



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.05.018  
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2023.05.018  
China Journal of General Surgery, 2023, 32(5):782-787.

· 文献综述 ·

## 术中近红外荧光成像技术识别甲状旁腺的研究进展

许怀生<sup>1</sup>, 吴德林<sup>2</sup>, 马小鹏<sup>2</sup>

(1. 中国人民解放军联勤保障部队第九〇四医院 普通外科, 江苏 无锡 214125; 2. 中国科学技术大学附属第一医院/安徽省立医院 普通外科, 安徽 合肥 230032)

### 摘要

近年来, 甲状腺手术量逐年攀升, 术中准确识别及保护甲状旁腺一直是甲状腺外科重要的临床问题。大多数情况下外科医师需要依靠术中的主观经验来识别甲状旁腺, 容易误切甲状旁腺, 导致术后出现甲状旁腺功能减退症状。目前, 利用术中近红外荧光成像技术识别甲状旁腺成为甲状腺外科的研究热点, 笔者在此对相关研究进行综述。

### 关键词

甲状腺切除术; 甲状旁腺; 荧光透视检查; 综述  
中图分类号: R653.2

## Research progress in intraoperative near-infrared fluorescence imaging for parathyroid identification

XU Huaisheng<sup>1</sup>, WU Delin<sup>2</sup>, MA Xiaopeng<sup>2</sup>

(1. Department of General Surgery, the 904th Hospital of the Joint Logistics Support Force of the People's Liberation Army of China, Wuxi, Jiangsu 214125 China; 2. Department of General Surgery, the First Affiliated Hospital of University of Science and Technology of China/Anhui Provincial Hospital, Hefei 230032, China)

### Abstract

In recent years, the number of thyroid surgeries has been increasing annually. Accurate identification and preservation of the parathyroid glands during surgery have always been important clinical concerns in thyroid surgery. In most cases, surgeons rely on subjective experience during surgery to identify the parathyroid glands, which can lead to inadvertent damage and subsequent hypoparathyroidism. Currently, the use of intraoperative near-infrared fluorescence imaging technique for parathyroid identification has become a hot topic in thyroid surgery research. Here, the authors provide a review of related studies.

### Key words

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

甲状旁腺功能减退症 (hypoparathyroidism) 是

甲状腺手术后常见的并发症之一<sup>[1]</sup>, 术中甲状旁腺损伤或误切是甲状旁腺功能减退的常见的原因<sup>[2]</sup>, 术中甲状旁腺的正确识别和保留是降低术后发生甲状旁腺功能减退的关键<sup>[3]</sup>。目前常用的术中识别甲状旁腺的方法有: 外科医师主观的经验<sup>[4]</sup>、术中冷冻活检<sup>[5]</sup>、纳米炭负显影技术<sup>[6-7]</sup>、术中组织甲

收稿日期: 2022-01-22; 修订日期: 2022-08-13。

作者简介: 许怀生, 中国人民解放军联勤保障部队第九〇四医院住院医师, 主要从事普通外科方面的研究。

通信作者: 马小鹏, Email: doc\_mxp@126.com

状旁腺激素检测技术<sup>[8]</sup>以及术中近红外荧光成像(near-infrared fluorescence imaging, NIFI)技术<sup>[9]</sup>。相对于其他几种方法, NIFI技术因利用甲状旁腺自发荧光的特性可在术中无创、精确地识别甲状旁腺而备受关注<sup>[10-15]</sup>。

熟悉甲状旁腺的解剖位置是识别甲状旁腺的前提。甲状旁腺由于体积小, 解剖位置变异大, 与脂肪、淋巴结、甲状腺等周围组织颜色相近等原因导致术中识别困难<sup>[9,16-18]</sup>。

## 1 术中NIFI技术原理

近年来, NIFI技术逐渐应用于医学研究<sup>[19-24]</sup>。近红外激光照射组织后, 组织会产生特定波长的自体荧光(autofluorescence), 这是物质的固有本质, 不受外界环境影响, 且近红外激光穿透性强, 对深部组织也可检测。依据这种组织特异性的自体荧光可以使用光谱仪进行定量定性测量, 即可区分不同组织。基于此原理, 有学者开展了一系列实验并获得成功, 展示了NIFI技术应用于甲状腺外科的良好前景。

## 2 国外学者开展的术中NIFI技术的研究

2011年, Paras等<sup>[25]</sup>首次发现: 甲状旁腺内存在一种独特的荧光团, 当其被波长785 nm的近红外激光照射时, 可激发出自发荧光, 其在820 nm处具有最强的荧光强度; 在21例甲状腺手术中检测发现, 甲状旁腺的这种自发荧光的强度是甲状腺的荧光强度的2~10倍, 而周围的脂肪组织、淋巴结、胸腺及肌肉等组织均未检测到相同的荧光, 这表明NIFI技术可能成为一种新的术中识别甲状旁腺的方法。

基于Paras等<sup>[25]</sup>的发现, 2014年, McWade等<sup>[26]</sup>通过他们组装的近红外荧光光谱系统收集了110例患者的点测量数据, 并对6例患者行荧光成像发现荧光成像检测甲状旁腺的成功率为100%, 且甲状旁腺的荧光发射强度是周围组织的2.4~8.5倍。同时组织学验证也证实甲状旁腺的高固有荧光信号可用于甲状旁腺的定位, 表明NIFI是一种高敏感度、实时、无标记的甲状旁腺手术定位工具。然而, 这项技术的局限性是, 由于甲状腺和甲状旁腺组织的自身荧光强度在某些情况下相似(如甲

状腺炎), 可降低甲状腺和甲状旁腺组织之间的对比度。此外, 这种术中成像技术会导致假阳性, 其中棕色脂肪、胶质结节或转移性淋巴结可能表现出与甲状旁腺组织重叠的自发荧光。随后, 业界开始研发基于近红外光谱自发荧光的设备。目前, 这些设备中有两种被FDA批准用于在手术过程中实时识别甲状旁腺组织, 这两种设备分别是: FluoBeam<sup>®</sup> (Fluoptics<sup>®</sup>, 法国格勒诺布尔) 和甲状旁腺检测PTeye系统(美国加利福尼亚州圣巴巴拉)。FluoBeam<sup>®</sup>是一种光学系统, 可通过检测和增强自动荧光组织来再现实时灰度图像。从实用的角度来看, 这个设备由一个激光发射器和一个相机组成, 相机能够探测到从被探测的组织发出的自发荧光, 产生的黑白图像然后投射到屏幕上。在介入过程中, 外科医生可以直接使用这个设备, 其中包括一个专用的灭菌罩, 以探索手术野。相反, PTeye系统是一种无菌探针, 它分析探针尖端组织的光学特性, 并在探针接触甲状旁腺组织时提供清晰的音频和视觉信号。2016年, De Leeuw等<sup>[27]</sup>通过商用临床近红外成像设备对28例标本进行体外实验, 验证近红外自体荧光技术的有效性, 结果显示其敏感度为94.1%, 特异度为80%。同时De Leeuw团队<sup>[27]</sup>在术中对35例患者行甲状旁腺近红外成像检测, 共发现了81例甲状旁腺, 其中有80例在实时可视化时荧光信号主观上明显, 且测得甲状旁腺荧光是甲状腺荧光的( $2.93 \pm 1.59$ )倍, 表明甲状旁腺自体荧光的实时近红外成像可在术中快速、安全、无创地识别甲状旁腺。2017年, Falco等<sup>[28]</sup>对74例甲状腺疾病患者进行研究, 比较近红外光白光识别的甲状旁腺的数目及甲状旁腺的鉴别与年龄、性别和组织病理学诊断的关系, 发现平均甲状旁腺荧光强度明显高于甲状腺( $47.60$  vs.  $22.32$ ,  $P < 0.0001$ )。近红外光和白光识别的甲状旁腺平均数量分别为3.7 pg和2.5 pg ( $P < 0.0001$ )。近红外光和白光显示的甲状旁腺数量和荧光强度的差异与年龄、性别或组织病理学诊断无关(甲状腺炎除外), 近红外光显示的甲状旁腺数量显著增加( $P=0.026$ ), 研究结果表明, 近红外光显影可显著增加甲状腺和甲状旁腺手术中发现的前列腺瘤的数量, 且甲状旁腺、甲状腺和背景之间的荧光强度差异不受年龄、性别或组织病理学诊断的影响; Kahramangil等<sup>[29]</sup>为比较吲哚菁绿荧光和甲状旁腺自身荧光在术中识别甲状旁腺的有

效性设计了一项前瞻性研究,该团队对44例甲状腺患者的研究中发现甲状旁腺自身荧光和吡啶菁绿荧光对甲状旁腺的检出率相近。甲状旁腺自身荧光比吡啶菁绿荧光更能在外科医师肉眼观察前提示甲状旁腺的位置。在外科医师肉眼观察前,甲状旁腺自身荧光检测到甲状旁腺的中位数大于吡啶菁绿荧光检测到甲状旁腺;在外科医师肉眼识别前,甲状旁腺自身荧光更容易检出上甲状旁腺( $P=0.03$ )。研究结果表明,这两种技术都有类似的高检测率,主要区别在于检测的时间不同。与吡啶菁绿荧光相比,甲状旁腺自身荧光在外科医师肉眼识别之前更容易检测到甲状旁腺。2018年,Dip等<sup>[30]</sup>对比使用或不使用近红外光照射甲状腺手术野时,术中识别甲状旁腺数目。发现将白光转换为近红外光后,检测到的甲状旁腺腺体数目从2.6%增加到3.5%,并在67.1%的患者中发现了至少1个先前遗漏的腺体,反映了甲状腺切除术中应用近红外光成像技术提高了术中对甲状旁腺的识别率;Kose等<sup>[31]</sup>为探究甲状旁腺功能亢进的甲状旁腺和正常甲状旁腺之间的自发荧光特征是否存在差异而设计了一项实验。该团队对50例原发性甲状旁腺功能亢进症患者进行双侧颈部探查,在此期间,用NIFI评估来自每个腺体的自身荧光。比较甲状旁腺功能亢进症和正常甲状旁腺的自发荧光类型和强度,发现50例患者共199个甲状旁腺(单腺体病变31例,多腺体病变19例)。在96%( $n=192$ )的甲状旁腺组织中检测到自发荧光,所有这些腺体的自发荧光强度均高于背景组织。26%( $n=52$ )甲状旁腺解剖前NIFI显示甲状旁腺位置;Thomas等<sup>[32]</sup>用pTEYE和Overlay组织成像系统分别对20例和15例患者进行了检测,并对6例患者进行了改良的近红外成像系统的研究,并通过外科医生对原位甲状旁腺的目测和切除甲状旁腺的组织学检查来确定系统的准确性,研究发现正常甲状旁腺和病变的甲状旁腺的近红外自发荧光无明显差异。pTEYE系统识别出98%的甲状旁腺,而改良的近红外成像系统和Overlay组织成像系统分别识别出100%和97%的甲状旁腺,研究结果表明这些技术对于术中辨认甲状旁腺是有价值的辅助手段。2019年,Squires等<sup>[33]</sup>利用近红外成像设备对59例原发性甲状旁腺机能亢进症的患者进行术中成像,并捕捉图像进行分析发现术中近红外成像技术可将甲状旁腺的置信度(0~5分)由平均4.1分

提高到平均4.4分,且在59例患者中,有12例患者使用术中NIFI技术发现了外科医师肉眼看不到的甲状旁腺。且在另外9例患者术中,NIFI技术排除了外科医师误认的甲状旁腺,研究结果表明术中利用术中近红外成像技术识别和定位甲状旁腺是可行的;同年,Serra等<sup>[34]</sup>实施了一项动物实验以研究甲状腺和甲状旁腺在780 nm发光二极管(LED)光源照射下重量和分泌模式的可能变化,该团队将32只雄性Wistar大鼠,随机分为两组,在全身麻醉下行颈清扫和甲状腺-甲状旁腺区域照射。第1组(照射组)照射780 nm LED光束180 s(剂量为 $1.37 \text{ J/cm}^2$ ),第2组(对照组)不照射。分别于照射前、照射后7 min、照射后30 d和60 d采血测定钙、甲状旁腺激素(PTH)、三碘甲状腺原氨酸(T<sub>3</sub>)、甲状腺素(T<sub>4</sub>)和促甲状腺激素(TSH)水平。并分析照射后30 d和60 d甲状腺和甲状旁腺的重量变化,发现在照射前和照射后的任何分析参数中都没有观察到明显的变化。研究结果显示,在近红外刺激下,甲状腺和甲状旁腺的重量发育和分泌模式没有明显变化,证实了该光源在甲状旁腺鉴别中的安全性;Wolf等<sup>[35]</sup>回顾性地研究了近红外成像技术在一系列原发性和继发性甲状旁腺功能亢进症患者中的临床应用,该团队采用近红外线系统(Karl STORZ GmbH&Co.kg)对39例原发性和继发性甲状旁腺机能亢进症患者的66个腺瘤性和增生性甲状旁腺进行了术中自体荧光检查,发现经组织学证实的66个腺瘤性/增生性腺体中,57个腺体显示自体荧光。近红外自发荧光在原发性甲状旁腺机能亢进症和继发性甲状旁腺机能亢进症中的敏感度分别为0.9和0.83。原发性甲状旁腺机能亢进症阳性预测值为0.93,继发性甲状旁腺机能亢进症阳性预测值为1.0,研究结果表明近红外自发荧光成像技术是一种创新的即时外科成像工具,在检测腺瘤性和增生性甲状旁腺方面的灵敏度可与目前的术中方法相媲美。

### 3 国内学者开展的术中NIFI技术的研究

近几年,在国内同样有学者开展了对术中NIFI技术识别甲状旁腺的研究。马小鹏等<sup>[36]</sup>用近红外光成像技术在1例甲状腺癌患者的切除标本中发现被误切的甲状旁腺,并在1例原发性甲状旁腺功能亢进的患者术中发现异位甲状旁腺,该团队将

甲状旁腺的自发荧光团命名为XP荧光团,并提出对XP荧光团的研究有重要的临床意义;柳楨等<sup>[37]</sup>在对41例接受甲状腺手术的患者研究中发现,肉眼辨识确认甲状旁腺检出率为84.9% (90/106);近红外光成像技术识别甲状旁腺的检出率为99.1% (105/106),肉眼识别的准确率为79.6% (109/137),NIFI识别的准确率为85.4% (117/137)。田文等<sup>[38]</sup>在1例甲状腺癌患者术中利用NIFI技术成功识别右侧上下极及左侧下级共3枚甲状旁腺,术后该患者未出现甲状旁腺功能减退症状,其认为随着NIFI技术的不断完善,使用方法的不断成熟,NIFI技术有助于大幅降低术后低钙血症发生率。

#### 4 NIFI技术的局限性

虽然NIFI技术在甲状腺切除术中检测甲状旁腺的优势已得到广泛认可,但其对临床的影响尚不明确,DiMarco等<sup>[39]</sup>在269例连续甲状腺切除术的前瞻性队列中(NIFI组106例接受NIFI技术,对照组163例未接受NIFI技术)发现:NIFI组有13例甲状旁腺被误切,对照组有17例甲状旁腺被误切,结果无统计学意义( $P=0.89$ )。且对照组和NIFI组术后第1天低钙血症发生率分别为10.5% ( $n=9$ )和9.3% ( $n=53$ ),甲状旁腺功能减退症发生率分别为11.6% ( $n=10$ )和11.1% ( $n=6$ ),差异亦无统计学意义( $P=0.38$ )。Benmiloud等<sup>[40]</sup>对513例接受甲状腺全切除术的患者进行了前后对照研究,发现在应用和不应用NIFI技术时,甲状旁腺误切率无任何差异;Kose等<sup>[41]</sup>在对173例接受甲状腺手术的患者研究中发现,共503个甲状旁腺中,仅有162个甲状旁腺是在外科医师专业识别前首先被NIFI识别,而在外科医生专业识别后共有496个甲状旁腺显示出自发荧光,这表明NIFI技术在外科医生识别前的准确性还有待商榷。

#### 5 小结与展望

目前大多数的研究证明:术中NIFI技术可在术中协助外科医师快速、安全、有效地识别甲状旁腺,降低术后甲状旁腺功能减退的发生率。但目前的临床试验研究采用了不同的NIFI设备,未对研究人群及疾病种类进行更细化的分层,从而影响了现有临床研究的结果;另外,甲状旁腺的

自发荧光团的生物学特性及其机制目前尚不清楚。可以预见,这些都将成为甲状腺外科研究的热点问题。笔者认为在不久的将来,术中NIFI将成为甲状腺外科的常规应用技术。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:许怀生、马小鹏负责论文撰写;马小鹏、吴德林对论文做出指导。所有作者都为本文的进一步修改做出了贡献。

#### 参考文献

- [1] 南润玲,尚培中,王金,等. 甲状腺乳头状癌术中纳米炭示踪对淋巴结清扫及甲状旁腺保护的临床意义[J]. 中华普通外科学文献:电子版, 2018, 12(1): 36-39. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-0793.2018.01.009.
- [2] Nan RL, Shang PZ, Wang J, et al. Clinical significance of carbon nanoparticles tracing in lymph node dissection and parathyroid gland protection in papillary thyroid carcinoma surgery[J]. Chinese Archives of General Surgery: Electronic Edition, 2018, 12(1):36-39. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-0793.2018.01.009.
- [3] Zobel MJ, Long R, Gosnell J, et al. Postoperative Hypoparathyroidism After Total Thyroidectomy in Children[J] J Surg Res, 2020, 252:63-68. doi: 10.1016/j.jss.2020.02.018.
- [4] Hou D, Xu H, Yuan B, et al. Effects of active localization and vascular preservation of inferior parathyroid glands in central neck dissection for papillary thyroid carcinoma[J]. World J Surg Oncol, 2020, 18(1):95. doi: 10.1186/s12957-020-01867-y.
- [5] Ponce de León-Ballesteros G, Velázquez-Fernández D, Hernández-Calderón FJ, et al. Hypoparathyroidism After Total Thyroidectomy: Importance of the Intraoperative Management of the Parathyroid Glands[J]. World J Surg, 2019, 43(7): 1728-1735. doi: 10.1007/s00268-019-04987-z.
- [6] Kikumori T, Inaishi T, Miyajima N, et al. Robust, quick, and convenient intraoperative method to differentiate parathyroid tissue[J]. Surgery, 2020, 167(2): 385-389. doi: 10.1016/j.surg.2019.09.025.
- [7] Cai HK, He HF, Tian W, et al. Colorectal cancer lymph node staining by activated carbon nanoparticles suspension in vivo or methylene blue in vitro[J]. World J Gastroenterol, 2012, 18(42): 6148-6154. doi: 10.3748/wjg.v18.i42.6148.
- [8] Yu W, Xu G, Sun J, et al. Carbon nanoparticles guide contralateral central neck dissection in patients with papillary thyroid cancer[J]. Oncol Lett, 2018, 16(1):447-452. doi: 10.3892/ol.2018.8691.
- [9] Zou X, Shi L, Zhu G, et al. Fine-needle aspiration with rapid

- parathyroid hormone assay to identify parathyroid gland in thyroidectomy[J]. *Medicine*, 2020, 99(16): e19840. doi: [10.1097/MD.00000000000019840](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019840).
- [9] Demarchi MS, Karenovics W, Bédard B, et al. Intraoperative Autofluorescence and Indocyanine Green Angiography for the Detection and Preservation of Parathyroid Glands[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(3):830. doi: [10.3390/jcm9030830](https://doi.org/10.3390/jcm9030830).
- [10] Thomas G, Squires MH, Metcalf T, et al. Imaging or a Fiber Probe-based Approach? Assessing Different Methods to Detect Near Infrared Autofluorescence for Intraoperative Parathyroid Identification[J]. *J Am Coll Surg*, 2019, 229(6): 596–608. doi: [10.1016/j.jamcollsurg.2019.09.003](https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2019.09.003).
- [11] Takahashi T, Yamazaki K, Ota H, et al. Near-Infrared Fluorescence Imaging in the Identification of Parathyroid Glands in Thyroidectomy[J]. *Laryngoscope*, 2021, 131(5): 1188–1193. doi: [10.1002/lary.29163](https://doi.org/10.1002/lary.29163).
- [12] Ladurner R, Al Arabi N, Guendogar U, et al. Near-infrared autofluorescence imaging to detect parathyroid glands in thyroid surgery[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2018, 100(1): 33–36. doi: [10.1308/rcsann.2017.0102](https://doi.org/10.1308/rcsann.2017.0102).
- [13] Ladurner R, Lerchenberger M, Al Arabi N, et al. Parathyroid Autofluorescence-How Does It Affect Parathyroid and Thyroid Surgery? A 5 Year Experience[J]. *Molecules*, 2019, 24(14): 2560. doi: [10.3390/molecules24142560](https://doi.org/10.3390/molecules24142560).
- [14] Benmiloud F, Godiris-Petit G, Gras R, et al. Association of Autofluorescence-Based Detection of the Parathyroid Glands During Total Thyroidectomy With Postoperative Hypocalcemia Risk: Results of the PARAFUO Multicenter Randomized Clinical Trial[J]. *JAMA Surg*, 2020, 155(2): 106–112. doi: [10.1001/jamasurg.2019.4613](https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.4613).
- [15] Takeuchi M, Takahashi T, Shodo R, et al. Comparison of Autofluorescence With Near-Infrared Fluorescence Imaging Between Primary and Secondary Hyperparathyroidism. [J]. *Laryngoscope*, 2021, 131(6):E2097–2104. doi: [10.1002/lary.29310](https://doi.org/10.1002/lary.29310).
- [16] 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. doi:[10.7504/CJPS.ISSN1005-2208.2015.07.11](https://doi.org/10.7504/CJPS.ISSN1005-2208.2015.07.11).  
Chinese Thyroid Association. Expert consensus on protection of parathyroid glands during thyroidectomy[J]. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2015, 35(7): 731–736. doi: [10.7504/CJPS.ISSN1005-2208.2015.07.11](https://doi.org/10.7504/CJPS.ISSN1005-2208.2015.07.11).
- [17] 李振东, 刘宏伟, 董慧蕾, 等. 甲状腺全切除术中甲状旁腺及其功能的保护[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2010, 45(11):899–903. doi:[10.3760/cma.j.issn.1673-0860.2010.11.007](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-0860.2010.11.007).  
Li ZD, Liu HW, Dong HL, et al. Preservation of parathyroid glands and their functions during total thyroidectomy[J]. *Chinese Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 2010, 45(11):899–903. doi:[10.3760/cma.j.issn.1673-0860.2010.11.007](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-0860.2010.11.007).
- [18] Hojaij F, Vanderlei F, Plopper C, et al. Parathyroid gland anatomical distribution and relation to anthropometric and demographic parameters: a cadaveric study[J]. *Anat Sci Int*, 2011, 86(4):204–212. doi: [10.1007/s12565-011-0111-0](https://doi.org/10.1007/s12565-011-0111-0).
- [19] Zhou Y, Li Y, Mao F, et al. Preliminary study of contrast-enhanced ultrasound in combination with blue dye vs. indocyanine green fluorescence, in combination with blue dye for sentinel lymph node biopsy in breast cancer[J]. *BMC Cancer*, 2019, 19(1): 939. doi: [10.1186/s12885-019-6165-4](https://doi.org/10.1186/s12885-019-6165-4).
- [20] Knackstedt R, Couto RA, Ko J, et al. Indocyanine green fluorescence imaging with lymphoscintigraphy for sentinel node biopsy in mela-noma: increasing the sentinel lymph node- positive rate[J]. *Ann Surg Oncol*, 2019, 26(11): 3550–3560. doi: [10.1245/s10434-019-07617-z](https://doi.org/10.1245/s10434-019-07617-z).
- [21] Villegas-Tovar E, Jimenez-Lillo J, Jimenez-Valerio V, et al. Performance of Indocyanine green for sentinel lymph node mapping and lymph node metastasis in colorectal cancer: a diagnostic test accuracy meta-analysis[J]. *Surg Endosc*, 2020, 34(3): 1035–1047. doi: [10.1007/s00464-019-07274-z](https://doi.org/10.1007/s00464-019-07274-z).
- [22] Plante M, Touhami O, Trinh XB, et al. Sentinel node mapping with indocyanine green and endoscopic near-infrared fluorescence imaging in endometrial cancer. A pilot study and review of the literature[J]. *Gynecol Oncol*, 2015, 137(3):443–447. doi: [10.1016/j.ygyno.2015.03.004](https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2015.03.004).
- [23] Alander JT, Kaartinen I, Laakso A, et al. A review of indocyanine green fluorescent imaging in surgery[J]. *Int J Biomed Imaging*, 2012, 2012:940585. doi: [10.1155/2012/940585](https://doi.org/10.1155/2012/940585).
- [24] Kinami S, Oonishi T, Fujita J, et al. Optimal settings and accuracy of indocyanine green fluorescence imaging for sentinel node biopsy in early gastric cancer[J]. *Oncol Lett*, 2016, 11(6):4055–4062. doi: [10.3892/ol.2016.4492](https://doi.org/10.3892/ol.2016.4492).
- [25] 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](https://doi.org/10.1117/1.3583571).
- [26] McWade MA, Paras C, White LM, et al. Label-free intraoperative parathyroid localization with near-infrared autofluorescence imaging[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2014, 99(12): 4574–4580. doi: [10.1210/jc.2014-2503](https://doi.org/10.1210/jc.2014-2503).
- [27] De Leeuw F, Breuskin I, Abbaci M, et al. Intraoperative Near-infrared Imaging for Parathyroid Gland Identification by Autofluorescence: A Feasibility Study[J]. *World J Surg*, 2016, 40(9): 2131–2138. doi: [10.1007/s00268-016-3571-5](https://doi.org/10.1007/s00268-016-3571-5).
- [28] 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.
- [29] Kahramangil B, Berber E. Comparison of indocyanine green fluorescence and parathyroid autofluorescence imaging in the identification of parathyroid glands during thyroidectomy[J]. *Gland surgery*, 2017, 6(6):644-648. doi: 10.21037/g.s.2017.09.04.
- [30] Dip F, Falco J, Verna S, et al. Randomized Controlled Trial Comparing White Light with Near-Infrared Autofluorescence for Parathyroid Gland Identification During Total Thyroidectomy.[J]. *J Am Coll Surg*, 2019, 228(5): 744-751. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2018.12.044.
- [31] Kose E, Kahramangil B, Aydin H, et al. Heterogeneous and low-intensity parathyroid autofluorescence: Patterns suggesting hyperfunction at parathyroid exploration[J]. *Surgery*, 2019, 165(2): 431-437. doi: 10.1016/j.surg.2018.08.006.
- [32] Thomas G, McWade M A, Nguyen J Q, et al. Innovative surgical guidance for label-free real-time parathyroid identification[J]. *Surgery*, 2019, 165(1):114-123. doi: 10.1016/j.surg.2018.04.079.
- [33] Squires MH, Jarvis R, Shirley LA, et al. Intraoperative Parathyroid Autofluorescence Detection in Patients with Primary Hyperparathyroidism.[J]. *Ann Surg Oncol*, 2019, 26(4):1142-1148. doi: 10.1245/s10434-019-07161-w.
- [34] Serra C, Silveira L, Canudo A, et al. Parathyroid identification by autofluorescence-preliminary report on five cases of surgery for primary hyperparathyroidism[J]. *BMC Surg*, 2019, 19(1):120. doi: 10.1186/s12893-019-0590-9.
- [35] Wolf HW, Grumbeck B, Runkel N. Intraoperative verification of parathyroid glands in primary and secondary hyperparathyroidism using near-infrared autofluorescence (IOPA) [J]. *Updates Surg*, 2019, 71(3):579-585. doi: 10.1007/s13304-019-00652-1.
- [36] 马小鹏, 许怀生, 潘婉婉, 等. 甲状旁腺自发荧光识别技术在甲状腺及甲状旁腺手术中的应用[J]. *临床医学进展*, 2020, 10(6): 1108-1112. doi:10.12677/ACM.2020.106167.
- Ma XP, Xu HS, Pan WW, et al. Application of ParathyroidAutofluorescence Recognition Technology in Thyroid and Parathyroid Surgery[J]. *Advances in Clinical Medicine*, 2020, 10(6):1108-1112. doi:10.12677/ACM.2020.106167.
- [37] 柳楨, 殷德涛, 王涛, 等. 近红外荧光系统对甲状腺术中甲状旁腺识别临床应用研究[J]. *中国实用外科杂志*, 2020, 40(2):230-234. doi:10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2020.02.20.
- Liu Z, Yin DT, Wang T, et al. The use of near- infrared autofluorescence system for the detection of parathyroid glands in thyroid surgery[J]. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2020, 40(2):230-234. doi:10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2020.02.20.
- [38] 田文, 陈志达, 郝洪庆, 等. 近红外自体荧光显像技术在甲状腺癌根治性手术中辅助甲状旁腺识别应用1例报告并文献复习[J]. *中国实用外科杂志*, 2020, 40(5): 591-593. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2020.05.26.
- Tian W, Chen ZD, Xi HQ, et al. Application of near-infrared autofluorescence imaging technology in assisting parathyroid identification during radical surgery for thyroid cancer: a case report and literature review[J]. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2020, 40(5): 591-593. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2020.05.26.
- [39] DiMarco A, Chotalia R, Bloxham R, et al. Does fluoroscopy prevent inadvertent parathyroidectomy in thyroid surgery?[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2019, 101(7): 508-513. doi: 10.1308/rcsann.2019.0065.
- [40] Benmiloud F, Rebaudet S, Varoquaux A, et al. Impact of autofluorescence-based identification of parathyroids during total thyroidectomy on postoperative hypocalcemia: a before and after controlled study[J]. *Surgery*, 2018, 163(1):23-30. doi: 10.1016/j.surg.2017.06.022.
- [41] Kose E, Rudin A V, Kahramangil B, et al. Autofluorescence imaging of parathyroid glands: An assessment of potential indications[J]. *Surgery*, 2020, 167(1): 173-179. doi: 10.1016/j.surg.2019.04.072.

( 本文编辑 宋涛)

本文引用格式:许怀生,吴德林,马小鹏. 术中近红外荧光成像技术识别甲状旁腺的研究进展[J]. *中国普通外科杂志*, 2023, 32(5):782-787. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2023.05.018

Cite this article as: Xu HS, Wu DL, MA XP. Research progress in intraoperative near-infrared fluorescence imaging for parathyroid identification[J]. *Chin J Gen Surg*, 2023, 32(5):782-787. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2023.05.018