

• 腔镜和机器人技术在乳腺病学中的应用 •

达芬奇机器人保留乳头乳晕乳腺切除即刻 假体乳房重建术中预防热蒸汽损伤 皮肤组织临床研究



陈阔, 吕鹏威

郑州大学第一附属医院乳腺外科(郑州 450052)

【摘要】 目的 探讨达芬奇机器人保留乳头乳晕乳腺切除即刻假体乳房重建术(robotic nipple-sparing mastectomy and immediate breast reconstruction, R-NSM-IBR)中预防热蒸汽损伤皮肤组织的方法。方法 回顾性分析 2022 年 9 月—2023 年 12 月接受 R-NSM-IBR 治疗且符合选择标准的 128 例乳腺癌女性患者临床资料。术中乳腺切除期间, 99 例采用覆盖冰水冷却后纱布来降低乳房皮肤温度(A 组), 29 例不作处理(B 组)。两组患者年龄、手术侧别、身体质量指数、乳腺癌病理类型及接受辅助化疗、新辅助化疗构成比比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$)。记录并比较术中乳房表面温度、单侧乳腺切除时间以及术中乳房热损伤并发症发生情况。结果 A、B 组单侧乳腺切除时间分别为(77.18±9.23)、(76.38±12.88) min, 差异有统计学意义($P<0.05$)。A 组术中乳房表面温度为(25.61±0.91) °C, 低于 B 组(33.38±1.14) °C, 差异亦有统计学意义($P<0.05$)。术中 7 例发生皮肤热损伤, 其中 A 组 2 例(2.0%)、B 组 5 例(17.2%), 发生率差异有统计学意义($P<0.05$)。其中, B 组 1 例水疱破裂并感染, 最终导致假体取出; 其余患者均干预处理后恢复正常。结论 R-NSM-IBR 术中采用在乳房表面覆盖冰水冷却后纱布降温方法可有效降低热蒸汽损伤皮肤的风险。

【关键词】 机器人手术; 乳房重建; 皮肤; 热损伤

Study of heat steam induced skin damage prevention in robotic nipple-sparing mastectomy and immediate breast reconstruction using Da Vinci Robot

CHEN Kuo, LÜ Pengwei

Department of Breast Surgery, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou Henan, 450052, P. R. China

Corresponding author: LÜ Pengwei, Email: lvpengwei1983@hotmail.com

【Abstract】 Objective To explore the method of preventing heat steam induced skin damage in robotic nipple-sparing mastectomy and immediate breast reconstruction (R-NSM-IBR) using Da Vinci Robots. **Methods** A clinical data of 128 female patients with breast cancer, who were treated with R-NSM-IBR between September 2022 and December 2023 and met the selection criteria, was retrospectively analyzed. During robotic nipple-sparing mastectomy, the breasts were covered with gauze cooled by ice water to reduce skin temperature in 99 cases (group A) and were not treated in 29 cases (group B). There was no significant difference in the age, affected side, body mass index, pathological type of breast cancer, and constituent ratios of adjuvant chemotherapy and neoadjuvant chemotherapy between the two groups ($P>0.05$). Intraoperative breast skin temperature, unilateral robotic nipple-sparing mastectomy time, and the incidence of complications of breast heat steam induced skin damage were recorded. **Results** The time for unilateral robotic nipple-sparing mastectomy was (77.18±9.23) minutes in group A and (76.38±12.88) minutes in group B, with significant difference between the two groups ($P<0.05$). The intraoperative breast skin temperature was significantly lower in group A than in group B [(25.61±0.91) °C vs (33.38±1.14) °C; $P<0.05$]. Seven cases of heat steam skin damage occurred during operation, including 2 cases (2.0%) in group A and 5 cases (17.2%) in group B, with a significant difference in incidence between the two groups ($P<0.05$). Among them, 1 patient in group B had a vesication rupture and infection, which eventually led to the removal of the implant; the rest of the patients were treated with postoperative interventions for skin

DOI: 10.7507/1002-1892.202404067

通信作者: 吕鹏威, Email: lvpengwei1983@hotmail.com

recovery. **Conclusion** The use of breast covered with gauze cooled by ice water during R-NSM-IBR can effectively reduce the risk of heat steam induced skin damage.

【Key words】 Robotic surgery; breast reconstruction; skin; heat damage

传统乳房重建手术技术目前已相对成熟,但由于常需要在乳房表面作较长切口,容易造成较大创伤,增加感染、出血和皮瓣坏死风险,导致患者住院时间延长,严重时还需要二次手术取出假体,增加患者痛苦和医疗费用,甚至发生重建手术失败;此外,乳房表面切口不可避免会形成明显瘢痕。随着医疗设备的更新和手术技术进步,越来越多患者和医生倾向于选择创伤更小、并发症更少、美容效果更佳的微创腔镜手术和机器人手术方法。达芬奇机器人手术系统(Sunnyvale公司,美国)具有高清、三维和显微放大的视野,540°旋转机械臂可在狭窄空间内进行精确操作^[1]。2015年Toesca等首次将其应用于乳腺手术,进而发展形成机器人保留乳头乳晕乳腺切除即刻假体乳房重建术(robotic nipple-sparing mastectomy and immediate breast reconstruction, R-NSM-IBR),临床应用显示其与传统乳房重建术相比,不仅具有同样的肿瘤安全性,还具有更好的美容效果和心理社会效果^[2-4]。

目前充气技术已在腔镜乳房重建手术中得到广泛应用,与腹腔自然空间不同,乳腺为实质性组织,R-NSM-IBR术中需要通过充入CO₂恒定气压来维持有限操作空间^[5-6]。R-NSM-IBR术中乳腺切除时,使用双极和电剪进行腔隙分离和乳腺切除时会产生大量热蒸汽,并迅速充满整个术区操作空间,导致乳房内部狭小空间里短时间内聚集大量热量。因无法将这些热蒸汽及时排出,乳房空间内温度将迅速提高,导致乳房皮肤和皮下组织热蒸汽损伤,引起皮肤并发症。但为维持气压稳定,避免CO₂气体流出,术中也无法通过开放通气道使热蒸汽外流。为解决上述问题,我们提出在R-NSM-IBR腺体切除过程中,于乳房表面覆盖冰水冷却的纱布,以物理冷却方式降低温度,进而减少热蒸汽损伤皮肤的发生。现通过回顾性比较研究,探讨该方法的有效性,报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

患者纳入标准:①确诊单侧乳腺癌女性患者;②按照《中国抗癌协会乳腺癌诊疗指南与规范》不符合保乳手术适应证;③影像学检查确认肿瘤未累及乳头、乳房皮肤及皮下浅筋膜浅层;

④愿意接受R-NSM-IBR手术治疗。

2022年9月—2023年12月,共128例患者符合选择标准纳入研究。R-NSM-IBR术中99例采用乳房表面覆盖冰水冷却后纱布来降低温度(A组),29例不作处理(B组)。两组患者年龄、手术侧别、身体质量指数、乳腺癌病理类型及接受辅助化疗、新辅助化疗构成比比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

1.2 手术方法

本组手术采用达芬奇Xi™手术系统(Intuitive-Surgical公司,美国)。全身麻醉下,患者取仰卧位,将垫肩置于患侧肩胛骨下,患侧上肢外展或上抬屈曲置于额头处。首先,于患侧乳晕处皮下组织内注射1 mL亚甲蓝,局部按摩10 min。切口设计在腋窝顶部与乳房外上边界间距的中下1/3处,腋前线与腋中线之间,沿腋窝皮纹方向,长度6~7 cm。切开皮肤及皮下组织,首先直视下行前哨淋巴结活检。然后直视下建立机器人手术所需初始腔隙,暴露胸小肌外缘、胸大小肌间、胸大肌表面、外上腺体表面Scarpa筋膜间隙,建立大小约3 cm×5 cm腔隙。切口处置入单孔切口保护套,将机器人机械臂入位,调整机械臂并连接机器人器械,接入充气装置。术中使用AirSeal®系统使乳房中气压稳定在1.60 kPa。在腺体边缘3、6、9、12点方向注射亚甲蓝,方便镜下定位。先游离胸大、小肌间间隙,于下皱壁处离断胸大肌肋骨起点,建立胸肌后假体腔隙。在胸大肌表面游离乳房后间隙至腺体边缘。外侧保留前锯肌筋膜与胸大肌外缘相连处,制作胸大肌-前锯肌筋膜组织瓣,便于覆盖假体。然后操作机器人器械进入腺体表面Scarpa筋膜平面,沿该平面游离皮瓣,保留皮下脂肪厚度约1 cm。游离皮瓣至腺体边缘,镜下可见亚甲蓝定位处,将腺体完全切除。取乳头后切缘送活检。采用双极抓钳及单极电剪刀行乳腺腺体切除,机器人手术系统选择双极电切电凝模式45 W、单极单切电凝模式30 W。在腺体切除操作时,取浸泡在冰水中的手术纱布覆盖于A组乳房表面,B组不作处理,使用温度计监测乳房表面温度变化,测量5次取均值。腺体切除后,利用机器人光源的透光性观察腺体切除大致范围。检查腺体切除后腔隙,通过腋窝处切口取出腺体标本,移出机器人手术器械,同时记录单侧乳腺

表 1 两组患者基线资料比较

Tab.1 Comparison of baseline data between the two groups

基线资料 Baseline data	A 组 (n=99) Group A (n=99)	B 组 (n=29) Group B (n=29)	统计量 Statistical value	P 值 P value
年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	42.00 \pm 7.24	41.45 \pm 5.86	$t=0.376$	0.708
手术侧别 (左/右, 例)	48/51	12/17	$\chi^2=0.455$	0.500
身体质量指数 ($\bar{x}\pm s$, kg/m ²)	23.27 \pm 2.83	22.33 \pm 2.10	$t=1.654$	0.101
病理类型 (导管原位癌/浸润性导管癌, 例)	19/80	9/20	$\chi^2=11.069$	0.136
辅助化疗 [例 (%)]	63 (63.6)	14 (48.3)	$\chi^2=2.208$	0.137
新辅助化疗 [例 (%)]	17 (17.2)	6 (20.7)	$\chi^2=0.714$	0.398

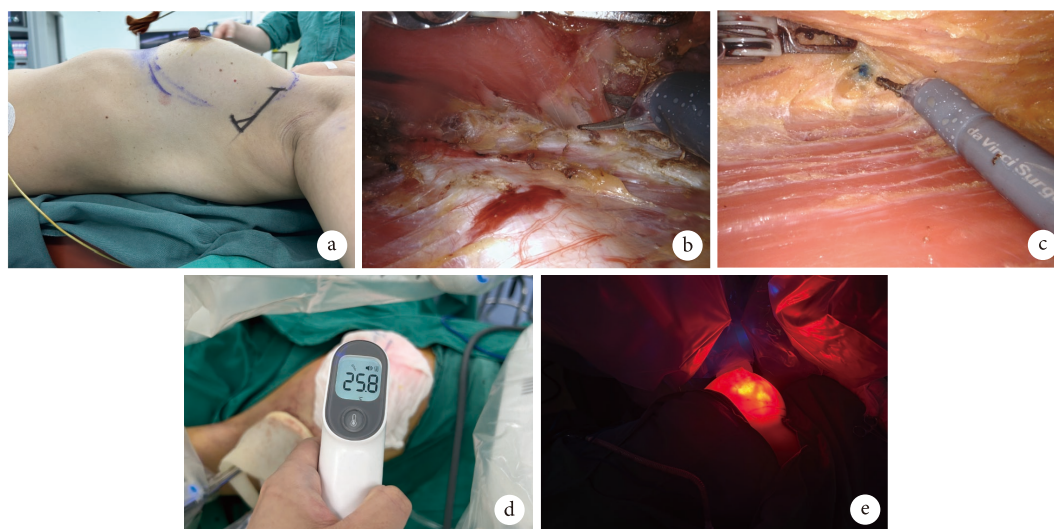


图 1 A 组手术操作示意图 a. 标记手术切口位置; b. 离断胸大肌起点; c. 剥离腺体并找到亚甲蓝标记腺体边缘; d. 利用冰水浸湿纱布冷却后观察皮肤温度; e. 利用机器人光源的透光性观察腺体切除大致范围及脂肪厚度

Fig.1 Schematic diagram of surgical operations in group A a. Marking the location of the surgical incision; b. Dissecting the pectoralis major muscle; c. Peeling the gland and finding the edges of the gland marked with methylene blue; d. Measuring the skin temperature after covering the gauze cooled by ice water; e. Visualizing the approximate extent of the gland excision and the thickness of the fat by using the transmittance of the robotic light source

切除时间 (机器人操作开始至移出为止)。充分冲洗腔隙, 评估双侧乳房大小, 将假体放置于胸大肌后方, 本组均采用 Mentor[®]解剖型毛面硅凝胶假体 (Mentor 公司, 美国)。留置 2 根引流管, 逐层关闭切口。见图 1。

1.3 统计学方法

采用 SPSS26.0 统计软件进行分析。计量资料经 Kolmogorov-Smirnov 检验均符合正态分布, 以均数 \pm 标准差表示, 两组比较采用独立样本 t 检验; 计数资料比较采用四格表卡方检验; 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

A、B 组单侧乳腺切除时间分别为 (77.18 \pm 9.23)、(76.38 \pm 12.88) min, 差异有统计学意义 [MD (95%CI)=75.23 (70.41, 85.33) min; $P<0.001$]。A 组术中乳房表面温度为 (25.61 \pm 0.91) $^{\circ}C$,

低于 B 组 (33.38 \pm 1.14) $^{\circ}C$, 差异亦有统计学意义 [MD (95%CI)=26.13 (25.21, 27.32) $^{\circ}C$; $P<0.001$]。

术中 7 例发生热蒸汽损伤皮肤, 乳房表面出现水疱、皮肤红肿症状, 其中 A 组 2 例 (2.0%)、B 组 5 例 (17.2%), 两组发生率差异有统计学意义 [OR (95%CI)=0.099 (0.018, 0.542); $P=0.008$]。B 组 1 例水疱破裂形成大面积结痂后并发感染, 导致皮下组织炎症化, 结痂脱落致假体外露, 最终取出假体 (图 2); 其余患者经消毒、换药、涂抹 EGF 后, 皮肤均愈合。

3 讨论

与开放手术相比, R-NSM-IBR 是一种安全且有效的手术方式, 机器人辅助能提高手术过程中稳定性和协调性, 从而减轻手术时人手自然震颤^[7-9]。Lee 等^[10]比较了使用无充气提拉法与充气法行 R-NSM-IBR 的疗效, 结果显示充气法可以显著减小



图2 B组R-NSM-IBR术中热蒸汽损伤皮肤后表现 a. 术中发生热蒸汽损伤后形成水疱、皮肤红肿; b. 术后2d热蒸汽损伤乳房外观; c. 术后1周皮肤发生感染; d. 术后1个月结痂脱落后假体外露

Fig.2 Heat steam skin damage after R-NSM-IBR in group B a. Vesication and erythematous flaps formed immediately after intraoperative heat steam skin damage; b. Breast appearance at 2 days after operation; c. Skin infection occurred at 1 week after operation; d. Exposure of the implant after the scab fell off at 1 month after operation

切口、方便操作,其肿瘤安全性也得到了证实。充气法是通过填充CO₂保持乳房操作空间,不会破坏相关解剖结构,但在长时间手术中加热、加湿的CO₂会对人体核心体温产生影响^[11-13]。对接受腹腔镜大手术的婴儿需要对CO₂加热、加湿以维持正常体温,减少术中颤抖和低体温、加快肠蠕动恢复以及缩短住院时间^[14]。Gunusen等^[15]针对不同温度和湿度下的CO₂腹腔积气对妇科腹腔镜手术中血液动力学和呼吸参数以及术后疼痛进行了比较研究,结果表明加热、加湿的CO₂对患者血液动力学和呼吸参数没有影响,但会升高患者核心体温并产生炎症反应。然而相对于腹腔这种大的自然解剖空间,乳房空间相对狭小,在较短手术时间内器械切割组织所产生的热蒸汽大量聚集,会造成乳房皮肤热损伤。尤其是患者均采用平卧位手术,热蒸汽向上蒸发的特性使得位于最高位的乳头乳晕更容易损伤,而此处也是皮下脂肪最薄弱的部位。虽然术中使用AirSeal®系统保持气压稳定,但不能从根本上解决术中乳房局部范围散热问题^[16]。

Cooper等^[17]指出在射频消融时采取食道冷却技术不仅降低了术中食道损伤风险,而且显著缩短手术时间和减少术后疼痛产生。Nakata等^[18]在肝细胞癌治疗中使用冰生理盐水这种简单方法进行术中冷却,有效降低了局部组织损伤。为此,我们提出在R-NSM-IBR术中采用覆盖冰水冷却后纱布降

低乳房皮肤温度,并通过本次回顾性研究探讨其有效性。研究结果提示A组术中乳房表面温度以及热损伤发生率均明显低于未作处理的B组;而且术后B组1例发生感染,最终导致假体外露需行二次手术取出。A组均未发生感染,损伤程度较轻。这表明A组降温方法有效,通过及时干预能避免皮肤热损伤及相关严重并发症的发生。但目前仅能使用温度计测量乳房体表温度,无法准确测量乳房内部密闭空间内温度,后续还需要进一步研究。

R-NSM-IBR手术首先游离胸大肌后腔隙和胸大肌表面平面,此时热蒸汽对皮肤损伤极小。热损伤主要发生于分离皮下层次,此时操作时需特别注意。手术流程采用逆序法,理论上能降低皮肤热损伤发生风险。另外,术中选择自腺体表面Scarpa筋膜平面进行游离,保留皮下大颗粒脂肪层,也有利于对乳房皮肤的保护。

综上所述,R-NSM-IBR术中需要对乳房进行冷却,可采用覆盖冰水冷却后纱布方法来降低乳房皮肤温度,避免热蒸汽损伤乳房皮肤。本研究只是对降温方法的初步探索,需要进一步优化降温方法,探索机器人乳腺手术患者术后皮肤并发症的防治策略,以提高患者整体生活质量和美学效果。

利益冲突 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突
伦理声明 研究方案经郑州大学第一附属医院伦理委员会批准(2023-KY-0841-002)

作者贡献声明 陈阔: 收集临床资料、数据并撰写文章;
吕鹏威: 研究设计并实施

参考文献

- 1 朱振中, 郑国焱, 张长青. 机器人辅助技术在创伤骨科的发展与临床应用. 中国修复重建外科杂志, 2022, 36(8): 915-922.
- 2 Toesca A, Peradze N, Galimberti V, *et al.* Robotic nipple-sparing mastectomy and immediate breast reconstruction with implant: first report of surgical technique. *Ann Surg*, 2017, 266(2): e28-e30.
- 3 Chen K, M Beeraka N, Zhang J, *et al.* Efficacy of da Vinci robot-assisted lymph node surgery than conventional axillary lymph node dissection in breast cancer—A comparative study. *Int J Med Robot*, 2021, 17(6): e2307. doi: 10.1002/rcs.2307.
- 4 Chen K, Zhang J, Beeraka NM, *et al.* Robot-assisted minimally invasive breast surgery: recent evidence with comparative clinical outcomes. *J Clin Med*, 2022, 11(7): 1827. doi: 10.3390/jcm11071827.
- 5 刘馨然, 谢妍妍, 梁法清, 等. 腋窝入路腔镜下乳腺癌根治假体结合补片在一期乳房重建中的应用. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35(9): 1212-1214.
- 6 Qiu M, Yang H, Zhou J, *et al.* Short-term safety and cosmetic outcomes of endoscopic direct-to-implant breast reconstruction and simultaneous contralateral breast augmentation for breast cancer: a prospective analysis of 33 patients. *World J Surg Oncol*, 2023, 21(1): 201. doi: 10.1186/s12957-023-03089-4.
- 7 Chen K, Zhang J, Beeraka NM, *et al.* Robot-assisted nipple-sparing mastectomy and immediate breast reconstruction with gel implant and latissimus dorsi muscle flap: Our initial experience. *Int J Med Robot*, 2023, 19(5): e2528. doi: 10.1002/rcs.2528.
- 8 Ahn JH, Park JM, Choi SB, *et al.* Early experience of robotic axillary lymph node dissection in patients with node-positive breast cancer. *Breast Cancer Res Treat*, 2023, 198(3): 405-412.
- 9 Park HS, Lee J, Lee DW, *et al.* Robot-assisted nipple-sparing mastectomy with immediate breast reconstruction: an initial experience. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 15669. doi: 10.1038/s41598-019-51744-2.
- 10 Lee H, Lee J, Lee K, *et al.* Comparison between gasless and gas-inflated robot-assisted nipple-sparing mastectomy. *J Breast Cancer*, 2021, 24(2): 183-195.
- 11 Cheong JY, Keshava A, Witting P, *et al.* Effects of intraoperative insufflation with warmed, humidified CO₂ during abdominal surgery: a review. *Ann Coloproctol*, 2018, 34(3): 125-137.
- 12 Sharma S, McKechnie T, Khamar J, *et al.* The role of warmed-humidified carbon dioxide insufflation in colorectal surgery: A systematic review and meta-analysis. *Colorectal Dis*, 2024, 26(1): 7-21.
- 13 Klugsberger B, Schreiner M, Rothe A, *et al.* Warmed, humidified carbon dioxide insufflation versus standard carbon dioxide in laparoscopic cholecystectomy: a double-blinded randomized controlled trial. *Surg Endosc*, 2014, 28(9): 2656-2660.
- 14 Tong MM, Xu XJ, Bao XH. Clinical effects of warmed humidified carbon dioxide insufflation in infants undergoing major laparoscopic surgery. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 8(27): e16151. doi: 10.1097/MD.00000000000016151.
- 15 Gunusen I, Akdemir A, Sargin A, *et al.* The effects of CO₂ pneumoperitoneum at different temperature and humidity on hemodynamic and respiratory parameters and postoperative pain in gynecological laparoscopic surgery: A prospective randomized controlled study. *Asian J Surg*, 2022, 45(1): 154-161.
- 16 Balayssac D, Selvy M, Martelin A, *et al.* Clinical and organizational impact of the Airseal[®] insufflation system during laparoscopic surgery: a systematic review. *World J Surg*, 2021, 45(3): 705-718.
- 17 Cooper J, Joseph C, Zagrodzky J, *et al.* Active esophageal cooling during radiofrequency ablation of the left atrium: data review and update. *Expert Rev Med Devices*, 2022, 19(12): 949-957.
- 18 Nakata Y, Haji S, Ishikawa H, *et al.* Two cases of hepatocellular carcinoma located adjacent to the Glisson's capsule treated by laparoscopic radiofrequency ablation with intraductal chilled saline perfusion through an endoscopic nasobiliary drainage tube. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 2010, 20(6): e189-e192.

收稿日期: 2024-04-18 修回日期: 2024-06-12

本文编辑: 刘丹