



doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2018.05.016
http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1005-6947.2018.05.016
Chinese Journal of General Surgery, 2018, 27(5):629-634.

· 文献综述 ·

甲状旁腺术中识别方法的进展与探讨

张峻嘉, 边学海 综述 孙辉 审校

(吉林大学中日联谊医院 甲状腺外科 / 吉林省外科转化医学重点实验室, 吉林 长春 130033)

摘要

甲状腺疾病发病率逐年增高, 外科手术作为治疗甲状腺疾病的重要手段之一, 其中喉返神经的保护和甲状旁腺的识别一直是甲状腺外科医生关注的重点。神经监测技术在临床上的不断推广, 为术中喉返神经的定位和保护提供了有力支持, 但术中对甲状旁腺的精确识别仍然是困扰甲状腺外科医师的难题之一。笔者回顾文献总结甲状旁腺术中识别方法的进展, 以为外科医生术中快速准确识别甲状旁腺提供帮助。

关键词

甲状腺切除术; 甲状旁腺; 甲状旁腺素; 综述文献
中图分类号: R653.2

Progress and discussion of methods for intraoperative identification of parathyroid glands

ZHANG Junjia, BIAN Xuehai, SUN Hui

(Department of Thyroid Surgery, China-Japan Union Hospital of Jilin University/Jilin Provincial Key Laboratory of Surgical Translational Medicine, Changchun 130033, China)

Abstract

The incidence of thyroid diseases is increasing year by year. Surgery is one of the most important treatment options for thyroid diseases, in which, the intraoperative protection of the recurrent laryngeal nerve and identification of the parathyroid glands are always the important issues. The promotion of neural monitoring has provided strong support for intraoperative localization and protection of the recurrent laryngeal nerves, but the intraoperative identification of parathyroid glands is still a challenge for thyroid surgeons. Based on literature review, the authors extract the development in methods for intraoperative identification of parathyroid glands, so as to provide support for rapid intraoperative identification of parathyroid glands for surgeons.

Key words

Thyroidectomy; Parathyroid Glands; Parathyroid Hormone; Review
CLC number: R653.2

甲状旁腺的术中识别一直是甲状腺外科的难点。甲状腺手术中, 正常甲状旁腺被误切和血供障碍, 主要与甲状旁腺解剖变异较大及术者的手术技巧相关^[1]; 甲状旁腺疾病本身往往起病隐匿,

术中精准定位识别病变甲状旁腺是治疗该类疾病的关键。因此, 在术中能够准确识别甲状旁腺, 无论对正常甲状旁腺保护, 降低损伤发生率, 还是对病变甲状旁腺的完整切除均具有重要意义。

收稿日期: 2018-02-25; 修订日期: 2018-04-17。

作者简介: 张峻嘉, 吉林大学中日联谊医院住院医师, 主要从事甲状腺肿瘤临床方面的研究。

通信作者: 孙辉, Email: sunhui1229@163.com

1 术中肉眼识别方法

1.1 直视识别

术中肉眼识别甲状旁腺是外科医生的基本技

能, 甲状旁腺保护的目的是保留其功能, 原位保留甲状旁腺依赖于对甲状旁腺的准确定位识别和对其血供的良好保护^[2]。正常甲状旁腺为扁椭圆形, 表面光滑, 色泽枯黄或棕黄^[3], 其厚度与长宽径相比较薄, 一般仅1~2 mm, 表面有较规则的细小脉络, 对血供变化较敏感, 动脉损伤后颜色变浅, 静脉损伤后因淤血而颜色变深^[4]。因此, 若术野中发现一个本没有的紫色小结节, 应高度怀疑该结节为淤血的甲状旁腺。与甲状旁腺进行鉴别的主要为脂肪颗粒和淋巴结^[5]。脂肪颗粒没有包膜, 可以通过用尖刀片挑开观察是否存在包膜来对两者鉴别。淋巴结呈淡红色(肉色), 长宽厚三径比较接近, 表面欠平滑, 形态不规则, 表面脉络不均匀, 有癌转移的淋巴结比较硬, 通过以上形态特点可将其与甲状旁腺进行初步的鉴别。

Zuckerkanal结节是环状软骨水平甲状腺外侧缘向后、向外的突起^[6], 由腺体组织增厚形成, Zuckerkanal结节作为一个解剖学标志与甲状旁腺有相对固定的解剖关系, 上甲状旁腺一般在Zuckerkanal结节头侧5 mm范围内, 因此, 其对寻找与保护上甲状旁腺起重要作用。术中对甲状腺背侧进行解剖时, 特别是小切口手术甲状腺上极暴露不完全时, 应对Zuckerkanal结节进行探查, 并加强对Zuckerkanal结节头侧5 mm范围内疑似甲状旁腺组织的保护。

1.2 腔镜下识别

自1996年Gagner^[7]首次实现腔镜下甲状腺手术并取得了较好的美容效果以来, 腔镜甲状腺手术一直是临床的热点。高清腔镜的广泛应用及腔镜的放大作用, 加上纳米炭的应用, 腔镜甲状腺手术发现甲状旁腺非常容易^[8], 腔镜下甲状旁腺的识别主要从其自身特殊的解剖结构和对血供变化敏感的生理特性两个方面着手。解剖结构上, 甲状旁腺在腔镜的放大作用下表面毛细血管网络呈条索状或放射状分布, 再结合其大小、形态、位置的特点, 可以与脂肪和淋巴结相鉴别。因甲状旁腺对血供变化敏感, 在内镜监视下用剥离器轻压可疑组织表面30 s左右, 观察局部颜色是否发生变化, 若颜色逐渐向棕黄或浅褐色转变, 可基本肯定为甲状旁腺^[9]。在腔镜帮助下可达到对甲状旁腺的精细化辨认。

2 术中染色识别方法

2.1 亚甲蓝染色法

1971年Dudley^[10]率先使用5 mg/kg的亚甲蓝溶于500 mL的5%葡萄糖, 在手术开始即做切口时快速静脉输入, 作为甲状旁腺术中染色示踪保护剂, 应用于术中甲状旁腺的识别。Tummers术中应用0.5 mg/kg的亚甲蓝, 同时结合近红外荧光成像系统, 即可有效识别病变及正常甲状旁腺^[11]。

亚甲蓝对病理性甲状旁腺组织染色效果好, 对正常甲状旁腺组织染色率很低, 效果欠佳^[12], 故术中需要完整切除病理性甲状旁腺时, 亚甲蓝的应用具有重要意义。增生瘤变的甲状旁腺可呈不规则形态, 如多发哑铃状、分叶状或周围卫星灶等, 术中极易残留部分分叶组织导致手术失败, 通过亚甲蓝对甲状旁腺的染色可以将其完整识别, 达到完整切除病变, 提高手术成功率^[13]。甲状腺二次手术时, 因原有解剖结构无法识别, 甲状腺腺体及供应血管可能已经不存在, 在这种特殊情况下, 亚甲蓝仍可以发挥其示踪剂的重要作用, 而负染色剂无法在此时应用^[14]。亚甲蓝在对异位甲状旁腺定位方面存在盲点, 异位位于胸骨后、纵膈内、甲状腺内的甲状旁腺染色后无法通过肉眼发现, 需要其他的定位方法与之辅助。

亚甲蓝的应用虽然方便易行但需要密切防范其不良反应的发生。2012年有学者^[15]报道有5.2%的患者应用亚甲蓝后出现神经毒性反应, 包括意识混乱、躁动、定向障碍、唤醒困难等。防范亚甲蓝不良反应从低剂量给药和加快药物排出两方面入手, 在停用5-羟色胺再摄取抑制剂(SRIS)的条件下, 3.5 mg/kg的亚甲蓝使用剂量是安全有效的^[16], 实施术中导尿, 并加大术中、术后液体摄入量, 促进亚甲蓝的排出。

2.2 纳米炭负显影法

纳米炭负显影法在甲状腺癌术中对前哨淋巴结的检测中有一定作用, 被越来越多的应用在甲状腺手术中^[17]。

纳米炭是一种直径150 nm的颗粒, 具有相对高的淋巴趋向性, 而毛细血管内皮细胞的间隙在20~50 nm之间, 毛细淋巴管内皮间隙为120~150 nm, 所以纳米炭不会进入血管而会很快进入淋巴管^[18]。在甲状腺上极、中极和下极注射活性纳米炭(各

注射0.1 mL)约10 min后开始外科手术,因甲状腺与甲状旁腺的淋巴引流途径互不相通^[19],纳米炭能够将甲状腺及甲状腺引流的淋巴结染成黑色,而甲状旁腺不会被染色,可比较清晰地辨认出甲状旁腺,从而有助于识别甲状旁腺^[20],降低甲状旁腺的损伤率及误切率。但纳米炭的应用也存在一定局限性,其对于远离甲状腺的下甲状旁腺,难以通过色差对比进行识别定位。在二次手术等特殊情况下,甲状腺腺体及周围引流血管、淋巴管已经破坏,纳米炭往往无法应用。纳米炭在体内具备较高的安全性^[21],对机体无明显致畸作用及毒性作用。

3 术中光学识别方法

3.1 荧光标记显影

有研究^[22-23]表明,作为光敏剂之一的5-氨基乙酰丙酸(5-aminolevulinic acid, 5-ALA)是体内合成血红素的前体物质,其中间代谢产物原卟啉IX(protoporphyrinIX, PpIX)具备强光敏作用。2006年Prosst等^[24]首次报道了荧光技术用于甲状旁腺切除术并指出其对正常及非正常的甲状旁腺均显像良好。该方法需配备特殊光源激发甲状旁腺组织产生红色荧光,光源的透射深度一般只有几毫米,所以需要较大范围细致解剖腺体周围,近距离照射激发腺体产生荧光。5-ALA的安全性较高,其代谢产生的PpIX可在48 h内被清除,术中及术后48 h尽量避免强光照射即可预防光毒性皮肤反应的发生。到目前为止,尚无全身或局部用药出现严重副作用的报道^[25]。荧光标记显影法需要在临床上更多的推广来确认其应用价值,其暂时无法取代其他甲状旁腺的检测手段,但作为一种附加检测手段,可以简单有效提高甲状旁腺的定位的准确性。

3.2 近红外荧光成像

近红外荧光(NIRF)成像主要包括荧光探针和自体荧光^[26],因为它们具有强大的抗干扰力、高组织穿透力,并且荧光强度的不受年龄、性别和组织病理学不同的影响^[27]。可有效提高外科手术的精准度,近年来受到外科医生的广泛关注。吲哚菁绿(ICG)是一种水溶性荧光探针,术前静脉注射给药,与蛋白质结合后,在NIR光激发

下发射具有约830 nm波长的强荧光^[28]。ICG的严重不良反应发生率低于0.05%^[29],具有高安全性。有研究^[30]表明在继发性甲状旁腺功能亢进症(SHPT)患者行全甲状旁腺切除术(TPTX)时,使用ICG进行甲状旁腺定位的近红外荧光(NIRF)成像灵敏度为91.2%。ICG在病理性甲状旁腺中具有累积性,这一特质使ICG成为增生性甲状旁腺定位的理想NIR探针。术中NIRF显像可缩短手术时间,提高甲状旁腺完全切除率,协助外科医生检测和确认甲状旁腺。

最新研究^[31-32]表明,人类甲状腺和甲状旁腺具有可探测的自体荧光。Ladurner等^[33]应用波长为690~770 nm的近红外光,术中对甲状旁腺等组织进行光学检测,利用照相机蓝色通道可以捕捉到甲状旁腺显现近红外荧光。其荧光强度大于甲状腺,而肌肉、脂肪、淋巴结等周围组织未显示出自体荧光。这种成像现象有助于术中对甲状旁腺的识别,其机制尚不明确,可能与甲状旁腺中钙离子感受体有关,正常与病变甲状旁腺的自体荧光强度无差别^[34]。

3.3 光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)

OCT是一种新的分辨率高、非接触无创伤的横截面断层影像学检查方法,在眼科临床中有着广泛的应用,对于非透明的组织结构,OCT可通过接触组织表面来分析组织的微细结构特征,无须切除组织^[35]。于1991年由美国麻省理工学院的研究组提出^[36]。Sommerer等^[37]分析27例甲状腺外科手术患者的227张OCT图像,发现术中应用该技术辨别甲状旁腺的灵敏度和特异度分别为69%和66%,但其对淋巴结和甲状旁腺组织的区分准确性较差。随着OCT高清系统的出现、探头的小型化及灭菌模式的改善,期待实现在术中对甲状旁腺进行“光学活检”,做到动态识别及原位保留甲状旁腺。

4 术中放射性定位及甲状旁腺素(PTH)监测

4.1 γ -探测仪

γ -探测仪对术中病理性甲状旁腺定位及完整切除方面具有良好效果,在寻找异位及复发的甲

状旁腺方面同样有很高的应用价值^[38]。在手术开始前 2 h 对患者静脉注射 $^{99m}\text{Tc-MIBI}$ ，术中手持 γ -探测仪探头探测甲状腺及其周围放射活性。确定热点位置后手术探查并切除可疑组织。切除组织后再用探测仪探测术野，观测切除前的放射性热点是否消失，并将切除组织进行离体探测计数，若探测计数与术中探测值相符，即可判断为甲状旁腺组织。 γ -探测仪对异位甲状旁腺可迅速准确定位，防止多发病灶的遗漏。 $^{99m}\text{Tc-MIBI}$ 具有一定的放射污染且 γ -探测仪较为昂贵，不适用于基层医院开展。

4.2 术中 PTH 监测 (IOPTH)

4.2.1 术中外周血 PTH 监测 基于 PTH 的半衰期短，仅为 1~4 min。在行甲状腺全切或近全切除及中央区淋巴结清扫时，术后 15 min 测定外周血 PTH，如果发现 PTH 明显降低，即 $<10 \text{ pg/mL}$ ，尤其是 $<5 \text{ pg/mL}$ 时，提示甲状旁腺损伤，应当查找原因，如寻找中央区清扫组织中是否有误切的甲状旁腺，在继发性甲状旁腺功能亢进患者实施增生甲状旁腺切除手术时，在切除最后一处功能亢进的甲状旁腺组织之前采取外周血测定 PTH 值作为术前 PTH 值，切除后 5、10、15 min 时分别取外周血测定 PTH 水平，常用预示功能亢进组织已切除的标准是术后 10 min 内 PTH 下降 50% 以上。术中外周血 PTH 监测，既能预防甲状腺手术后因甲状旁腺受损造成的持续性低钙血症的发生，又可以在甲状旁腺手术中对定位明确的病变旁腺起进一步的验证作用。

4.2.2 术中组织洗脱液 PTH 检测 Bian 等^[39]通过对术中对疑似甲状旁腺组织进行细针穿刺 (fine needle aspiration, FNA) 抽吸组织后制成洗脱液，将洗脱液配比成 1 mL 注入 ET 管内，标明患者穿刺部位后送往核医学进行检验 PTH 浓度。经组织学证明为甲状旁腺组织的洗脱液 PTH 中位值为 $3\ 369 \text{ pg/mL}$ ，显著高于非甲状旁腺组织洗脱液 PTH 中位值 25.7 pg/mL ($P < 0.001$)。该方法所测得 PTH 中位值为区分甲状旁腺和非甲状旁腺组织的良好客观参数，有效减少术中的探查，缩短手术时间，减少并发症的发生。

张进军等^[40]采用术中免疫胶体金法 (immune colloidal gold technique, ICGT) 快速测定组织内 PTH 水平 (以下简称 PTH-ICGT 法)，采用 ICGT

技术制备了用于 PTH 检测的试纸。将可疑组织制成洗脱液在反应区与 PTH 抗体的胶体金偶合物结合形成免疫复合物，并在测试区形成检测线；反应完成后，通过检测仪对检测线和质控线进行扫描分析，从而定量检测血液中的 PTH 含量。该技术操作简单，耗时时间短，结果判读直观，易于在各级医院推广。

5 小结与展望

随着医疗科技推陈出新的飞速发展，甲状旁腺的识别方法趋于多样化发展。笔者认为，术前对甲状旁腺进行影像学上的准确定位，加强肉眼对甲状旁腺的辨识能力，同时辅以其他适合患者病情的识别方法，做到甲状旁腺术中识别的个体化、规范化，使甲状腺手术向更加微创化、精细化、安全化的方向发展。

参考文献

- [1] 李文渊. 甲状腺全切术中甲状旁腺辨识及原位保护[J]. 中国普通外科杂志, 2015, 24(5):753-756. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2015.05.028.
Li WY. Intraoperative identification and in situ protection of parathyroid glands during total thyroidectomy[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2015, 24(5):753-756. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2015.05.028.
- [2] 李训海, 冯新献, 殷德涛. 精细化被膜解剖法在分化型甲状腺癌手术中的应用价值[J]. 中国普通外科杂志, 2017, 26(5):567-572. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.05.006.
Li XH, Feng XX, Yin DT. Application value of meticulous capsular dissection in thyroidectomy for differentiated thyroid carcinoma[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2017, 26(5):567-572. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.05.006.
- [3] 姜瑛. 甲状腺手术中甲状旁腺的保护策略[J]. 临床外科杂志, 2015, 23(7):489-491. doi:10.3969/j.issn.1005-6483.2015.07.003.
Jiang Y. Strategies for protection of parathyroid glands during thyroid surgery[J]. Journal of Clinical Surgery, 2015, 23(7):489-491. doi:10.3969/j.issn.1005-6483.2015.07.003.
- [4] 胡荣生, 于伟, 李秋波. 甲状腺手术中甲状旁腺损伤的预防及低钙血症应对措施[J]. 中国普通外科杂志, 2013, 22(5):664-666. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2013.05.029.
Hu RS, Yu W, Li QB. Prevention and management of parathyroid injury and hypocalcemia during thyroidectomy[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2013, 22(5):664-666. doi:10.7659/

- j.issn.1005-6947.2013.05.029.
- [5] 吴毅. 甲状腺癌根治术中甲状旁腺保护[J]. 中国实用外科杂志, 2014, 34(4):292-293.
Wu Y. Parathyroid reservation in the surgery of thyroid carcinoma[J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2014, 34(4):292-293.
- [6] 余幼林, 胡超华, 韩运涛, 等. 甲状腺手术中喉返神经解剖变异特征及显露方法的再认识[J]. 中国普通外科杂志, 2017, 26(5):660-665. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.05.020.
Yu YL, Hu CH, Han YT, et al. Re-recognition of anatomical variation features of recurrent laryngeal nerve and its exposure methods in thyroid surgery[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2017, 26(5):660-665. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.05.020.
- [7] Gagner M. Endoscopic subtotal parathyroidectomy in patients with primary hyperparathyroidism[J]. Br J Surg, 1996, 83(6):875.
- [8] 王平, 燕海潮. 腔镜下全乳晕入路甲状腺腺叶切除的方法——王氏七步法[J]. 中国普通外科杂志, 2017, 26(5):541-546. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.05.001.
Wang P, Yan HC. Endoscopic thyroid lobectomy via bilateral areolar approach——Wang's seven-step method[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2017, 26(5):541-546. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.05.001.
- [9] 阮剑, 龚昭, 朱忠超, 等. 内镜甲状腺手术对甲状旁腺的辨别与保护研究[J]. 中华腔镜外科杂志: 电子版, 2011, 4(4):261-264. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-6899.2011.04.005.
Ruan J, Gong Z, Zhu ZC, et al. Identification and protection of parathyroid glands in video-assisted endoscopic thyroid surgery[J]. Chinese Journal of Laparoscopic Surgery: Electronic Edition, 2011, 4(4):261-264. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-6899.2011.04.005.
- [10] Dudley NE. Methylene blue for rapid identification of the parathyroids[J]. Br Med J, 1971, 3(5776):680-681.
- [11] Tummers QR, Schepers A, Hamming JF, et al. Intraoperative guidance in parathyroid surgery using near-infrared fluorescence imaging and low-dose Methylene Blue[J]. Surgery, 2015, 158(5):1323-1330. doi: 10.1016/j.surg.2015.03.027.
- [12] 中国医师协会外科医师分会甲状腺外科医师委员会. 甲状腺手术中甲状旁腺保护专家共识[J]. 中国实用外科杂志, 2015, 35(7):731-736.
Chinese Thyroid Association. Expert consensus on protection of parathyroid glands during thyroid surgery[J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2015, 35(7):731-736.
- [13] 王贝贝, 杨洪, 欧爱华. 亚甲蓝在继发性甲旁亢手术中对甲状旁腺的定位作用[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2016, 30(2):71-74. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2015.521.
Wang BB, Yang H, Ou AH. The role of methylene blue in the localization of parathyroid glands in the operation of secondary hyperparathyroidism[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2016, 30(2):71-74. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2015.521.
- [14] 钟琦, 房居高, 马泓智, 等. 经静脉低剂量亚甲蓝甲状旁腺定位在甲状腺手术中的初步应用[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2016, 23(5):247-249. doi:10.16066/j.1672-7002.2016.05.001.
Zhong Q, Fang JG, Ma HZ, et al. Localization of parathyroid glands with intravenous low-dose methylene blue in thyroidectomy[J]. Chinese Archives of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 2016, 23(5):247-249. doi:10.16066/j.1672-7002.2016.05.001.
- [15] Raffaelli M. Systematic review of intravenous methylene blue in parathyroid surgery (Br J Surg 2012; 99: 1345-1352)[J]. Br J Surg, 2012, 99(10):1352. doi: 10.1002/bjs.8846.
- [16] Bewick J, Pfliederer A. The value and role of low dose methylene blue in the surgical management of hyperparathyroidism[J]. Ann R Coll Surg Engl, 2014, 96(7):526-529. doi: 10.1308/003588414X13946184903883.
- [17] 江国斌, 方红燕, 蔡建明. 纳米碳混悬液示踪前哨淋巴结在甲状腺乳头状癌中的应用[J]. 中国癌症杂志, 2010, 20(12):938-940. doi:10.3969/j.issn.1007-3639.2010.12.013.
Jiang GB, Fang HY, Cai JM. Application of sentinel lymph node tracked by carbon nanoparticles on thyroid adenocarcinoma[J]. China Oncology, 2010, 20(12):938-940. doi:10.3969/j.issn.1007-3639.2010.12.013.
- [18] 任明, 高国宇, 郭嵩. 纳米碳对甲状腺癌手术中甲状旁腺的保护作用[J]. 中国普通外科杂志, 2017, 26(11):1489-1493. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.11.019.
Ren M, Gao GY, Guo S. Protective effect of nanocarbon on parathyroid glands during thyroid cancer operation[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2017, 26(11):1489-1493. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.11.019.
- [19] 曾玉剑, 钱军, 程若川, 等. 甲状腺癌术中淋巴示踪剂应用对于甲状旁腺保护作用的研究[J]. 重庆医学, 2012, 41(11):1076. doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2012.11.012.
Zeng YJ, Qian J, Cheng RC, et al. Protective effect of lymphatic tracer on parathyroid glands in lymph node dissection in thyroid carcinoma[J]. Chongqing Medicine, 2012, 41(11):1076. doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2012.11.012.
- [20] 朱精强, 汪洵理, 魏涛, 等. 纳米碳甲状旁腺负影辨认保护技术在甲状腺癌手术中的应用[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2013, 20(9):992-994. doi:10.7507/1007-9424.20130250.
Zhu JQ, Wang XL, Wei T, et al. Application of Lymphatic Mapping to Recognize and Protect Negative Stained Parathyroid in Thyroid Carcinoma Surgery by Using Carbon Nanoparticles[J]. Chinese Journal of Bases and Clinics In General Surgery, 2013, 20(9):992-994. doi:10.7507/1007-9424.20130250.
- [21] 范林军, 钟玲, 郭德玉, 等. 纳米碳对乳腺腋窝淋巴结示踪效果及其安全性的初步研究[J]. 中华乳腺病杂志: 电子版, 2010,

- 4(3):47–50. doi:10.3969/j.issn.1674-0807.2010.03.012.
- Fan LJ, Zhong L, Guo DY, et al. Effect and safety of carbon nanoparticles dyeing in axillary lymph node dissection of breast cancer[J]. Chinese Journal of Breast Disease: Electronic Version, 2010, 4(3):47–50. doi:10.3969/j.issn.1674-0807.2010.03.012.
- [22] Liu WW, Li CQ, Guo ZM, et al. Fluorescence identification of parathyroid glands by aminolevulinic acid hydrochloride in rats[J]. Photomed Laser Surg, 2011, 29(9):635–638. doi: 10.1089/pho.2010.2916.
- [23] Takeuchi S, Shimizu K, Shimizu K Jr, et al. Identification of pathological and normal parathyroid tissue by fluorescent labeling with 5-aminolevulinic acid during endocrine neck surgery[J]. J Nippon Med Sch, 2014, 81(2):84–93.
- [24] Prosst RL, Willeke F, Schroeter L, et al. Fluorescence-guided minimally invasive parathyroidectomy: a novel detection technique for parathyroid glands[J]. Surg Endosc, 2006, 20(9):1488–1492.
- [25] Prosst RL, Weiss J, Hupp L, et al. Fluorescence-guided minimally invasive parathyroidectomy: clinical experience with a novel intraoperative detection technique for parathyroid glands[J]. World J Surg, 2010, 34(9):2217–2222. doi: 10.1007/s00268-010-0621-2.
- [26] Kim SW, Lee HS, Lee KD. Intraoperative real-time localization of parathyroid gland with near infrared fluorescence imaging[J]. Gland Surg, 2017, 6(5):516–524. doi: 10.21037/g.2017.05.08.
- [27] Falco J, Dip F, Quadri P, et al. Increased identification of parathyroid glands using near infrared light during thyroid and parathyroid surgery[J]. Surg Endosc, 2017, 31(9):3737–3742. doi: 10.1007/s00464-017-5424-1.
- [28] Desmetre T, Devoisselle JM, Mordon S. Fluorescence properties and metabolic features of indocyanine green (ICG) as related to angiography[J]. Surv Ophthalmol, 2000, 45(1):15–27.
- [29] Hope-Ross M, Yannuzzi LA, Gragoudas ES, et al. Adverse reactions due to indocyanine green[J]. Ophthalmology, 1994, 101(3):529–533.
- [30] Cui L, Gao Y, Yu H, et al. Intraoperative Parathyroid Localization with Near-Infrared Fluorescence Imaging Using Indocyanine Green during Total Parathyroidectomy for Secondary Hyperparathyroidism[J]. Sci Rep, 2017, 7(1):8193. doi: 10.1038/s41598-017-08347-6.
- [31] Paras C, Keller M, White L, et al. Near-infrared autofluorescence for the detection of parathyroid glands[J]. J Biomed Opt, 2011, 16(6):067012. doi: 10.1117/1.3583571.
- [32] Kahramangil B, Dip F, Benmiloud F, et al. Detection of Parathyroid Autofluorescence Using Near-Infrared Imaging: A Multicenter Analysis of Concordance Between Different Surgeons[J]. Ann Surg Oncol, 2018, 25(4):957–962. doi: 10.1245/s10434-018-6364-2.
- [33] Ladurner R, Sommerey S, Arabi NA, et al. Intraoperative near-infrared autofluorescence imaging of parathyroid glands[J]. Surg Endosc, 2017, 31(8):3140–3145. doi: 10.1007/s00464-016-5338-3.
- [34] McWade MA, Sanders ME, Broome JT, et al. Establishing the clinical utility of autofluorescence spectroscopy for parathyroid detection[J]. Surgery, 2016, 159(1):193–202. doi: 10.1016/j.surg.2015.06.047.
- [35] 吕春晖, 陈曦. 术中甲状旁腺保护及术后功能减退的预测和治疗[J]. 外科理论与实践, 2016, 21(4):338–344.
- Lu CH, Chen X. Intraoperative protection of parathyroid glands and prediction and treatment of postoperative hypoparathyroidism[J]. Journal of Surgery Concepts & Practice, 2016, 21(4):338–344.
- [36] Huang D, Swanson EA, Lin CP, et al. Optical coherence tomography[J]. Science, 1991, 254(5035):1178–1181.
- [37] Sommerey S, Al Arabi N, Ladurner R, et al. Intraoperative optical coherence tomography imaging to identify parathyroid glands[J]. Surg Endosc, 2015, 29(9):2698–2704. doi: 10.1007/s00464-014-3992-x.
- [38] 张浩. 甲状旁腺疾病的实验室和影像学诊断及评价[J]. 中国实用外科杂志, 2008, 28(3):170–172. doi:10.3321/j.issn:1005-2208.2008.03.005.
- Zhang H. Laboratory and imaging diagnostic methods for parathyroid diseases and their assessments[J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2008, 28(3):170–172. doi:10.3321/j.issn:1005-2208.2008.03.005.
- [39] Bian XH, Li SJ, Zhou L, et al. Applicability of rapid intraoperative parathyroid hormone assay through fine needle aspiration to identify parathyroid tissue in thyroid surgery[J]. Exp Ther Med, 2016, 12(6):4072–4076. doi: 10.3892/etm.2016.3896.
- [40] 张进军, 夏文飞, 沈文状, 等. 免疫胶体金法甲状旁腺快速鉴定技术及其临床应用价值研究[J]. 中国实用外科杂志, 2018, 38(2):227–230.
- Zhang JJ, Xia WF, Shen WZ, et al. Clinical value of parathyroid hormone-immune colloidal gold technique in intraoperative rapid identification of parathyroid gland[J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2018, 38(2):227–230.

(本文编辑 宋涛)

本文引用格式: 张峻嘉, 边学海, 孙辉. 甲状旁腺术中识别方法的进展与探讨[J]. 中国普通外科杂志, 2018, 27(5):629–634. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2018.05.016

Cite this article as: Zhang JJ, Bian XH, Sun H. Progress and discussion of methods for intraoperative identification of parathyroid glands[J]. Chin J Gen Surg, 2018, 27(5):629–634. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2018.05.016