

## ·甲状腺及甲状旁腺专题论著·

超声引导下注射纳米炭在甲状腺癌再次手术  
颈淋巴结清扫中的应用周月<sup>1</sup> 王刚<sup>2</sup> 于芳<sup>2</sup> 胥浩<sup>1</sup> 程振宇<sup>3</sup> 范子义<sup>2</sup> 曹宪姣<sup>2</sup> 李忠慧<sup>1</sup> 贺青卿<sup>2</sup><sup>1</sup>山东中医药大学第一临床医学院, 济南 250000; <sup>2</sup>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, 济南 250000; <sup>3</sup>东明县渔沃街道办事处卫生院, 菏泽 274000

通信作者: 贺青卿, Email: heqingqing@yeah.net

**【摘要】 目的** 探讨术前超声引导下注射纳米炭混悬液在甲状腺癌再次手术颈淋巴结清扫中的有效性。**方法** 回顾性分析2019年1月至2024年9月解放军第九六〇医院甲状腺乳腺外科同一医师团队收治甲状腺癌再手术94例。初次手术范围不同分为再次规范清扫组、区域淋巴结清扫组和转移淋巴结切除组, 术前是否注射纳米炭再将各组分为纳米炭组和对照组。采用 $t$ 检验、 $\chi^2$ 检验、非参数检验, 比较三组中纳米炭组和对照组的年龄、性别、手术方式、手术时间、淋巴结检出总数、淋巴结阳性检出率。**结果** 三组在年龄、性别、手术方式、淋巴结检出总数等方面比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ ), 再次规范清扫组中纳米炭组手术时间与对照组相比, 差异无统计学意义( $P>0.05$ ); 区域淋巴结清扫组和转移淋巴结切除组中纳米炭组手术时间短于对照组, 差异有统计学意义(均 $P<0.05$ ); 三组中纳米炭组淋巴结阳性检出率均高于对照组, 差异有统计学意义(均 $P<0.05$ )。**结论** 在甲状腺癌再次颈部淋巴结清扫手术中, 术前超声引导下注射纳米炭可精准定位淋巴结, 提高淋巴结阳性检出率, 降低手术操作难度, 缩短手术时间。

**【关键词】** 甲状腺; 超声引导; 纳米炭; 甲状腺乳头状癌; 再次手术; 淋巴结清扫

**基金项目:** 山东省自然科学基金青年项目(ZR2022QH096); 中国人民解放军联勤保障部队医学重点学科基金资助项目; 军队中医药服务能力培育与提升专项面上项目(2023ZY059)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115807-20240709-00236

**Application of ultrasound-guided injection of carbon nanoparticle in cervical lymph node dissection for thyroid cancer reoperation** Zhou Yue<sup>1</sup>, Wang Gang<sup>2</sup>, Yu Fang<sup>2</sup>, Xu Hao<sup>1</sup>, Cheng Zhenyu<sup>3</sup>, Fan Ziyi<sup>2</sup>, Cao Xianjiao<sup>2</sup>, Li Zhonghui<sup>1</sup>, He Qingqing<sup>2</sup>

<sup>1</sup>First School of Clinical Medicine, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250000, China; <sup>2</sup>Department of Thyroid and Breast Surgery, the 960th Hospital of the PLA Joint Logistics Support Force, Jinan 250000, China; <sup>3</sup>Dongming County Yuwo Street Office Health Center, Heze 274000, China

Corresponding author: He Qingqing, Email: heqingqing@yeah.net

**【Abstract】 Objective** To investigate the efficacy of preoperative ultrasound-guided injection of carbon nanoparticle suspension in cervical lymph node dissection for thyroid cancer reoperation. **Methods** Ninety-four patients undergoing reoperation for thyroid cancer admitted by the same physician team of the Department of Thyroid and Breast Surgery of the Ninety-sixty Hospital of the People's Liberation Army (PLA) from Jan. 2019 to Sep. 2024 were retrospectively analyzed. According to the different scope of the initial surgery, they were divided into the re-specification clearance group, the regional lymph node clearance group, and the metastatic lymph node dissection group, and the groups were subdivided into the carbon nanoparticle group and the control group according to whether they were injected with carbon nanoparticle before the surgery or not. The  $t$ -test,  $\chi^2$ -test, and non-parametric test were used to compare the age, gender, surgical method, duration of surgery, total number of lymph nodes detected, and positive lymph node detection rate between the nano-charcoal group and the control group in the three groups. **Results** There was no statistically significant difference between the three groups in terms of age, gender, surgical methods, or the total number of lymph nodes detected (all  $P>0.05$ ), and the difference between the surgical time of the carbon nanoparticle group in the re-regulation clearance group and the control group was not statistically significant ( $P>0.05$ ); the surgical time of the carbon nanoparticle group was shorter than that of the control group in both the regional lymph node clearance and the metastatic lymph node dissection groups, and the difference was statistically significant (all  $P<0.05$ ); the positive detection rate of lymph nodes in the carbon

nanoparticle group was higher than that in the control group among the three groups, and the difference was statistically significant (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** In the operation of cervical lymph node dissection for papillary thyroid cancer, preoperative ultrasound-guided injection of carbon nanoparticle can accurately localize the lymph nodes, increase the positive detection rate of lymph nodes, reduce the difficulty of surgical operation, and shorten the operation time.

**【Key words】** Thyroid; Ultrasound guidance; Carbon nanoparticle; Papillary thyroid carcinoma; Re-operation; Lymph node dissection

**Fund program:** Youth Program of Natural Science Foundation of Shandong Province (ZR2022QH096); Key Medical Discipline Project of Joint Logistics Support Force of the People's Liberation Army of China; General Program of the Military Traditional Chinese Medicine Service Capability Cultivation and Enhancement Special Project (2023ZY059)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115807-20240709-00236

甲状腺癌是内分泌系统最常见的恶性肿瘤,分化型甲状腺癌约占所有甲状腺癌的80%~90%<sup>[1]</sup>,其中甲状腺乳头状癌(papillary thyroid carcinoma, PTC)最为多见,多发生颈部淋巴结转移(lymph node metastasis, LNM),存在LNM早、转移率高的特点,手术是其主要治疗方式。大部分患者经手术、<sup>131</sup>I放疗及内分泌等治疗后预后良好<sup>[2]</sup>,但仍有30%<sup>[3]</sup>患者术后出现复发,复发性甲状腺癌包括局部复发、颈部LNM及远处转移<sup>[4]</sup>,以颈部LNM最为多见,约占复发性甲状腺癌74%<sup>[5]</sup>。对发生颈部LNM这部分患者,再次手术仍是其首选治疗方法<sup>[6]</sup>。大部分患者经历初次手术后,颈部瘢痕增生严重,正常解剖结构破坏,术中淋巴结清扫难度显著增加,血管、神经损伤风险相应增大,再次手术整体时间延长。而术前超声引导下注射纳米炭可实现对转移淋巴结的精准定位,提高淋巴结阳性检出率,同时有效缩短术中淋巴结探查时间,提高手术效率。本研究通过术前超声引导下将纳米炭混悬液应用于因甲状腺再次手术患者,探讨其在颈部淋巴结清扫中的有效性。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析2019年1月至2024年9月解放军第九六〇医院甲状腺乳腺外科同一医师团队收治的因甲状腺癌术后颈部淋巴结转移行再手术治疗的94例病例资料。根据初次手术范围不同,分为再次规范清扫组16例、区域淋巴结清扫组20例和转移淋巴结切除组58例,初次手术行甲状腺全切+中央区淋巴结清扫,术后侧区发生LNM者纳为再次规范清扫组;初次手术行甲状腺全切+中央区+侧区淋巴结清扫,术后转移淋巴结未在清扫范围内患者纳入区域淋巴结清扫组;初次手术行甲状腺全

切+中央区+侧区淋巴结清扫,术后转移淋巴结在初次手术清扫范围内患者纳为淋巴结切除组。根据术前是否注射纳米炭再将各组分为纳米炭组和对照组。分别统计各组注射纳米炭与未注射纳米炭患者的年龄、性别、手术方式、手术时间、淋巴结检出总数、淋巴结阳性检出率。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];所有患者均签署知情同意书。

### 1.2 纳入标准与排除标准

纳入标准:①拟行颈部淋巴结清扫术的甲状腺癌术后复发患者;②术前超声或CT等影像学检查提示有颈部LNM并经细针穿刺明确;③术后病理明确诊断为PTC;④手术方式为传统开放性手术;⑤患者及家属术前签字同意注射纳米炭混悬液。排除标准:①术后病理明确为其他类型肿瘤患者;②颈部淋巴结清扫术并行甲状腺残叶切除患者;③手术方式为腔镜或机器人辅助下进行。

### 1.3 术前超声引导下注射纳米炭

术前1 d,所有患者均在超声引导下作转移淋巴结的体表定位标识,纳米炭组由穿刺医师对已证实转移的淋巴结行超声引导下纳米炭注射,选取1 mL注射器抽取约0.1~0.2 mL纳米炭,更换5 mL注射器针头在超声引导下进行注射,注射完成后负压回抽细针以防皮肤黑染,用纱布轻压注射点10 min防止纳米炭外溢。对照组不进行纳米炭注射。

### 1.4 手术方法

所有患者均采取常规开放手术方式,在气管插管全身麻醉下行颈部淋巴结清扫术,手术过程中注意保护神经血管,记录手术开始及结束时间,术中清扫可疑阳性淋巴结送检病理科,记录术中淋巴结检出数目及阳性数目,术后标本送检病理科,记录检出淋巴结总数(图1)。

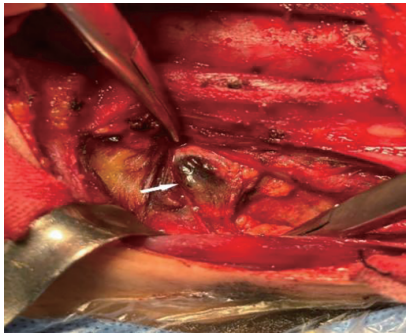


图1 甲状腺癌术后颈部淋巴结转移患者行颈侧区转移淋巴结切除术,术中所见黑染淋巴结

1.5 统计学分析

应用SPSS 25.0软件对数据进行统计学分析。正态分布的计量资料以平均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较采用 $t$ 检验。偏态分布的计量资料以M(Q1,Q3)表示,组间比较采用非参数检验。计数资料采用例数(%)表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。当 $P < 0.05$ 时,差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 再次规范清扫组

再次规范清扫组患者共16例,再次手术方式均为单侧颈淋巴结清扫术,两组性别、年龄、淋巴结清扫数目、手术时间比较,差异均无统计学意义;纳米炭组淋巴结阳性检出率高于对照组,差异有统计学意义(表1,视频1)。



颈淋巴结再次规范清扫术一例  
扫描二维码,观看视频1

2.2 区域淋巴结清扫组

区域淋巴结清扫组患者共20例,再次手术方式均为单侧颈淋巴结清扫术;两组性别、年龄、淋巴结清扫数目比较,差异均无统计学意义;纳米炭组淋巴结阳性检出率高于对照组,手术时间短于对照组,差异有统计学意义(表2)。

2.3 转移淋巴结清扫组

转移淋巴结清扫组共58例,再次手术方式分单侧和双侧颈淋巴结清扫术;纳米炭组与对照组在性别、年龄、淋巴结清扫数目比较,差异均无统计学意义;淋巴结阳性检出率纳米炭组均高于对照组,手术时间纳米炭组均短于对照组,差异有统计学意义(表3)。

3 讨论

因国内医疗资源发展不平衡、手术不规范、 $^{131}\text{I}$ 放疗不敏感<sup>[7-8]</sup>等问题持续存在,甲状腺癌手术虽已普遍开展但仍存在较高的复发、转移风险。初次手术后,患者术区瘢痕增生严重,解剖结构改变,且部分淋巴结相对隐匿,使得再手术难度与风险普遍增大<sup>[9]</sup>。如何使甲状腺癌再次颈清手术更加简便安全,降低复发风险,是医务人员面临的一大难题。

3.1 纳米炭技术原理与应用

纳米炭混悬液中发挥关键作用的是活性炭颗粒,因其特殊的直径大小,可渗透进入淋巴管<sup>[9]</sup>,聚集在淋巴结内,使淋巴结黑染,即使是一些小而隐蔽的淋巴结也能被染色<sup>[11]</sup>,且有效染色时间长达数月,后期可通过肺部和肠道排出体外<sup>[12]</sup>。作为一种

表1 两组甲状腺癌术后颈部淋巴结转移患者行颈侧区再次规范清扫术情况比较

| 组别   | 例数 | 性别[例(%)]          |         | 平均年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ ) | 淋巴结阳性检出率(枚, %)    | 清扫数目[枚, M(P25, P75)] | 时间[ $\text{min}$ , M(P25, P75)] |
|------|----|-------------------|---------|---------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------|
|      |    | 男                 | 女       |                           |                   |                      |                                 |
| 纳米炭组 | 8  | 1(12.5)           | 7(87.5) | 45.63±14.35               | 28/39(71.79)      | 24.0(16.5, 29.5)     | 120.0(105.0, 150.5)             |
| 对照组  | 8  | 2(25.0)           | 6(45.0) | 47.67±11.19               | 13/30(43.33)      | 18.0(11.0, 29.5)     | 151.0(95.0, 227.5)              |
| 统计值  |    | 0.41 <sup>a</sup> |         | -0.33 <sup>b</sup>        | 6.34 <sup>a</sup> | -0.95 <sup>c</sup>   | -0.79 <sup>c</sup>              |
| P值   | -  | 0.522             |         | 0.747                     | 0.012             | 0.344                | 0.429                           |

注:<sup>a</sup>为 $\chi^2$ 值,<sup>b</sup>为 $t$ 值,<sup>c</sup>为 $Z$ 值

表2 两组甲状腺癌术后颈部淋巴结转移患者行颈侧区区域淋巴结清扫术情况比较

| 组别   | 例数 | 性别[例(%)]          |          | 平均年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ ) | 淋巴结阳性检出率(枚, %)    | 清扫数目[枚, M(P25, P75)] | 时间[ $\text{min}$ , M(P25, P75)] |
|------|----|-------------------|----------|---------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------|
|      |    | 男                 | 女        |                           |                   |                      |                                 |
| 纳米炭组 | 11 | 7(63.64)          | 4(36.36) | 41.73±13.12               | 24/36(66.67)      | 16.0(7.0, 19.0)      | 110(95, 122)                    |
| 对照组  | 9  | 4(44.44)          | 5(55.56) | 47.67±11.19               | 23/48(47.92)      | 11.0(7.5, 28.0)      | 127(112, 151)                   |
| 统计值  |    | 0.73 <sup>a</sup> |          | -1.07 <sup>b</sup>        | 4.18 <sup>a</sup> | -0.04 <sup>c</sup>   | -2.02 <sup>c</sup>              |
| P值   | -  | 0.391             |          | 0.297                     | 0.041             | 0.970                | 0.044                           |

注:<sup>a</sup>为 $\chi^2$ 值,<sup>b</sup>为 $t$ 值,<sup>c</sup>为 $Z$ 值



表3 两组甲状腺癌术后颈部淋巴结转移患者行颈侧区转移淋巴结清扫术情况比较

| 组别   | 例数 | 性别[例(%)]          |           | 年龄<br>(岁, $\bar{x}\pm s$ ) | 手术方式[例(%)]        |           | 淋巴结阳性检出率(枚, %)    |                   |
|------|----|-------------------|-----------|----------------------------|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|
|      |    | 男                 | 女         |                            | 单侧                | 双侧        | 单侧                | 双侧                |
| 纳米炭组 | 29 | 11(37.93)         | 18(62.07) | 54.27 $\pm$ 10.23          | 15(51.72)         | 14(48.28) | 28/45(62.22)      | 46/66(69.70)      |
| 对照组  | 29 | 7(24.14)          | 22(75.86) | 53.66 $\pm$ 10.70          | 18(62.07)         | 11(37.93) | 26/61(42.62)      | 23/66(34.85)      |
| 统计值  |    | 1.29 <sup>a</sup> |           | -0.32 <sup>b</sup>         | 0.63 <sup>a</sup> |           | 3.98 <sup>a</sup> | 4.45 <sup>a</sup> |
| P值   | -  | 0.256             |           | 0.748                      | 0.426             |           | 0.046             | 0.035             |

| 组别   | 例数 | 清扫数目[枚, M(P25, P75)] |                     | 时间[min, M(P25, P75)]   |                        |
|------|----|----------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
|      |    | 单侧                   | 双侧                  | 单侧                     | 双侧                     |
| 纳米炭组 | 29 | 7(5, 9)              | 18.50(9.00, 28.25)  | 90.00(75.00, 104.00)   | 152.50(129.75, 169.50) |
| 对照组  | 29 | 8(5, 11)             | 35.00(25.00, 35.00) | 122.00(104.50, 132.75) | 172.00(160.00, 180.00) |
| 统计值  |    | -1.13 <sup>c</sup>   |                     | -3.31 <sup>c</sup>     | -2.25 <sup>c</sup>     |
| P值   | -  | 0.259                |                     | 0.001                  | 0.025                  |

注:<sup>a</sup>为 $\chi^2$ 值,<sup>b</sup>为t值,<sup>c</sup>为Z值

新型示踪技术,纳米炭因染色方便、安全无毒、淋巴趋向性高<sup>[13-14]</sup>的独特优势,在甲状腺癌手术中被广泛应用。大量研究表明,纳米炭在甲状腺初次手术中可以提高淋巴结清扫彻底性、有效保护甲状旁腺、降低术后并发症发生<sup>[15]</sup>。而针对纳米炭在甲状腺癌再次手术中的临床效果,国内外研究较少,缺乏大量临床数据。

3.2 国内研究进展

目前,国内研究从不同角度探讨关于纳米炭应用于甲状腺癌再次手术的相关问题,赵婉君等<sup>[16]</sup>在对甲状腺癌再手术患者的自体对照研究中发现,与传统手术方式相比应用纳米炭染色后手术时间更短,被纳米炭染色的LNM率更高,非目标淋巴结的检出率也更高;张超杰和范培芝等<sup>[17]</sup>在对甲状腺残叶切除术患者的研究中发现,纳米炭组患者清扫淋巴结数目更多,术后甲状旁腺功能减退的并发症发生率更低。

3.3 本研究结果

本研究中,我们首次针对PTC术后因颈部淋巴结继发恶性肿瘤需再次手术的病例,在术前超声引导下注射纳米炭对转移淋巴结行染色标记,从而指导后续手术中对淋巴结的定位。结果显示,在区域淋巴结清扫组与转移淋巴结切除组中,纳米炭组手术用时更短,术中淋巴结阳性检出率更高,上述结果与赵婉君等<sup>[16]</sup>研究结果相一致,分析原因在于对照组仅凭医师经验行常规手术清扫,淋巴结难以分辨,而纳米炭组术中肉眼清晰可见黑染淋巴结,可实现对淋巴结的精准定位。而在淋巴结检出总数方面,纳米炭组与对照组均未见明显差异,与张超杰和范培芝<sup>[17]</sup>研究发现纳米炭组相较于对照组被检出的淋巴结数量更多结果不符,分析可能是

LNM程度不同所致。本研究再次规范清扫组中,纳米炭组与对照组手术时间未见明显差异,分析可能与LNM程度及清扫淋巴结数目有关。

另外,本研究中有23例术中发现淋巴结周围组织黑染,分析原因可能与纳米炭用量有关。本研究中纳米炭用量为0.1~0.2 mL,当患者转移淋巴结较小时可能发生纳米炭的外溢,以后研究中可对较小淋巴结注射更少的用量来实现更精准定位。有6例患者出现皮肤黑染,手术时间均处于技术开展早期。注意退针时保持负压抽取并在皮下组织无血管区做轻柔擦拭,可有效避免。

3.4 不足与展望

本研究仍存在一些不足之处,包括样本量偏少和影响因素缺乏(如病理科分检、瘢痕增生等因素),未来临床仍需进一步扩大样本数量、提升循证医学证据,将更多影响因素纳入研究,确保本文研究结果更加准确。

结合本研究与国内外其他相关研究,本研究认为在甲状腺癌再次颈部淋巴结清扫手术中,术前超声引导下注射纳米炭可实现对淋巴结准确定位,缩短淋巴结探查时间,进一步缩短手术时间,提高手术效率;有效降低瘢痕增生、组织黏连及解剖结构破坏等因素对再次手术操作的影响,降低手术难度;有利于与周围组织相辨别,减少组织损伤,降低周围血管、神经损伤风险,提高手术安全性;有效提高淋巴结阳性检出率,提高手术精准性;一些小而隐匿的淋巴结也能黑染,避免遗漏,降低术后复发风险,增加手术彻底性<sup>[19]</sup>。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 周月:论文撰写、统计学分析;王刚、于芳:研究指导、论文修改;胥浩、程振宇:采集数据;范子义、曹宛姣:研究指导;李忠慧:统计学分析;贺青卿:研究指导、论文修改、经费支持

## 参 考 文 献

- [1] Rahib L, Smith BD, Aizenberg R, et al. Projecting cancer incidence and deaths to 2030: the unexpected burden of thyroid, liver, and pancreas cancers in the United States[J]. *Cancer Res*, 2014, 74(11):2913-2921. DOI: 10.1158/0008-5472.CAN-14-0155.
- [2] 于芳, 范子义, 马韵涵, 等. 甲状腺癌化学治疗研究综述[J]. *中华内分泌外科杂志*, 2023, 17(1):117-119. DOI: 10.3760/cma.j.cn.115807-20211210-00379.  
Yu F, Fan ZY, Ma YH, et al. Review of advances in chemotherapy for thyroid cancer[J]. *Chin J Endocr Surg*, 2023, 17(1):117-119. DOI: 10.3760/cma.j.cn.115807-20211210-00379.
- [3] 邓罕, 童创, 王建国, 等. 甲状腺再手术患者39例临床分析[J]. *中国基层医药*, 2014, 14(14):2099-2101. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-6706.2014.14.008.  
Deng H, Tong C, Wang JG, et al. Clinical analysis of 39 cases with reoperation for thyroid[J]. *Chin J Primary Med Pharm*, 2014, 14(14):2099-2101. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-6706.2014.14.008.
- [4] Mazzaferri EL, Jhiang SM. Long-term impact of initial surgical and medical therapy on papillary and follicular thyroid cancer[J]. *Am J Med*, 1994, 97(5):418-428. DOI: 10.1016/0002-9343(94)90321-2.
- [5] 张静, 陈畅, 杨仪, 等. 分化型甲状腺癌术后持续性和(或)复发性颈部淋巴结转移的诊疗[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2022, 46(11):692-696. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202202004-00241.  
Zhang J, Chen C, Yang Y, et al. Diagnosis and treatment of post-operative persistent/recurrent cervical lymph nodes metastases in differentiated thyroid cancer[J]. *Int J Radiat Med Nucl Med*, 2022, 46(11):692-696. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202202004-00241.
- [6] Crinology Branch of the Chinese Medical Association, Thyroid and Metabolic Surgery Group of the Surge ry Society of the Chinese Medical Association, Head and Neck Tumor Professional Committee of China Anti Cancer Association, et al. Guidelines for the diagnosis and management of thyroid nodules and differentiated thyroid cancer (second edition)[J]. *Chin J Endocrinol Metab*, 2023, 39(3):181-226. DOI: 10.3760/cma.j.cn311282-20221023-00589.
- [7] Otsuki N, Shimoda H, Morita N, et al. Salvage surgery for structural local recurrence of papillary thyroid cancer: recurrence patterns and surgical outcome[J]. *Endocr J*, 2020, 67(9):949-956. DOI: 10.1507/endocrj.EJ20-0152.
- [8] 赵凤群, 易展雄, 阎静, 等. 超声 PSV, PI, RI 对甲状腺癌淋巴结转移的预测价值研究[J]. *河北医药*, 2024, 46(21):3268-3271. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7386.2024.21.014.  
Zhao FQ, Yi ZX, Yan J, et al. Value of peak systolic velocity and pulsatility index and resistance index in predicting lymph node metastasis of thyroid cancer[J]. *Hebei Med J*, 2024, 46(21):3268-3271. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7386.2024.21.014.
- [9] Roh JL, Kim JM, Park CI. Central compartment reoperation for recurrent/persistent differentiated thyroid cancer: patterns of recurrence, morbidity, and prediction of postoperative hypocalcemia[J]. *Ann Surg Oncol*, 2011, 18(5):1312-1318. DOI: 10.1245/s10434-010-1470-9.
- [10] 李红强, 殷德涛, 王勇飞, 等. 纳米碳混悬液在甲状腺乳头状癌中央区淋巴结清扫中疗效评价[J]. *中华内分泌外科杂志*, 2015, 9(5):398-400. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-6090.2015.05.012.  
Li HQ, Yin DT, Wang YF, et al. Carbon nanoparticles in central lymph node dissection in treatment of papillary thyroid carcinoma[J]. *Chin J Endocr Surg*, 2015, 9(5):398-400. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-6090.2015.05.012.
- [11] Yan J, Xue F, Chen H, et al. A multi-center study of using carbon nanoparticles to track lymph node metastasis in T1-2 colorectal cancer[J]. *Surg Endosc*, 2014, 28(12):3315-3321. DOI: 10.1007/s00464-014-3608-5.
- [12] Yan J, Zheng X, Liu Z, et al. A multicenter study of using carbon nanoparticles to show sentinel lymph nodes in early gastric cancer[J]. *Surg Endosc*, 2016, 30(4):1294-1300. DOI: 10.1007/s00464-015-4358-8.
- [13] Montgomery LL, Thorne AC, Van Zee KJ, et al. Isosulfan blue dye reactions during sentinel lymph node mapping for breast cancer[J]. *Anesth Analg*, 2002, 95(2):385-388. DOI: 10.1097/00000539-200208000-00026.
- [14] Yang F, Jin C, Yang D, et al. Magnetic functionalised carbon nanotubes as drug vehicles for cancer lymph node metastasis treatment[J]. *Eur J Cancer*, 2011, 47(12):1873-1882. DOI: 10.1016/j.ejca.2011.03.018.
- [15] 闫欢欢, 刘俊, 金慧, 等. 甲状腺乳头状癌手术中应用纳米碳示踪剂的价值探讨[J]. *中华内分泌外科杂志*, 2017, 11(4):341-343. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-6090.2017.04.020.  
Yan HH, Liu J, Jin H, et al. Value of carbon nanoparticle tracer in the operation of papillary thyroid carcinoma[J]. *Chin J Endocr Surg*, 2017, 11(4):341-343. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-6090.2017.04.020.
- [16] 赵婉君, 罗晗, 苟泽辉, 等. 甲状腺癌再次手术时纳米碳引导下的精准淋巴结清扫[J]. *中国普外基础与临床杂志*, 2016, 23(10):1120-1124. DOI: 10.7507/1007-9424.20160314.  
Zhao WJ, Luo H, Gou ZH, et al. Precise dissection of lymph node guided by carbon nanoparticles in reoperation for thyroid cancer recurrence[J]. *Chin J Bases Clin General Surg*, 2016, 23(10):1120-1124. DOI: 10.7507/1007-9424.20160314.
- [17] 张超杰, 范培芝. 纳米炭在分化型甲状腺癌再手术中应用价值的研究[J]. *医学与哲学(B)*, 2014, 35(8):36-39. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0772.2014.16.015.  
Zhang CJ, Fan PZ. Study of the value of application of carbon nanoparticles in reoperation of differentiated thyroid carcinoma surgery[J]. *Med Phil (B)*, 2014, 35(8):36-39. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0772.2014.16.015.
- [18] Gao B, Tian W, Jiang Y, et al. Application of carbon nanoparticles for parathyroid protection in reoperation of thyroid diseases[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(12):22254-22261.
- [19] Yu W, Cao X, Xu G, et al. Potential role for carbon nanoparticles to guide central neck dissection in patients with papillary thyroid cancer[J]. *Surgery*, 2016, 160(3):755-761. DOI: 10.1016/j.surg.2016.04.017.

(收稿日期: 2024-07-09)

(本文编辑: 魏琳)