



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2022.11.006
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2022.11.006
Chinese Journal of General Surgery, 2022, 31(11):1445-1452.

· 专题研究 ·

纳米炭示踪剂在机器人甲状腺癌淋巴结清扫中的应用

刘旭¹, 于芳², 王刚², 侯蕾², 范子义², 贺青卿²

(1. 锦州医科大学研究生院, 辽宁 锦州 121001; 2. 中国人民解放军联勤保障部队第九六〇医院 甲状腺乳腺外科, 山东 济南 250031)

摘要

背景与目的: 纳米炭作为新型淋巴结示踪剂, 已广泛应用于传统的甲状腺癌根治术中。目前, 微创手术是时代的主题, 机器人的应用使得微创手术获得更好的发展, 其安全性、有效性得到广泛认证。因此, 本研究探讨在机器人甲状腺癌根治术中应用纳米炭示踪剂对淋巴结清扫的效果, 以为临床应用提供参考。

方法: 回顾性分析294例行达芬奇机器人甲状腺乳头状癌根治术患者资料, 其中160例术中使用纳米炭示踪剂(研究组), 134例未使用纳米炭(对照组)。比较两组术后中央区及颈侧区淋巴结清扫总数、阳性淋巴结数目、淋巴结清扫手术时间及颈侧区淋巴结清扫并发症发生率。

结果: 两组间年龄、性别、肿瘤大小、TNM分期、浸润被膜与否方面差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。研究组平均中央区的淋巴结检出数(13.46枚 vs. 8.66枚)及其平均阳性淋巴结检出数(3.38枚 vs. 2.31枚)均明显高于对照组(均 $P<0.05$); 研究组平均颈侧区淋巴结检出数高于对照组(15.21枚 vs. 1.44枚, $P<0.05$), 但其平均阳性淋巴结检出数与对照组差异无统计学意义($P>0.05$)。研究组行平均单侧中央区淋巴结清扫时间(77.08 min vs. 88.83 min)、双侧中央区清扫时间(128.29 min vs. 160.11 min)、中央区+颈侧区清扫时间(199.93 min vs. 221.64 min)均明显少于对照组(均 $P<0.05$), 两组各项颈侧区淋巴结清扫术后并发症发生率差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。

结论: 机器人甲状腺癌手术应用纳米炭可显著增加检获淋巴结的数量, 提高中央区淋巴结的检出阳性率, 并可以缩短淋巴结清扫时间。

关键词

甲状腺肿瘤; 纳米粒子, 炭; 机器人手术; 淋巴结; 颈淋巴结清扫术

中图分类号: R736.1

Application carbon nanoparticle tracer for lymph node dissection in robotic thyroidectomy

LIU Xu¹, YU Fang², WANG Gang², HOU Lei², FAN Ziyi², HE Qingqing²

(1. Graduate School, Jinzhou Medical University, Jinzhou Liaoning 121001, China; 2. Department of Thyroid and Breast Surgery, the 960th ospital of Joint Logistic Support Force of PLA, Jinan 250031, China)

Abstract

Background and Aims: As a new lymph tracer, nanocarbons have been widely used in traditional thyroidectomy. Minimally invasive surgery is nowadays the theme of surgery. Robotic technology has spurred the development of minimally invasive surgery, and its safety and effectiveness have been

收稿日期: 2022-06-10; 修订日期: 2022-10-10。

作者简介: 刘旭, 锦州医科大学研究生院硕士研究生, 主要从事甲状腺乳腺临床方面的研究。

通信作者: 贺青卿, Email: heqingqing@yeah.net

widely recognized. This study was conducted to investigate the effect of using a carbon nanoparticle tracer for lymph node dissection in robotic thyroidectomy to provide a reference for clinical use.

Methods: The data of 294 patients with papillary thyroid carcinoma who underwent radical resection by Da Vinci robotic surgical system were retrospectively analyzed. Of the patients, carbon nanoparticle tracer was used in 160 cases (observation group) and not in 134 cases (control group) during surgery. The total number of central and lateral cervical lymph node dissections, number of positive lymph nodes, operative time for lymph node dissection, and incidence of complications of lateral cervical lymph node dissection were compared between the two groups.

Results: There were no significant differences in age, gender, tumor size, TNM stage, and the presence or absence of capsular invasion between the two groups (all $P>0.05$). In observation group versus control group, the average number of central lymph nodes dissected (13.46 vs. 8.66) and the average number of positive lymph nodes detected (3.38 vs. 2.31) were significantly higher (both $P<0.05$); the average number of lateral cervical lymph nodes dissected was significantly higher (15.21 vs. 1.44, $P<0.05$), but its average number of positive lymph nodes detected showed no significant difference ($P>0.05$). The operative time for unilateral central lymph node dissection (77.08 min vs. 88.83 min), bilateral central lymph node dissection (128.29 min vs. 160.11 min), and for central plus lateral cervical lymph node dissection (199.93 min vs. 221.64 min) were significantly reduced in observation group compared with control group (all $P<0.05$). There were no significant differences in incidence rates of all specific postoperative complications following lateral cervical lymph node dissection between the two groups (all $P>0.05$).

Conclusion: The application of nanocarbon in robotic thyroid cancer surgery can significantly increase the number of lymph nodes detected, improve the detection rate of positive central lymph nodes, and shorten the operative time for neck dissection.

Key words

Thyroid Neoplasms; Nanoparticles, Carbon; Robotic Surgical Procedures; Lymph nodes; Neck dissection

CLC number: R736.1

甲状腺癌是最常见的内分泌恶性肿瘤，其最常见的病理类型为甲状腺乳头状癌（papillary thyroid cancer, PTC），占甲状腺癌总数的90%以上^[1-2]。手术是大多数患者的标准治疗^[3]，传统甲状腺癌根治术中因颈部留有瘢痕，给患者带来心理负担，尤其是年轻女性。因此，腔镜辅助操作、Miccoli内镜术式等应运而生，2007年Kang等^[4]首次行达芬奇机器人甲状腺手术，从此微创甲状腺手术进入崭新时代。甲状腺癌淋巴结转移是甲状腺癌远处转移和复发的高危因素，因此在甲状腺癌手术中淋巴结的清扫显得尤为重要^[5]。选择一种适合、安全、有效、稳定的淋巴结示踪剂成为手术中不可缺少的一部分，纳米炭示踪剂因其效果稳定，染色效果好，毒副作用小有助于术中彻底清扫淋巴结，提高恶性肿瘤治疗效果，已广泛应用于甲状腺癌根治术中，在传统开刀手术和腔镜手

术中已有报道^[6-7]，但在机器人手术中淋巴结清扫的应用效果未见报道，也未见对于颈侧区淋巴结的相关报道。本研究回顾性分析纳米炭示踪剂在达芬奇机器人中甲状腺癌淋巴结中央区及颈侧区的检出率及阳性率的作用效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2018年5月—2022年4月于中国人民解放军联勤保障部队第九六〇医院普外科甲乳病区行达芬奇机器人PTC根治术（甲状腺全切+中央区淋巴结清扫+选择性颈侧区淋巴结清扫）的294例患者纳入研究，其中160例术中应用纳米炭示踪剂的患者纳入研究组，134例未应用纳米炭纳入对照组。本研究通过中国人民解放军第九六〇

医院伦理委员会审批[批号:(2016)科研伦理审第(28)号]。本研究术前充分告知患者,均签署知情同意书,并经医院伦理会审查通过,符合《赫尔辛基宣言》。本研究均使用纳米炭示踪剂(重庆莱美制药公司)。

1.2 纳入与排除标准

纳入标准:(1)初次手术患者;(2)行颈侧区淋巴结清扫条件(临床查体颈侧区可触及肿大淋巴结;颈侧区影像学检查及或细针穿刺细胞学检查及或实验室检查Tg升高考虑为淋巴结转移癌;术中快速冷冻病理证实中央区淋巴结存在转移);(3)术后病理证实为PTC;(4)充分告知患者及家属注射纳米炭示踪剂的相关事宜,由患者及家属同意购买使用。排除标准:(1)合并严重的基础疾病无法耐受手术;(2)未达R₀切除标准;(3)妊娠期或哺乳期女性;(4)中转为开放手术;(5)纳米炭过敏患者。

1.3 手术人员

本研究中手术均由同一治疗组协同共同完成,术者均为同一人。手术组成员均接受专业培训(CUHK Jockey Club Minimally Invasive Surgical Skill Centre, Prince of Wales Hospital, Shatin, Hong Kong)^[8]。

1.4 纳米炭的注射

本研究均采用术前注射,术前1 d在超声引导下在甲状腺内注射纳米炭(纳米炭悬混注射液,

50 mg/mL)。使用1 mL疫苗注射器抽取纳米炭混悬液,后换用10 mL注射器针头在超声引导下进行注射。首先探查定位甲状腺肿物位置,后在甲状腺组织内取1~2个点将纳米炭混悬液注入腺体内,每点注射0.1 mL,避免注入瘤体内及血管,注射完毕后,退针时应保持持续回抽注射器形成负压拔针,以免皮肤染色,而后用纱布轻压注射部位5 min,适度压迫可以有效地防止出血及纳米炭混悬液外溢污染手术视野^[9],以保证后续手术的顺利进行。若术前检查淋巴结可疑转移,使用纳米炭单独标记。

1.5 手术方法

手术切口设计:所有患者均选择双侧腋窝和乳晕(bilateral axillo-breast approach, BABA)入路。BABA入路颈侧区淋巴结清扫,超声刀游离皮瓣,分离胸锁乳突肌间隙显露颈动脉鞘,分离肩胛舌骨肌给予保留后,注意保护好颈内静脉,超声刀沿颈内静脉外侧游离,注意保护好颈横血管及膈神经,自颈内静脉外侧清扫IV区淋巴脂肪组织后,沿胸锁乳突肌内侧缘分离颈前肌群与胸锁乳突肌,将胸锁乳突肌牵向外侧,显露颈动脉鞘中上段,2号机械臂钳夹血管鞘内淋巴脂肪组织,超声刀分离切断,注意保护好迷走神经、膈神经后,自上而下依次清扫II、III区淋巴脂肪组织^[8]。清扫完成后,将清扫淋巴脂肪组织置入标本袋,自2号机械臂切口中取出。术中情况见图1。

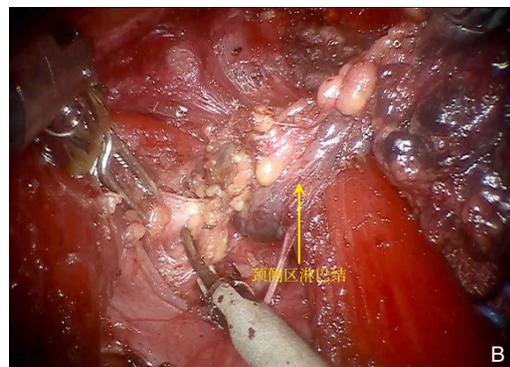
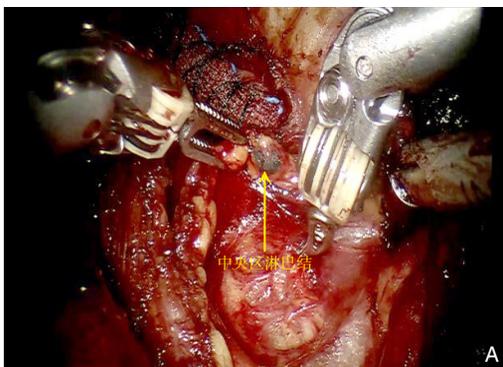


图1 术中照片 A:中央区淋巴结清扫;B:颈侧区淋巴结清扫

Figure 1 Intraoperative views A: Central lymph node dissection; B: Lateral cervical lymph node dissection

1.6 观察指标

分别收集两组患者年龄、性别、肿瘤大小、手术方式、淋巴结清扫范围、中央区淋巴结检出率、中央区淋巴结阳性率、颈侧区淋巴结检出率、颈侧区淋巴结阳性率、被膜是否有肿瘤浸润、

TNM分期(采用2017年第8版美国癌症联合委员会AJCC甲状腺癌TNM分期)、是否合并其他并发症等基本情况。统计术后两组清除淋巴结数量、转移淋巴结数量,术中颈侧区清扫所用时间及清扫后出现并发症的情况。

1.7 统计学处理

所有数据均应用SPSS 26.0软件进行统计描述与推断,其中服从正态或近似正态分布的计量资料以均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间方差齐者比较采用两独立样本 t 检验,组间方差不齐者比较采用校正 t 检验;计数资料采用 χ^2 检验或Fisher精确检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基本信息

本研究中两组患者无严重基础疾病,无妊娠期患者,均达到 R_0 切除,无中转开放手术,无纳米炭过敏者。两组患者两组间的年龄、性别、肿瘤大小、TNM分期、是否浸润被膜等基本情况方面差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$),但淋巴结清扫范围差异有统计学意义($P < 0.05$)(表1)。

2.2 淋巴结检出情况

研究组中央区清扫的淋巴结总数为2 153枚,阳性数目为541枚(25.13%),研究组中央区清扫淋巴结总数1 458枚,阳性数310枚(21.26%)。研究组和对照组在颈侧区清扫出淋巴结总数有差异统计学意义($P < 0.05$),淋巴结检出的阳性数差异无统计学意义($P > 0.05$)。术后病理证实行颈侧区淋巴结转移233例(79.25%),并合并跳跃转移的

1例(仅在II区有1枚淋巴结转移,术前已于超声下使用纳米炭标记),研究组行颈侧区清扫129例,共计清扫淋巴结总数2 031枚,阳性数159枚(7.83%),对照组行颈侧区清扫104例,共计清扫淋巴结总数为1 313枚,阳性数102枚(7.77%)。研究组与对照组两组间的中央区淋巴结清除数及淋巴结阳性数差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)(表2)。

表1 两组患者基本情况分析

Table 1 Analysis of basic information of patients in the two groups

资料	研究组 (n=160)	对照组 (n=134)	t/χ^2	P
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	40.64 \pm 10.70	40.25 \pm 10.02	0.268	0.789
性别[n(%)]				
男	32(20.00)	33(24.63)	1.098	0.273
女	128(80.00)	101(75.37)		
肿瘤大小(cm, $\bar{x} \pm s$)	0.779 \pm 0.570	0.899 \pm 0.641	0.124	0.168
TNM分期[n(%)]				
I	145(90.63)	126(94.03)	1.256	0.210
II	15(9.37)	8(5.97)		
浸润被膜[n(%)]				
是	74(46.25)	45(33.59)	2.488	0.13
否	86(53.75)	89(66.41)		
淋巴结清扫[n(%)]				
单侧中央区	13(8.13)	12(8.96)		
双侧中央区	18(11.25)	18(13.43)	2.852	0.005
中央区+颈侧区	129(80.62)	104(77.61)		

表2 两组平均颈淋巴结检出数与阳性淋巴结数(枚, $\bar{x} \pm s$)

Table 2 Number of cervical lymph nodes and positive lymph nodes detected in the two groups (n, $\bar{x} \pm s$)

组别	中央区淋巴结清除数	中央区淋巴结阳性数	颈侧区淋巴结清除数	颈侧区淋巴结阳性数
研究组	13.46 \pm 5.94	3.38 \pm 3.38	15.21 \pm 10.16	12.63 \pm 6.24
对照组	8.66 \pm 4.65	2.31 \pm 2.60	1.44 \pm 2.12	1.01 \pm 1.69
t	7.602	3.005	2.288	1.676
P	0.000	0.003	0.023	0.095

2.3 淋巴结清扫手术时间

研究组行单侧中央区清扫13例,平均用时(77.08 \pm 11.85) min,行双侧中央区清扫18例,平均用时(128.29 \pm 15.32) min,行中央区+颈侧区清扫129例,平均用时(199.93 \pm 27.12) min。对照组行单侧中央区清扫12例,平均时长(88.83 \pm 10.15) min,行双侧中央区清扫18例,平均时长(160.11 \pm 11.64) min,行中央区+颈侧区清扫104例,平均用时(221.64 \pm 23.17) min。两组行

单侧中央区、双侧中央区淋巴结及中央区+颈侧区淋巴结用时有明显统计学差异(均 $P < 0.05$)(表3)。

2.4 颈侧区淋巴结清扫术后并发症

两组共计出现并发症13例,其中研究组中出现1例淋巴漏的患者,于术后第3天颈部引流液明显增加,使用加压包扎后引流液明显减少,并于术后第9天拔出颈部引流管,超声引导下所示无明显积液。2例患者拔管后颈侧区存在积液,超声引

导下使用 10 mL 空针将其抽出,均于出院前治疗完毕,未见有重要神经血管损伤。对照组中有 4 例患者出现乳糜漏或淋巴漏,其中 2 例加压包扎后恢复良好,其余 2 例分别加压包扎 7 d 与 9 d 无明显好转后使用铜绿假单胞菌注射液治疗,均于出院前恢复。5 例患者颈侧区存在积液,超声引导下使用 10 mL 注射器抽取后于出院前恢复,1 例患者术中探查所示淋巴结与颈内静脉壁粘连,小心剥离后,颈内静脉壁轻度破损,使用 4-0 无损伤线缝合后,观察 10 min,无活动性出血,继续手术。两组间均无出现甲状旁腺的损伤,精细化被膜解剖将甲状旁腺均完整保留,患者术后第 1 天均复查钙、磷、甲状旁腺素 (PTH) 均在正常范围内。因出现并发症的患者较少,研究组与实验组出现并发症无明显统计学意义 ($P>0.05$) (表 4)。

表 3 两组淋巴结清扫手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)

Table 3 Operative time for lymph node dissection in two groups (min, $\bar{x} \pm s$)

组别	单侧中央区	双侧中央区	中央区+颈侧区
研究组(n=160)	77.08±11.85	128.29±15.32	199.93±27.12
对照组(n=134)	88.83±10.15	160.11±11.64	221.64±23.17
<i>t</i>	2.653	7.20	5.534
<i>P</i>	0.014	0.000	0.000

表 4 颈侧区清扫术后并发症 [n (%)]

Table 4 Postoperative complications of lateral neck dissection [n (%)]

组别	乳糜漏或淋巴漏	积液	重要神经或血管损伤
研究组(n=129)	1(0.78)	2(1.55)	0(0.00)
对照组(n=104)	4(3.85)	5(4.81)	1(0.96)
χ^2	2.430	1.932	0.840
<i>P</i>	0.119	0.165	0.359

3 讨论

3.1 纳米炭及其相关研究

纳米炭作为第三代示踪剂,可以用于 PTC 手术,区别于亚甲蓝、吲哚菁绿、盐酸弥托蒽醌等其他示踪剂,其颗粒直径较小,主要由纳米级炭颗粒制成。纳米炭团粒平均直径约为 150 nm,可以通过细淋巴管的内皮间隙(平均直径 120~500 nm),而无法进入毛细血管(30~50 nm),因巨噬细胞的吞噬作用将其吞噬,移行引流至淋巴结中,形成黑染的效果^[10]。对于超声下无法识别的

微小淋巴结也可进行充分染色,使得淋巴结的检出率大幅度增加。纳米炭的注射时间无论是术前或术中均可以达到良好的染色效果^[11],提前 1 d 注射,考虑纳米炭示踪剂弥散效果会更好,染色的效果更充分,并且有效缩短手术时间,同时对临床医生的超声使用水平也有所提升。本研究的研究组中淋巴结染色情况来看,并非所有淋巴结均达到黑染效果,提示在达芬奇机器人甲状腺癌中应用纳米炭示踪剂,并不能只清扫黑染淋巴结,这对术者的经验、水平的要求也很高,韩博强等^[12]通过研究 60 例行达芬奇机器人甲状腺癌患者,发现清除的淋巴结中有 17 枚未能染色,与本研究结论一致。从手术时间上分析,行单侧中央区及双侧中央区的患者手术时间较短,分析原因:(1)中央区淋巴结的位置较为固定,手术范围小且容易暴露视野;(2)术者的熟练度高,相对纳米炭示踪的效果发挥欠佳。行中央区+颈侧区的患者因手术范围较大,淋巴结与颈内静脉等重要的血管及神经联系紧密,故手术时间长,术中易产生并发症等特点,所以纳米炭的效果可以更好发挥,进而缩短清扫的时间,两组数据比较有统计学差异,周广林等^[13]回顾性分析 160 例甲状腺癌患者的手术时间,得出结论为使用纳米炭可以明显缩短术中淋巴结清扫的时间,此结论与本实验观点一致。如今纳米炭示踪剂应用十分广泛,安全性也是多项动物实验中得到认证,胃肠道恶性肿瘤的淋巴结清扫及乳腺癌的前哨淋巴结标记^[14-16]等使用也非常普遍。纳米炭示踪剂对于甲状旁腺的识别也有着重要的作用,因甲状旁腺的颜色、质地与淋巴结及脂肪组织差异不大,其位置的不固定性也导致手术的难度增加^[17],注射纳米炭示踪剂后,可将甲状腺腺体、淋巴结的颜色染黑,而甲状旁腺不接收甲状腺淋巴回流无法将其染色,可达到保护甲状旁腺的作用^[18]。段绪伟等^[19]通过对比分析 80 例甲状腺癌患者,对照组 40 例未注射纳米炭示踪剂,发现有 5 枚甲状旁腺被误切,观察组全部注射纳米炭示踪剂则未出现误切,他认为纳米炭示踪剂对甲状旁腺的保护有重要意义。现阶段对于甲状旁腺的保护,有学者^[20]提出多重联合甲状旁腺保护技术是可以有效减少医源性甲状旁腺损伤的重要措施,其中纳米炭示踪剂的应用是此技术的重点。对于甲状旁腺的保护,笔者认为不仅与纳米炭示踪剂的使用相关,同时也与术者的熟练

度、对解剖结构掌握联系紧密，是防止误切的重要措施，Liu等^[21]通过回顾性分析386例甲状腺癌的患者，其中334例患者使用纳米炭示踪剂，52例未应用，得出结论在甲状腺手术中应用纳米炭示踪剂可以有效显露甲状旁腺及淋巴结，但对于经验丰富、技术熟练的外科医生，其作用价值相对不大。

3.2 中央区及颈侧区淋巴结的清扫

PTC的转移主要是通过淋巴结转移，术中淋巴结的彻底清扫程度成为影响患者预后的主要因素。中央区淋巴结的转移是最常见的，在美国对常规预防性中央区颈淋巴清扫的必要性存在争议，但在中国常规进行^[22]。颈侧区淋巴结的转移是常见的，这里的转移可以体现出肿瘤的生物侵袭性^[23]。熊伟^[24]通过对比516例PTC患者，得出结论对于颈侧区淋巴结检出率有指导意义，对于阳性率尚无明确的潜在意义，与本研究结论一致。黄乃思等^[25]通过前瞻性研究，得出纳米炭示踪颈侧区淋巴结不但可以增加检出率，对阳性率也有积极的作用。通过本研究得出的结论，分析原因主要为：纳米炭示踪剂的染色效果明显，也同时为病理科医生的识别取材提升极大方便^[26]。但有些患者因病情发展时间较长、肿瘤体积较大等情况，淋巴结于术前影像学表现为钙化、结门不清或消失、囊性变等征象，术中则呈现出质地硬、固定以及与周围组织有粘连等表现^[27]。颈侧区淋巴结自身转移数目相对较少，而术中清扫范围相对较大，有些患者中央区淋巴结出现转移后进行预防性清扫，术后病理证实未有转移，使得两组颈侧区阳性率无统计学意义（ $P>0.05$ ），分析原因与肿瘤自身转移性质及多种因素相关，而非应用纳米炭进而改变淋巴结的阳性率。

3.3 颈侧区淋巴结清扫术后并发症

颈侧区淋巴结清扫范围较大、手术难度较中央区淋巴结清扫增加，但因分化型甲状腺癌预后较好，原则上应予以保留重要的血管、神经，但也要根据术中的实际情况采取必要的手术方式。颈内静脉是颈部最重要的血管之一，应予以保留，若出现局部侵犯，可选择切除后修补静脉壁，若出现范围较大侵犯，可选择单侧颈内静脉切除，双侧颈内静脉切除会引起严重脑水肿，威胁生命，故双侧颈内静脉切除要十分慎重^[28]。通过注射纳米炭示踪剂，可以较好体现颈内静脉与周围淋巴

结的关系，对周围组织是否出现侵犯可以做出更好的判断，从而对于术者在术中的操作提供更直观的视觉效果。乳糜漏是颈部淋巴结清扫术中较为严重的并发症，术者对于颈部解剖结构的熟悉及手术操作的方法是避免出现并发症的主要因素，大多数病例可以通过保守治疗恢复，如饮食营养控制、加压包扎、持续负压吸引、局部注射粘连剂等，若出现难治性乳糜漏则可行手术治疗。通过注射纳米炭示踪剂可以更好地明确其解剖结构，对于淋巴管的走向及肿瘤对于淋巴管的损伤或侵犯更有积极的意义，吕春晖等^[29]通过研究分析100例分化型甲状腺癌的患者得出结论，通过注射纳米炭对于肿瘤堵塞或炎症损伤淋巴管的判断有重要意义，对于术后未能造成黑染的淋巴结提供依据。因本研究样本量较少，因而未能得出使用纳米炭示踪剂可以减少并发症的发生。

综上所述，在达芬奇机器人甲状腺癌手术中，应用其三维立体、高清、放大10~15倍的手术视野，以及EndoWrist手术操作臂防止术者抖动，有利于术者于狭小的空间内更好地操作，是目前最先进的内镜手术系统^[30]，其精准解剖的效果，对于神经、血管的识别、保护等存在明显的优势。本研究将机器人手术系统结合纳米炭负显影技术，研究表明可以显著提高中央区、颈侧区淋巴结数目及中央区淋巴结阳性数，并可以缩短手术时间，但对于颈侧区淋巴结清除的阳性数没有明确提升，对于并发症的保护无肯定作用。本研究具有局限性，为回顾性单中心研究，需要前瞻性多中心的研究分析以验证本研究的准确性。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] Zhao WJ, Luo H, Zhou YM, et al. Preoperative ultrasound-guided carbon nanoparticles localization for metastatic lymph nodes in papillary thyroid carcinoma during reoperation: a retrospective cohort study[J]. *Medicine*, 2017, 96(10): e6285. doi: 10.1097/MD.00000000000006285.
- [2] Zhang X, Shen YP, Li JG, et al. Clinical feasibility of imaging with indocyanine green combined with carbon nanoparticles for sentinel lymph node identification in papillary thyroid microcarcinoma[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(36): e16935. doi: 10.1097/MD.00000000000016935.

- [3] Yu WB, Zhu LJ, Xu GH, et al. Potential role of carbon nanoparticles in protection of parathyroid glands in patients with papillary thyroid cancer[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(42): e5002. doi: 10.1097/MD.0000000000005002.
- [4] Kang SW, Jeong JJ, Yun JS, et al. Robot-assisted endoscopic surgery for thyroid cancer: experience with the first 100 patients[J]. *Surg Endosc*, 2009, 23(11):2399–2406. doi: 10.1007/s00464-009-0366-x.
- [5] Park CH, Song CM, Ji YB, et al. Significance of the extracapsular spread of metastatic lymph nodes in papillary thyroid carcinoma[J]. *Clin Exp Otorhinolaryngol*, 2015, 8(3): 289–294. doi: 10.3342/ceo.2015.8.3.289.
- [6] Zhang DQ, Fu YT, Dionigi G, et al. A randomized comparison of carbon nanoparticles in endoscopic lymph node dissection via the bilateral areola approach for papillary thyroid cancer[J]. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 2020, 30(4): 291–299. doi: 10.1097/SLE.0000000000000793.
- [7] 高峰, 吴迟. 纳米炭混悬注射液在甲状腺癌手术中的应用效果研究[J]. *数理医药学杂志*, 2016, 29(6): 849–850. doi: 10.3969/j.issn.1004-4337.2016.06.028.
- Gao F, Wu C. Research on the Application Effect of Nano Carbon Suspension Injection in Thyroid Cancer Surgery[J]. *Journal of Mathematical Medicine*, 2016, 29(6): 849–850. doi: 10.3969/j.issn.1004-4337.2016.06.028.
- [8] 贺青卿, 朱见, 范子义, 等. 达芬奇机器人行甲状腺癌颈侧区清扫的临床研究[J]. *中华腔镜外科杂志: 电子版*, 2016, 9(4):212–216. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-6899.2016.04.006.
- He QQ, Zhu J, Fan ZY, et al. Clinical study of robotic lateral neck dissection by bilateral axilla-breast approach for differentiated thyroid carcinoma[J]. *Chinese Journal of Laparoscopic Surgery Electronic Edition*, 2016, 9(4): 212–216. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-6899.2016.04.006.
- [9] 刘晓岭, 韩彬, 吴卫文, 等. 甲状腺癌术前超声引导下甲状腺内纳米炭注射 47 例经验报告[J]. *中国实用外科杂志*, 2014, 34(s1): 7–9.
- Liu XL, Han B, Wu WW, et al. Experience of preoperative ultrasound-guided carbon nanoparticles thyroid injection in thyroid carcinoma surgery: an analysis of 47 cases[J]. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2014, 34(S1):7–9.
- [10] He J, Zhang CJ, Zhang ZY, et al. Evaluation of the clinical value of carbon nanoparticles in endoscopic thyroidectomy and prophylactic central neck dissection through total mammary areolas approach for thyroid cancer[J]. *World J Surg Oncol*, 2021, 19(1):320. doi: 10.1186/s12957-021-02427-8.
- [11] 朱精强, 汪洵理, 魏涛, 等. 纳米炭甲状旁腺负显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 Using Carbon Nanoparticles[J]. *Chinese Journal of Bases and Clinics in General Surgery*, 2013, 20(9):992–994. doi: 10.7507/1007-9424.20130250.
- [12] 韩博强, 马有伟, 于建平, 等. 纳米炭示踪剂在达芬奇机器人甲状腺癌根治术中的应用[J]. *肿瘤防治研究*, 2020, 47(4):288–293. doi: 10.3971/j.issn.1000-8578.2020.19.1143.
- Han BQ, Ma YW, Yu JP, et al. Application of nano-carbon tracer in da Vinci robot-assisted radical thyroidectomy[J]. *Cancer Research on Prevention and Treatment*, 2020, 47(4):288–293. doi: 10.3971/j.issn.1000-8578.2020.19.1143.
- [13] 周广林, 谭雅文, 陈伟财, 等. 纳米炭示踪剂在甲状腺癌 ERAS 中的应用价值[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2018, 18(7):26–27. doi: 10.19613/j.cnki.1671-3141.2018.7.014.
- Zhou GL, Tan YW, Chen WC, et al. Application value of carbon nano tracer in thyroid carcinoma ERAS[J]. *World Latest Medicine Information*, 2018, 18(7): 26–27. doi: 10.19613/j.cnki.1671-3141.2018.7.014.
- [14] Liu PC, Tan J, Tan QW, et al. Application of carbon nanoparticles in tracing lymph nodes and locating tumors in colorectal cancer: a concise review[J]. *Int J Nanomedicine*, 2020, 15:9671–9681. doi: 10.2147/IJN.S281914.
- [15] 李佰营, 王直, 姬生威, 等. 纳米炭示踪技术在胃癌根治术中的应用[J]. *现代肿瘤医学*, 2012, 20(8): 1673–1674. doi: 10.3969/j.issn.1672-4992.2012.08.47.
- Li BY, Wang Z, Ji SW, et al. Clinical Use of Carbon Nanoparticles Tracer in gastrectomy for gastric cancer[J]. *Journal of Modern Oncology*, 2012, 20(8): 1673–1674. doi: 10.3969/j.issn.1672-4992.2012.08.47.
- [16] 范林军, 钟玲, 郭德玉, 等. 纳米炭对乳腺癌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): 313–321. 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 Edition*, 2010, 4(3):313–321. doi: 10.3969/j.issn.1674-0807.2010.03.012.
- [17] 任明, 高国宇, 郭嵩. 纳米炭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 carbon nanoparticles on parathyroid gland in thyroid cancer surgery[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2017, 26(11): 1489–1493. doi: 10.3978/j.issn.1005-6947.2017.11.019.
- [18] Khairy GA, Al-Saif A. Incidental parathyroidectomy during thyroid

- resection: incidence, risk factors, and outcome[J]. *Ann Saudi Med*, 2011, 31(3): 274–278. doi: 10.4103/0256-4947.81545.
- [19] 段绪伟, 李真龙, 许坚. 纳米炭示踪剂在甲状腺癌根治术中的应用[J]. *中国普通外科杂志*, 2015, 24(5): 638–642. doi: 10.3978/j.issn.1005-6947.2015.05.004.
- Duan XW, Li ZL, Xu J. Application of carbon nanoparticle tracer in radical neck dissection for thyroid cancer[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2015, 24(5): 638–642. doi: 10.3978/j.issn.1005-6947.2015.05.004.
- [20] 朱少问, 周立. 多重联合甲状旁腺保护技术在甲状腺根治性全切除术中的应用[J]. *中国普通外科杂志*, 2021, 30(5): 627–632. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2021.05.017.
- Zhu SW, Zhou L. Application value of combination of multiple parathyroid protection techniques in radical total thyroidectomy[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2021, 30(5): 627–632. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2021.05.017.
- [21] Liu JS, Xu CW, Wang R, et al. Do carbon nanoparticles really improve thyroid cancer surgery? A retrospective analysis of real-world data[J]. *World J Surg Oncol*, 2020, 18(1): 1–9. doi: 10.1186/s12957-020-01852-5.
- [22] Zhang X, Li JG, Zhang SZ, et al. Comparison of indocyanine green and carbon nanoparticles in endoscopic techniques for central lymph nodes dissection in patients with papillary thyroid cancer[J]. *Surg Endosc*, 2020, 34(12): 5354–5359. doi: 10.1007/s00464-019-07326-4.
- [23] Ito Y, Miyauchi A. Lateral lymph node dissection guided by preoperative and intraoperative findings in differentiated thyroid carcinoma[J]. *World J Surg*, 2008, 32(5): 729–739. doi: 10.1007/s00268-007-9315-9.
- [24] 熊伟. 纳米炭对cN0甲状腺癌预防性颈侧区淋巴结清扫的指导作用探讨[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2020. doi: 10.27674/d.cnki.gcyku.2020.000232.
- Xiong W. Guiding role of nano-carbon in the prevention of cervical lymph node dissection in cN0 thyroid cancer[D]. Chongqing: Chongqing Medical University, 2020. doi: 10.27674/d.cnki.gcyku.2020.000232.
- [25] 黄乃思, 马奔, 官青, 等. 示踪甲状腺乳头状癌侧颈淋巴结的前瞻性研究[J]. *中国肿瘤临床*, 2018, 45(20): 1053–1056. doi: 10.3969/j.issn.1000-8179.2018.20.675.
- Huang NS, Ma B, Guan Q, et al. Lateral cervical lymph node mapping in papillary thyroid carcinoma: a prospective cohort study[J]. *Chinese Journal of Clinical Oncology*, 2018, 45(20): 1053–1056. doi: 10.3969/j.issn.1000-8179.2018.20.675.
- [26] Liu Y, Li L, Yu J, et al. Carbon nanoparticle lymph node tracer improves the outcomes of surgical treatment in papillary thyroid cancer[J]. *Cancer Biomark*, 2018, 23(2): 227–233. doi: 10.3233/CBM-181386.
- [27] 杨洁, 杨亚英. 颈部淋巴结病变的影像学诊断进展[J]. *实用放射学杂志*, 2008, 24(10): 1421–1425. doi: 10.3969/j.issn.1002-1671.2008.10.037.
- Yang J, Yang YY. Imaging advances in diagnosis of cervical lymph node lesions[J]. *Journal of Practical Radiology*, 2008, 24(10): 1421–1425. doi: 10.3969/j.issn.1002-1671.2008.10.037.
- [28] 徐震纲, 刘绍严. 分化型甲状腺癌颈侧区淋巴结清扫专家共识(2017版)[J]. *中国实用外科杂志*, 2017, 37(9): 985–991. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2017.09.13.
- Xu ZG, Liu SY. Expert consensus on cervical lymph node dissection for differentiated thyroid carcinoma (2017 edition) [J]. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2017, 37(9): 985–991. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2017.09.13.
- [29] 吕春晖, 陈海珍, 沈晓卉, 等. 纳米炭在双甲全切加双侧中央区淋巴结清扫术中的临床应用[J]. *中华内分泌外科杂志*, 2017, 11(1): 34–39. doi: 10.3760/cma.j.issn.1674-6090.2017.01.009.
- Lü CH, Chen HZ, Shen XH, et al. Clinical application of carbon nanoparticles in patients with thyroid carcinoma undergoing total thyroidectomy plus bilateral central neck dissection[J]. *Chinese Journal of Endocrine Surgery*, 2017, 11(1): 34–39. doi: 10.3760/cma.j.issn.1674-6090.2017.01.009.
- [30] 贺青卿, 朱见, 范子义, 等. 达芬奇机器人腋乳径路与传统开放手术治疗甲状腺微小癌的对照研究[J]. *中华外科杂志*, 2016, 54(1): 51–55. doi: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2016.01.013.
- He QQ, Zhu J, Fan ZY, et al. Robotic thyroidectomy with central neck dissection using axillo-bilateral-breast approach: a comparison to open conventional approach[J]. *Chinese Journal of Surgery*, 2016, 54(1): 51–55. doi: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2016.01.013.

(本文编辑 姜晖)

本文引用格式: 刘旭, 于芳, 王刚, 等. 纳米炭示踪剂在机器人甲状腺癌淋巴结清扫中的应用[J]. *中国普通外科杂志*, 2022, 31(11): 1445–1452. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2022.11.006

Cite this article as: Liu X, Yu F, Wang G, et al. Application carbon nanoparticle tracer for lymph node dissection in robotic thyroidectomy[J]. *Chin J Gen Surg*, 2022, 31(11): 1445–1452. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2022.11.006