doi:10.11659/jjssx.10E025060

·综 述·

机器人辅助根治性前列腺切除术中背静脉复合体控制策略的临床进展

李金城[1],范雪行[1],李嘉松[1],李 根[1],余雨豪[2],张 更[1],汪 涌[1] (1.空军军医大学唐都医院泌尿外科,陕西 西安 710038;2.西安市大兴医院泌尿外科,陕西 西安 710082)

[摘 要] 前列腺癌是全球男性第二大常见恶性肿瘤。对于局限性前列腺癌,根治性前列腺切除术是主要治疗手段。术中背静脉复合体(DVC)的处理尤为关键,直接影响手术安全性、出血量以及术后尿控和性功能恢复等重要临床结局。随着机器人辅助腹腔镜技术的普及,DVC的结扎技术不断革新,形成了多样化的处理策略。本文基于DVC的解剖学基础,系统综述当前机器人辅助根治性前列腺切除术(RARP)中DVC的主要结扎技术及其操作要点和临床效果,并对相关研究证据进行总结,以期为前列腺癌的临床决策提供参考。

[关键词] 前列腺癌;根治性前列腺切除术;背静脉复合体;悬吊缝合技术;尿控功能;机器人辅助手术;术中出血
[中图分类号] R699.8 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-10-21

Clinical advances in control strategies for the dorsal venous complex during robot-assisted radical prostatectomy

LI Jin-cheng[1], FAN Xue-xing[1], LI Jia-song[1], LI Gen[1], YU Yu-hao[2], ZHANG Geng[1], WANG Yong[1] (1. Department of Urology, Tangdu Hospital, Air Force Medical University, Xi'an Shaanxi 710038, China; 2.Department of Urology, Xi'an Daxing Hospital, Xi'an Shaanxi 710082, China)

Abstract: Prostate cancer is the second most common malignancy among men worldwide. Radical prostatectomy serves as the primary treatment for localized prostate cancer. The management of the dorsal venous complex (DVC) is a critical surgical step, directly influencing key clinical outcomes including surgical safety, blood loss, as well as postoperative recovery of urinary continence and sexual function. With the widespread adoption of robot-assisted laparoscopic techniques, DVC ligation techniques have been continuously evolved, leading to the development of a variety of management strategies. Based on the anatomical foundation of DVC, this article systematically reviews the principal DVC ligation techniques and their operative techniques and clinical outcomes during robot-assisted radical prostatectomy (RARP), and synthesizes the relevant research evidence, aiming to provide a reference for clinical decision-making for prostate cancer.

Keywords: prostate cancer; radical prostatectomy; dorsal venous complex; suspension suture technique; urinary continence function; robot-assisted surgery; intraoperative bleeding

前列腺癌是全球男性第二大常见恶性肿瘤[1],根治性前列腺切除术是治疗局限性前列腺癌的主要方法。术中背静脉复合体(dorsal venous complex, DVC)的处理是一个关键步骤,直接影响手术的安全性、出血量、术后尿控及性功能恢复等重要临床结局[2-4]。DVC位于前列腺包膜与耻骨前列腺韧带之间,覆盖前列腺尖部和尿道外括约肌的前方,是由阴茎背深静脉的分支、前列腺周围静脉丛及阴部内静脉属支等组成的复杂血管束,该结构不仅包含静脉,还包含小动脉、神经丛和尿道外括约肌纤维及相关平滑肌[4-7]。DVC解剖结构变异大,血供丰富,术中若处理不当极易导致严重出血,进而影响手术视野和操作,甚至增加并发症风险[8-9]。随着机器人辅助腹腔镜技术的普及,DVC的结扎技术不断革新,形成了多样化的处理策略。本文基于DVC的解剖学基础,系统综述当前机器人辅助根治性前列腺切除术(robot-assisted radical prostatectomy, RARP)中DVC的主要结扎技术及其操作要点和临床效果,并对相关研究证据进行总结,以期为前列腺癌的治疗提供参考。

1 DVC的解剖结构

深入理解DVC的解剖结构是安全有效处理该结构的前提。研究证实,DVC本质上是一个血管-神经-肌性复合体[8-10]。DVC主要分为深浅两层,浅层由前列腺浅表静脉组成,深层由前列腺静脉丛组成,两者在前列腺尖部存在交通[2,11]。

DVC的解剖特点决定了其临床重要性。首先,其在宽度、厚度及血管构型上存在显著的个体差异[8-9]。其次,DVC与尿道外括约肌关系紧密,研究证实其覆盖了侧方和背侧括约肌组织,若整块横断结扎可能损伤括约肌功能,影响术后尿控[12]。此外,DVC的解剖变异较为常见,如多数患者存在形态各异的前列腺浅表静脉,部分患者还存在与DVC伴行的副阴部动脉,这些变异均增加了术中辨识和出血控制的难度与风

[基金项目] 陕西省自然科学基础研究计划项目(2023-JC-YB-817)

险[9]。因此,DVC结构复杂、功能关联紧密且解剖变异显著,术中若处理不当极易导致严重出血及功能损伤,其处理是根治性前列腺切除术的关键环节。

2 RARP中DVC的控制策略

根据手术时机、器械选择和技术细节的不同,目前RARP中DVC结扎技术可分为多种类型。每种技术都有其独特的操作步骤、适用场景和优缺点,术者需根据患者的具体情况、肿瘤特征以及自身的技术熟练程度进行选择。

2.1 标准结扎技术

标准结扎技术源于Walsh的开放手术理念,指在前列腺尖部解剖与尿道离断之前,先对DVC进行缝合结扎[13]。其标准操作是在切开提肛肌筋膜后,于中段切断耻骨前列腺韧带,在前列腺尖部上方行"8"字缝扎控制DVC,待前列腺尖部分离后,再进一步切断结扎的DVC[14]。该方法系RARP中DVC处理的基础术式,旨在预先控制主要出血源,为后续的前列腺尖部解剖和尿道吻合提供清晰的手术视野。然而,这种方法存在损伤尿道和外括约肌、缩短功能性尿道长度的风险[13],适用于解剖结构典型、肿瘤远离前列腺尖部的初治患者,是初学者必须掌握的技术。

2.2 延迟结扎技术

延迟结扎技术是指在完成前列腺周围组织游离、神经血管束保护之后,于离断尿道前先切断DVC,再对DVC残端进行选择性缝合或电凝止血[14]。一项荟萃分析比较了延迟结扎与标准结扎的效果,结果显示,两种技术的安全性和尿控效果相当,但延迟结扎术可进一步降低阳性切缘率[3]。此外,有研究通过设计随机对照试验评估了在膀胱颈切开和神经保留之前或之后延迟结扎DVC对术后尿控功能的影响,结果发现早期结扎DVC与延迟结扎技术对术后尿控功能的恢复无明显差异,提示DVC延迟结扎时机并非影响尿控功能的关键因素[15]。该技术的核心优势在于延迟处理DVC可获得更佳的前列腺尖部手术视野,这是由于延迟结扎将DVC残端缝合止血的步骤延迟至尖部充分游离及边界判断完成之后进行,避免了提前缝扎对尖部组织的牵拉和对视野的干扰,有助于降低阳性切缘率,但其对术者的解剖熟练度要求较高,尤其适用于肿瘤位置靠近前列腺尖部的患者。

2.3 悬吊缝合技术

悬吊缝合技术是在标准结扎的基础上,使用同一缝线将DVC残端悬吊固定于耻骨后筋膜或耻骨联合骨膜上[16]。其理论依据是通过为尿道括约肌提供额外的前向支持,稳定尿道在盆底的自然解剖位置,从而保留功能性尿道长度并利于吻合。有研究证实:与非悬吊相比,悬吊缝合能显著缩短尿控恢复时间并提高早期尿控率[17];另一项随机对照试验表明,悬吊缝合长期(如术后15个月)总体及无垫尿控率也显著优于标准结扎或吻合器技术[4]。悬吊缝合技术的核心优势在于能显著促进术后早期尿控功能恢复,尤其适用于重视功能恢复的患者,但对术者缝合技巧有一定要求,需注意避免因悬吊过度而牵拉尿道影响吻合。

2.4 无结技术

随着倒刺缝线等新型缝合材料的出现,无结技术在DVC结扎中得到应用。该技术利用倒刺缝线的自固定特性,在DVC上进行连续缝合且无需打结,从而简化操作步骤,缩短手术时间。一项前瞻性对照研究显示,无结组的DVC结扎时间显著短于传统缝合组,且早期尿控率更高[18]。另一项针对新手医师的研究也表明,该技术能显著缩短手术和吻合时间,且不增加并发症发生率,也不影响远期尿控与阳性切缘率,提示其是提高新手医师效率的安全选择[19]。无结技术的局限性主要是缝线成本较高,且若术中意外切断缝线可能存在出血风险。该技术尤其适合追求手术效率且患者体型适中、前列腺体积不大的患者。

2.5 钝头针缝合技术

钝头针缝合是一项基于精准解剖的技术改进。有研究提出,在前列腺尖部与膜状尿道之间存在一个沟槽,这是无血管区域的侧面,即"黄金眼"解剖标志[2]。该平面非常薄,利用钝头针在该平面进行缝合时,因其穿刺力较弱,若偏离正确平面则难以穿透,从而显著降低了损伤周围血管及尿道的风险,并提供更佳的手术视野[20]。Zhang等[20]的回顾性研究证实,与常规锐针相比,钝头针缝合能显著降低DVC相关出血率,术后6个月的尿控率也更高。但该技术要求术者需准确识别"黄金眼",若定位不准则缝合效果不佳,且其对尖部阳性切缘率的影响有待进一步研究。该技术尤其适用于注重功能保护、前列腺尖部解剖清晰的患者。

2.6 能量器械辅助技术

该技术利用超声刀、双极电凝(如软凝固技术)等能量器械处理DVC,旨在实现"无缝合"或"少缝合"操作,以提升手术效率。研究显示,与缝合结扎相比,软凝固技术能显著减少术中失血量,并可提高术后短期(术后1个月)尿控率[21]。一项研究用无创抓钳提起DVC后,应用超声能量设备处理,结果证实了免缝合技术可促进早期尿控功能恢复[22]。该技术的优点是止血确切并能简化手术步骤,但能量器械产生的热损伤是否会对邻近的尿道括约肌功能产生远期不利影响,有待进一步研究。该技术适用于追求手术效率、DVC血管较为丰富的患者。

2.7 预缝合与预先离断缝合技术

预缝合技术采用“边缝合、边离断”的方式处理DVC,通过倒刺线分次预缝合随即离断相应部分,一般3次即可完全离断。该技术能在离断前有效控制出血,从而维持清晰的手术视野。与标准结扎相比,该技术可显著缩短手术时间并减少术中出血[23]。但该技术依赖术者的缝合技术与空间感知能力。

预先离断缝合技术则是在游离前列腺之前,先解剖并离断DVC,然后立即将DVC残端缝合。一项回顾性研究表明,该技术不仅能够显著缩短手术时间、减少出血量及降低输血率,还可有助于改善生化复发率,提示其通过早期控制出血与简化流程带来了更优的临床结局[24]。然而,该技术需在相对受限的视野下早期离断DVC,其原因为BTS在游离前列腺之前即于盆腔入口处处理DVC,此时前列腺尚未被牵拉显露,尖部解剖暴露不充分,且DVC未塌陷,周围脂肪组织覆盖影响视野,该技术对术者的解剖熟练度和信心要求更高。

2.8 保留DVC技术

保留DVC技术旨在通过精细解剖,在不结扎DVC主干的前提下将其从前列腺表面剥离,从而最大限度保护前列腺尖部前方的血管神经结构。该技术常与神经血管束保留技术联合实施,具体入路可分为保留Retzius间隙[25]与不保留Retzius间隙[26]等。该技术能为尿道提供更充分的血供与神经支持,从而显著促进术后早期尿控功能的恢复,且不增加阳性手术切缘率[25-26]。然而,该技术对术者的解剖熟练度要求极高,在保留DVC的同时,术中视野和操作空间可能相对受限,存在潜在出血风险。此外,其适用人群有严格限制,不适用于肿瘤位于前列腺前部或尖部、怀疑有包膜外侵的患者。

2.9 吻合器结扎与斗牛犬钳控制技术

吻合器结扎利用血管吻合器从DVC与后方尿道的沟槽中穿过,一次性夹闭并离断DVC,操作标准化,闭合可靠。部分研究认为其可减少出血、缩短手术时间、减少神经损伤[27-28];但也有高质量对照研究显示其在关键结局指标(如估计失血量、手术时间及阳性切缘率)上与缝合结扎无显著差异[29]。该技术适用于DVC血管束粗大、解剖空间充裕的患者,但其成本较高,且研究结论尚存争议,故需个体化权衡。

斗牛犬钳控制技术是通过术中先用腹腔镜斗牛犬钳临时夹闭DVC以暂时阻断血流,随即在无血的清晰视野下进行精确的前列腺尖部解剖和尿道离断,从而最大限度保留尿道长度并避免损伤外括约肌,完成尖部操作后移除斗牛犬钳,再用缝线对DVC残端进行选择性缝合以达到确切止血。研究显示,该技术可缩短手术与吻合时间,并呈现尿控恢复更快的趋势[30]。该技术操作步骤较多,对术者的器械切换熟练度和尖部解剖精准度要求较高,尤其适合经验丰富、注重功能保留的熟练术者。

3 临床决策框架考量与当前技术格局

制定DVC控制策略需遵循综合性框架:首要原则是确保肿瘤学安全(尤其需实现前列腺尖部阴性切缘),并在此基础上平衡手术效率(控制出血、缩短时间)与功能结局(尤其尿控功能恢复)。基于该框架,当前RARP中的DVC控制技术可归为三类:主流及经典技术(如标准结扎、延迟结扎、悬吊缝合),均有高级别循证证据支持,操作规范成熟,是多数患者可优先考虑的基础术式;优化与改良技术(如无结缝合、钝头针缝合、能量器械、预缝合/预先离断缝合),在手术效率、视野等方面具有优势,可作为主流技术的有益补充;前沿与探索性技术(如保留DVC),功能保护潜力大,但技术难度高、适应证严格,适用于经验丰富的中心对局限性前列腺癌患者开展。吻合器结扎与斗牛犬钳控制等技术则因成本较高或操作步骤繁琐,临床适用范围相对受限,定位于特定场景下的补充方案。最终术式选择应结合患者解剖、肿瘤特征与术者经验进行个体化决策。

4 总结和展望

DVC处理是根治性前列腺切除术的关键步骤,直接影响手术安全与患者术后生活质量。目前尚无公认的DVC控制“金标准”,术者需结合病变特点、患者状况与自身经验进行个体化选择。未来研究应聚焦于三个方面:第一,新技术的融合应用,如人工智能与增强现实技术辅助实现个体化精准解剖;第二,高级别长期循证证据的积累,通过大规模随机对照试验明确不同技术对肿瘤学结局和功能恢复的远期影响;第三,推动手术策略从“结构保留”向“功能优化”演进,构建以患者为中心的个体化方案。DVC控制技术的未来发展将依托外科艺术、工程技术及循证医学的深度融合,最终推动前列腺癌外科迈向更精准、更安全、更注重生活质量的新阶段。

[参考文献]

[1] Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2024, 74(3): 229-263. doi:10.3322/caac.21834.

[2] Wang Y, Cheng X, Xiong Q, et al. The progress of dorsal vascular complex control strategy in radical prostatectomy[J]. J Int Med Res, 2023, 51(2): 3000605231152091. doi:10.1177/03000605231152091.

[3] Li H, Chen J, Cui Y, et al. Delayed versus standard ligature of the

dorsal venous complex during laparoscopic radical prostatectomy: a systematic review and meta-analysis of comparative studies[J]. Int J Surg,2019,68:117-125. doi:10.1016/j.ijsu.2019.06.015.

[4] Feng T,Heulitt G,Lee JJ,et al. Randomised comparison of techniques for control of the dorsal venous complex during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy[J]. BJU Int,2020,126(5):586-594. doi:10.1111/bju.15133.

[5] Li X,Wu J,Cai Q,et al. The distribution pattern of periprostatic neurovascular bundles examined with successive celloidin slices[J]. BMC Urol,2021,21(1):6. doi:10.1186/s12894-020-00778-0.

[6] Bessede T,Sooriakumaran P,Takenaka A,et al. Neural supply of the male urethral sphincter:comprehensive anatomical review and implications for continence recovery after radical prostatectomy[J]. World J Urol,2017,35(4):549-565. doi:10.1007/s00345-016-1901-8.

[7] Rodrigues TM,Mitre AI,da Silva LFF,et al. Periprostatic innervation: New issues based on segmental analysis of 10 human cadaver pelvic blocs[J]. Prostate,2017,77(10):1151-1159. doi:10.1002/pros.23374.

[8] Ishii M,Shimizu A,Lefor AK,et al. Surgical anatomy of the pelvis for total pelvic exenteration with distal sacrectomy:a cadaveric study[J]. Surg Today,2021,51(4):627-633. doi:10.1007/s00595-020-02144-x.

[9] Ozawa Y,Aoki K,Koike S,et al. Clinical anatomy of the superficial preprostatic vein and accessory pudendal artery in robot-assisted radical prostatectomy[J]. J Endourol,2024,38(6):564-572. doi:10.1089/end.2023.0724.

[10] Walz J,Burnett AL,Costello AJ,et al. A critical analysis of the current knowledge of surgical anatomy related to optimization of cancer control and preservation of continence and erection in candidates for radical prostatectomy[J]. Eur Urol,2010,57(2):179-192. doi:10.1016/j.eururo.2009.11.009.

[11] 刘建和,李炯明,赵润恒,等. 背静脉复合体的应用解剖学研究[J]. 现代泌尿生殖肿瘤杂志,2016,8(4):212-214. doi:10.3870/j.issn.1674-4624.2016.04.005.

[12] Walz J,Epstein JI,Ganzer R,et al. A critical analysis of the current knowledge of surgical anatomy of the prostate related to optimisation of cancer control and preservation of continence and erection in candidates for radical prostatectomy:an update[J]. Eur Urol,2016,70(2):301-311. doi:10.1016/j.eururo.2016.01.026.

[13] Antonelli A,Palumbo C,Veccia A,et al. Standard *vs* delayed ligature of the dorsal vascular complex during robot-assisted radical prostatectomy: results from a randomized controlled trial[J]. J Robot Surg,2019,13(2):253-260. doi:10.1007/s11701-018-0847-9.

[14] Porpiglia F,Fiori C,Grande S,et al. Selective versus standard ligature of the deep venous complex during laparoscopic radical prostatectomy: effects on continence,blood loss,and margin status[J]. Eur Urol,2009,55(6):1377-1383. doi:10.1016/j.eururo.2009.02.009.

[15] Bravi CA,Gandaglia G,Mazzone E,et al. Impact of early dorsal venous complex ligation on urinary continence recovery after robot-assisted radical prostatectomy:results from a phase 3 randomized controlled trial[J]. Eur Urol Focus,2023,9(1):83-88. doi:10.1016/j.euf.2022.09.003.

[16] Hurtes X,Rouprêt M,Vaessen C,et al. Anterior suspension combined with posterior reconstruction during robot-assisted laparoscopic prostatectomy improves early return of urinary continence: a prospective randomized multicentre trial[J]. BJU Int,2012,110(6):875-883. doi:10.1111/j.1464-410X.2011.10849.x.

[17] Patel VR,Coelho RF,Palmer KJ,et al. Periurethral suspension stitch during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: description of the technique and continence outcomes[J]. Eur Urol,2009,56(3):472-478. doi:10.1016/j.eururo.2009.06.007.

[18] Gözen AS,Tokas T,Akin Y,et al. Impact of barbed suture in controlling the dorsal vein complex during laparoscopic radical prostatectomy[J]. Minim Invasive Ther Allied Technol,2015,24(2):108-113. doi:10.3109/13645706.2014.960940.

[19] Ye J,Lu J,Wang G,et al. Comparison between a novel knotless technique and the conventional single knot technique of laparoscopic radical prostatectomy by novice laparoscopists[J]. J Int Med Res,2018,46(11):4472-4479. doi:10.1177/0300060518773017.

[20] Zhang C,Wang H,Ye C,et al. The application of a blunt-tip needle to suture the dorsal venous complex in robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy[J]. Int J Med Robot,2017,13(3):e1822. doi:10.1002/rcs.1822.

[21] Kuroki Y,Harimoto K,Kimura K,et al. Division of dorsal vascular complex using soft coagulation without suture ligation during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: a propensity score-matched study in a single-center experience[J]. Cent European J Urol,2022,75(1):65-71. doi:10.5173/ceju.2022.0214.

[22] Xu P,Xu A,Chen B,et al. Ligation-free technique for dorsal vascular complex control during laparoscopic radical prostatectomy: a single-center experience from China[J]. World J Urol,2017,35(3):395-402. doi:10.1007/s00345-016-1889-0.

[23] 王一凡,王明帅,杨飞亚,等. 阴茎背深静脉丛预缝合技术在机器人辅助腹腔镜前列腺根治性切除术中的临床疗效[J]. 中华医学杂志,2024,104(38):3608-3611. doi:10.3760/cma.j.cn112137-20240602-01247.

[24] Pan JW,Jin XW,Luo FX,et al. Beforehand transection and suturing (BTS) of the dorsal vascular complex: a novel technique in laparoscopic radical prostatectomy[J]. Gland Surg,2020,9(6):2116-2124. doi:10.21037/gs-20-813.

[25] Hoshi A,Usui Y,Shimizu Y,et al. Dorsal vein complex preserving technique for intrafascial nerve-sparing laparoscopic radical prostatectomy[J]. Int J Urol,2013,20(5):493-500. doi:10.1111/j.1442-2042.2012.03181.x.

[26] Kanao K,Muramatsu H,Morinaga S,et al. Dorsal vein complex preserving technique during robot-assisted radical prostatectomy[J]. J Endourol Case Rep,2020,6(3):220-223. doi:10.1089/cren.2020.0021.

[27] Ahlering TE,Eichel L,Edwards RA,et al. Robotic radical prostatectomy: a technique to reduce pT2 positive margins[J]. Urology,2004,64(6):1224-1228. doi:10.1016/j.urology.2004.08.021.

[28] Wu SD,Meeks JJ,Cashy J,et al. Suture versus staple ligation of the dorsal venous complex during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy[J]. BJU Int,2010,106(3):385-390. doi:10.1111/j.1464-410X.2009.09146.x.

[29] Nguyen MM,Turna B,Santos BR,et al. The use of an endoscopic stapler *vs* suture ligature for dorsal vein control in laparoscopic prostatectomy:operative outcomes[J]. BJU Int,2008,101(4):463-466. doi:10.1111/j.1464-410X.2007.07222.x.

[30] Tüfek I,Argun B,Atuğ F,et al. The use of a laparoscopic bulldog clamp to control the dorsal vein complex during robot-assisted radical prostatectomy:a novel technique[J]. J Endourol,2013,27(1):29-33. doi:10.1089/end.2012.0013.

(编辑:贺绍梅)