极水平颈血管鞘刺激同侧迷走神经获得 V1 信号；第二步，解剖游离喉返神经前在喉返神经走行区域内获得 R1 信号；第三步，喉返神经完全游离暴露后探测显露部最近端获得 R2 信号；第四步，关闭切口前探测同侧迷走神经最近端获得 V2。

6. IONM 技术的优势及不足之处

IONM 在甲状腺手术中的临床应用中的优势

(1) 有效地定位和识别神经走行，识别神经分支，解剖变异和不可区分的组织，并避免过度解剖或松动[28]；(2) 提供关于神经生理功能的实时术中反馈，以提醒外科医生神经损伤或高血压的潜在风险。风险操作，从而提高手术的安全性和彻底性[29]；(3) 辅助神经损伤的机制分析和严重程度评估，并使损伤原因能够及时消除，以纠正任何可逆性损伤。IONM 可以指导个体化手术策略的制定，以消除同时双侧神经损伤引起的严重术后并发症的风险[30] [31]。由于 IONM 在神经识别、功能保护、损伤预防和控制等方面具有多重优势，理论上，理论上可以用于所有类型的甲状腺和甲状旁腺手术中，尤其是在神经损伤风险高的手术中；在手术空间相对较小的内窥镜或机器人辅助手术中；以及在患者对声音保留有高要求的情况下的甲状腺手术[32]。

尽管 IONM 具有技术优势，但用于甲状腺手术也有一些局限性。术中 EMG 信号丢失(LOS)预测术后声带麻痹(VCP)的准确性变化很大[10]，监测期间设备相关问题的发生率约为 4%至 23% [33]。

7. 结论

甲状腺相关手术中颈神经的保护是系统性的，对术者的手术技巧和临床经验有很大的依赖性。在 IONM 的协助下，经验丰富的外科医生将能够进一步降低喉返神经损伤的发生率，提高手术的安全性和完整性，这也是甲状腺手术中喉神经保护的新趋势 IONM 技术作为一种辅助工具，对术中神经功能的保护起到了积极的作用。IONM 技术的规范应用是保障效益的关键。在实际操作中，要巩固基本原理、参数判读、系统建立、规范操作、原因分析、异常肌电信号处理等方面的理论知识和技能，并根据实际操作情况合理运用[34]。

参考文献

- [1] 宋琦, 李晓明. 甲状腺手术中甲状旁腺和喉神经功能损伤的防治策略[J]. 中国肿瘤临床, 2017, 44(9): 409-414.

- <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-8179.2017.09.192>
- [2] Hayward, N.J., Grodski, S., Yeung, M., Johnson, W.R. and Serpell, J. (2013) Recurrent Laryngeal Nerve Injury in Thyroid Surgery: A Review. *ANZ Journal of Surgery*, **83**, 15-21. <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2012.06247.x>
- [3] Lahey, F.H. and Hoover, W.B. (1938) Injuries to the Recurrent Laryngeal Nerve in Thyroid Operations: Their Management and Avoidance. *Annals of Surgery*, **108**, 545-562. <https://doi.org/10.1097/0000658-193810000-00006>
- [4] Lin, H.S. and Terris, D.J. (2017) An Update on the Status of Nerve Monitoring for Thyroid/Parathyroid Surgery. *Current Opinion in Oncology*, **29**, 14-19. <https://doi.org/10.1097/CCO.0000000000000334>
- [5] Snyder, S.K., Lairmore, T.C., Hendricks, J.C. and Roberts, J.W. (2008) Elucidating Mechanisms of Recurrent Laryngeal Nerve Injury during Thyroidectomy and Parathyroidectomy. *Journal of the American College of Surgeons*, **206**, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2007.07.017>
- [6] Zhu, Y., Gao, D.S., Lin, J., Wang, Y. and Yu, L. (2021) Intraoperative Neuromonitoring in Thyroid and Parathyroid Surgery. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, **31**, 18-23. <https://doi.org/10.1089/lap.2020.0293>
- [7] 中国医师协会外科医师分会甲状腺外科医师委员会. 甲状腺及甲状旁腺手术中神经电生理监测临床指南(中国版)[J]. 中国实用外科杂志, 2013, 33(6): 470-474.
- [8] Gavilán, J. and Gavilán, C. (1986) Recurrent Laryngeal Nerve. Identification during Thyroid and Parathyroid Surgery. *Archives of Otorhinolaryngology-Head & Neck Surgery*, **112**, 1286-1288. <https://doi.org/10.1001/archotol.1986.03780120050009>
- [9] Randolph, G.W., Dralle, H., International Intraoperative Monitoring Study Group, Abdullah, H., Barczynski, M., Bellantone, R., et al. (2011) Electrophysiologic Recurrent Laryngeal Nerve Monitoring during Thyroid and Parathyroid Surgery: International Standards Guideline Statement. *Laryngoscope*, **121**, S1-S16. <https://doi.org/10.1002/lary.21119>
- [10] Chiang, F.Y., Lee, K.W., Chen, H.C., Chen, H.Y., Lu, I.C., Kuo, W.R., et al. (2010) Standardization of Intraoperative Neuromonitoring of Recurrent Laryngeal Nerve in Thyroid Operation. *World Journal of Surgery*, **34**, 223-229. <https://doi.org/10.1007/s00268-009-0316-8>
- [11] Hurtado-Lopez, L.M., Diaz-Hernandez, P.I., Basurto-Kuba, E., Zaldivar Ramirez, F.R. and Pulido-Cejudo, A. (2016) Efficacy of Intraoperative Neuro-Monitoring to Localize the External Branch of the Superior Laryngeal Nerve. *Thyroid*, **26**, 174-178. <https://doi.org/10.1089/thy.2015.0190>
- [12] Shedd, D.P. and Burget, G.C. (1966) Identification of the Recurrent Laryngeal Nerve. *Archives of Surgery*, **92**, 861-864. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1966.01320240049010>
- [13] Flisberg, K. and Lindholm, T. (1969) Electrical Stimulation of the Human Recurrent Laryngeal Nerve during Thyroid Operation. *Acta Oto-Laryngologica*, **69**, 63-67. <https://doi.org/10.3109/00016487009131523>
- [14] Phelan, E., Schneider, R., Lorenz, K., et al. (2014) Continuous Vagal IONM Prevents Recurrent Laryngeal Nerve Paralysis by Revealing Initial EMG Changes of Impending Neuropraxic Injury: A Prospective, Multicenter Study. *Laryngoscope*, **124**, 1498-1505. <https://doi.org/10.1002/lary.24550>
- [15] Barczynski, M., Konturek, A., Stopa, M., Honowska, A. and Nowak, W. (2012) Randomized Controlled Trial of Visualization Versus Neuromonitoring of the External Branch of the Superior Laryngeal Nerve during Thyroidectomy. *World Journal of Surgery*, **36**, 1340-1347.
- [16] 刘晓莉, 孙辉, 郑泽霖, 等. 甲状腺术中喉返神经监测技术的应用与进展[J]. 中国普通外科杂志, 2009, 18(11): 1187-1190.
- [17] 李长霖, 孙辉. 浅谈中国甲状腺术中神经监测技术发展[J]. 外科理论与实践, 2021, 26(6): 482-485. <https://doi.org/10.16139/J.1007-9610.2021.06.004>
- [18] Yin, C., Song, B. and Wang, X. (2021) Anatomical Variations in Recurrent Laryngeal Nerves in Thyroid Surgery. *Ear, Nose & Throat Journal*, **100**, 930S-936S. <https://doi.org/10.1177/0145561320927565>
- [19] Wang, K., Cai, H., Kong, D., et al. (2017) The Identification, Preservation and Classification of the External Branch of the Superior Laryngeal Nerve in Thyroidectomy. *World Journal of Surgery*, **41**, 2521-2529. <https://doi.org/10.1007/s00268-017-4046-z>
- [20] Zhao, Y., Zhao, Z., Zhang, D., et al. (2021) Improving Classification of the External Branch of the Superior Laryngeal Nerve with Neural Monitoring: A Research Appraisal and Narrative Review. *Gland Surgery*, **10**, 2847-2860. <https://doi.org/10.21037/gs-21-518>
- [21] Zhao, Y., Li, C., Liu, X., et al. (2020) Investigation on EMG Profiles of the Superior Laryngeal Nerve in a *in Vivo* Porcine Model. *Journal of Investigative Surgery*, **33**, 596-604. <https://doi.org/10.1080/08941939.2018.1547462>
- [22] Yuan, Q., Wu, G., Hou, J., et al. (2020) Correlation between Electrophysiological Changes and Outcomes of Vocal Cord Function in 1764 Recurrent Laryngeal Nerves with Visual Integrity during Thyroidectomy. *Thyroid*, **30**, 739-745.

<https://doi.org/10.1089/thy.2019.0361>

- [23] Zhao, Y.S., Liu, X.L., Wang, T., *et al.* (2015) The Function of Recurrent Laryngeal Nerve and Movement of Vocal Cords in Thyroid Surgery. *Chinese Journal of Bases and Clinics in General Surgery*, **22**, 784-787.
- [24] Hermann, M., Hellebart, C. and Freissmuth, M. (2004) Neuromonitoring in Thyroid Surgery: Prospective Evaluation of Intraoperative Electrophysiological Responses for the Prediction of Recurrent Laryngeal Nerve Injury. *Annals of Surgery*, **240**, 9-17. <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000132260.34503.02>
- [25] Thomusch, O., Machens, A., Sekulla, C., *et al.* (2000) Multivariate Analysis of Risk Factors for Postoperative Complications in Benign Goiter Surgery: Prospective Multicenter Study in Germany. *World Journal of Surgery*, **24**, 1335-1341. <https://doi.org/10.1007/s002680010221>
- [26] Johnson, S. and Goldenberg, D. (2008) Intraoperative Monitoring of the Recurrent Laryngeal Nerve during Revision-thyroid Surgery. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **41**, 1147-1154. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2008.05.006>
- [27] Dionigi, G., Boni, L., Rovera, F., *et al.* (2009) Neuromonitoring and Video-Assisted Thyroidectomy: Aprospective, Randomized Case-Control Evaluation. *Surgical Endoscopy*, **23**, 996-1003. <https://doi.org/10.1007/s00464-008-0098-3>
- [28] Zhao, Y.S., Zhao, Z.H. and Sun, H. (2020) Evolution, Innovation, and Standards of Intraoperative Nerve Monitoring Technology in Thyroid Surgery. *Journal of Clinical Surgery*, **28**, 217-220.
- [29] Liu, X.L., Li, C.L., Zhao, Y.S., *et al.* (2017) Functional Recovery after Recurrent Laryngeal Nerve Injury on Different Electromyography Thresholds during Thyroid Surgery. *Chinese Journal of Surgery*, **55**, 853-856.
- [30] Zhao, Y.S., Kou, J.D., Liang, N., *et al.* (2022) Study on the Best Surgical Strategy after Unilateral Nerve EMG Signal Loss in Bilateral Thyroid Surgery. *Chinese Journal of Practical Surgery*, **42**, 695-699.
- [31] Sun, H. and Liu, X.L. (2013) Etiology and Emergency Management of Asphyxia after Thyroidectomy. *Chinese Journal of Operative Procedures of General Surgery*, **7**, 254-257.
- [32] Sun, H., Liu, X.L., Fu, Y.T., *et al.* (2010) Application of Intraoperative Neuromonitoring during Complex Thyroid Operation. *Chinese Journal of Practical Surgery*, **30**, 66-68.
- [33] Liu, X.L., Sun, H., Zheng, Z.L., *et al.* (2009) Application and Current Status of Intraoperative Recurrent Laryngeal Nerve Monitoring during Thyroid Surgery. *Chinese Journal of General Surgery*, **18**, 1187-1190.
- [34] Sun, H., Tian, W., 中华甲状腺协会, 中华医师协会外科医学院, 中国研究型医院协会甲状腺疾病专业委员会. 甲状腺和甲状旁腺手术中神经监测指南(2023年版) [J]. 腺体手术, 2023, 12(8), 1031-1049.