

文章编号:1009-6612(2025)11-0855-05

DOI:10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2025.11.855

·论著·

4K腹腔镜与常规高清腹腔镜精索静脉结扎术的对照研究

康延杰,李庆辉,魏澎涛

(郑州大学附属洛阳中心医院泌尿外科,河南 洛阳,471000)

【摘要】 目的:探讨4K腹腔镜精索静脉精准结扎术的应用价值。方法:回顾分析2020年1月至2024年6月为103例患者行腹腔镜精索静脉结扎术的临床资料,其中50例(56侧)行4K腹腔镜手术(4K组),53例(60侧)行常规高清腹腔镜手术(常规组)。4K组在2.0倍率下可清晰辨认深红色精索内动脉、深蓝色精索内静脉及透明的淋巴管,分离出所有静脉并结扎离断,保留所有动脉;常规组分离保留精索内所有动脉,结扎并离断剩余精索血管,如精索内动脉无法辨别或损伤,则集束结扎精索血管后离断。结果:4K组精索内动脉识别率为100%(56/56),常规组为51.7%(31/60),两组差异有统计学意义($P<0.001$)。4K组手术时间短于常规组[(24.9±6.6)min vs. (30.5±8.3)min, $P<0.001$],鞘膜积液发生率低于常规组[0 vs. 11.3%(6/53), $P=0.027$]。术后随访6个月,两组均无附睾炎、睾丸萎缩发生;4K组精液质量改善率高于常规组[68.0%(34/50) vs. 47.2%(25/53), $P=0.033$],两组阴囊水肿、复发率差异无统计学意义($P>0.05$)。结论:与常规高清腹腔镜相比,4K腹腔镜可有效识别、保留精索内动脉及淋巴管,实现精索静脉精准结扎,疗效优于常规高清腹腔镜。

【关键词】 精索静脉曲张;精索静脉结扎术;腹腔镜检查;淋巴管;精索动脉

中图分类号:R697+.24 文献标识码:A

A comparative study of 4K laparoscopic versus conventional high-definition laparoscopic varicocelectomy

KANG Yanjie, LI Qinghui, WEI Pengtao.

Department of Urology, Luoyang Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Luoyang 471000, China

【Abstract】 **Objective:** To evaluate the clinical application value of 4K laparoscopy in precise varicocelectomy. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on clinical data of 103 patients who underwent laparoscopic varicocelectomy between Jan. 2020 and Jun. 2024. Among them, 50 patients (56 sides) were assigned to the 4K group, and 53 patients (60 sides) were assigned to the conventional high-definition (HD) group. In the 4K group, the deep red internal spermatic arteries, dark blue internal spermatic veins, and transparent lymphatic vessels were clearly identified under 2.0× magnification. All veins were dissected, ligated, and transected, while all arteries were preserved. In the conventional HD group, attempts were made to identify and preserve all internal spermatic arteries, the remaining spermatic vessels were then ligated and transected. If the internal spermatic artery could not be clearly identified or if it was injured, mass ligation and transection of the spermatic cord vessels was performed. **Results:** The internal spermatic artery identification rate was significantly higher in the 4K group than in the conventional HD group [100% (56/56) vs. 51.7% (31/60), $P<0.001$]. The 4K group also had a shorter operative time [(24.9±6.6)min vs. (30.5±8.3)min, $P<0.001$] and a lower incidence of hydrocele [0 vs. 11.3% (6/53), $P=0.027$]. Patients were followed up for 6 months postoperatively, no cases of epididymitis or testicular atrophy occurred in either group. The 4K group showed a higher rate of semen quality improvement [68.0% (34/50) vs. 47.2% (25/53), $P=0.033$]. There were no significant differences in the incidence of scrotal edema or recurrence between the two groups ($P>0.05$). **Conclusions:** Compared with conventional HD laparoscopy, 4K laparoscopy enables superior identification and preservation of the internal spermatic artery and lymphatic vessels, thereby facilitating precise varicocelectomy and yielding better clinical outcomes.

【Key words】 Varicocele; Ligation of spermatic veins; Laparoscopy; Lymphatic vessels; Spermatic artery

腹腔镜精索静脉高位结扎术已得到广泛开展,但镜下有效识别精索淋巴管及精索内动脉尚不够理想。文献报道,采用亚甲蓝显影淋巴管、吲哚菁绿显

像技术及腹腔镜超声识别精索内动脉^[1-3]。4K腹腔镜具有宽色域、超高分辨率的特点,呈现的画面信息可达常规腹腔镜的4倍,可清晰显示细微血管、神经

作者简介:康延杰(1985—)男,郑州大学附属洛阳中心医院泌尿外科副主任医师,主要从事腔道泌尿外科、小儿泌尿外科及男科的研究。

与筋膜层次,手术精确性提升,观察细小部位时,通过2.0倍电子变焦放大,可达到极高的清晰度;该技术能提供更高的局部解剖辨识度,实现精准手术操作,在结直肠癌、胃癌手术中已有应用报道^[4-5]。自2022年我院开展4K腹腔镜精索静脉结扎术,效果良好,现将体会报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

2020年1月至2022年1月我院为53例(60侧)患者行常规腹腔镜精索静脉结扎术(常规组),2022年1月至2024年6月为50例(56侧)患者行4K腹腔镜精索静脉结扎术(4K组)。纳入标准:符

表1 两组患者一般资料的比较($\bar{x}\pm s$)

组别	年龄 (岁)	侧别(n)		分度(n)			精子浓度 ($\times 10^6$ /mL)	精子活力 (a+b级,%)
		左侧	右侧	I	II	III		
4K组	23.3 \pm 5.2	44	6	7	22	21	22.3 \pm 10.0	21.2 \pm 7.5
常规组	24.4 \pm 5.5	46	7	11	26	16	24.4 \pm 15.9	19.1 \pm 6.5
t/χ^2 值	-1.042	0.034		1.812			0.794	1.488
P值	0.300	0.854		0.404			0.429	0.140

1.2 手术方法

4K组:使用30°4K腹腔镜。采用气管插管全麻,患者取头低足高仰卧位,健侧倾斜。脐下缘做切口,建立气腹,压力维持在12 mm Hg,穿刺10 mm Trocar,置入腹腔镜,脐下2 cm两侧腹直肌外缘穿刺5 mm Trocar。探查精索,明确髂外血管、生殖股神经与精索血管的关系,平行精索血管用冷刀剪开腹膜,提起腹膜,向两侧游离,充分显露精索。调整腹腔镜,目镜距靶区约3 cm,放大倍率调至2.0,打开精索外筋膜,视及透明的淋巴管、深红色精索内动脉及

合成人原发性临床型精索静脉曲张的超声诊断标准及手术指征^[6];首次手术;精索静脉曲张伴精液质量下降^[7],经保守治疗无效。排除标准:有生殖系统手术外伤史;合并附睾炎、睾丸鞘膜积液;合并其他因素导致的精液质量下降。患者均签署手术知情同意书,本研究经医院伦理委员会批准,符合医学伦理学规定。患者均为体检发现精索静脉曲张伴精液质量下降,左侧90例,双侧13例;I度18例、II度48例、III度37例(双侧者以分度高的一侧统计);手术均由同一医师主刀。两组患者年龄、侧别、分度、精液指标等差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表1。

深蓝色精索内静脉(图1A)。尖头钳配合剪刀及电凝针于精索内静脉表面筋膜无血管区进行锐性与钝性分离,分离出所有静脉(图1B),保留所有动脉、淋巴管,3-0丝线双重结扎后离断。退镜,缝合切口。双侧者同法处理对侧。常规组:使用30°高清腹腔镜施术,麻醉、体位、Trocar的放置同4K组。分离保留精索内所有动脉,结扎并离断剩余精索血管;如精索内动脉无法辨别或损伤,则用3-0丝线双重集束结扎精索血管后离断(图2)。

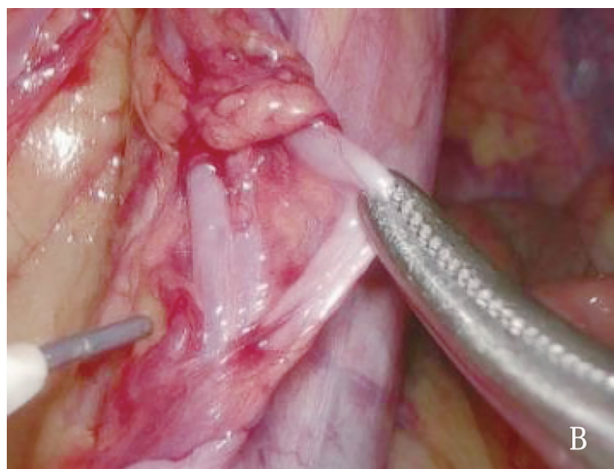
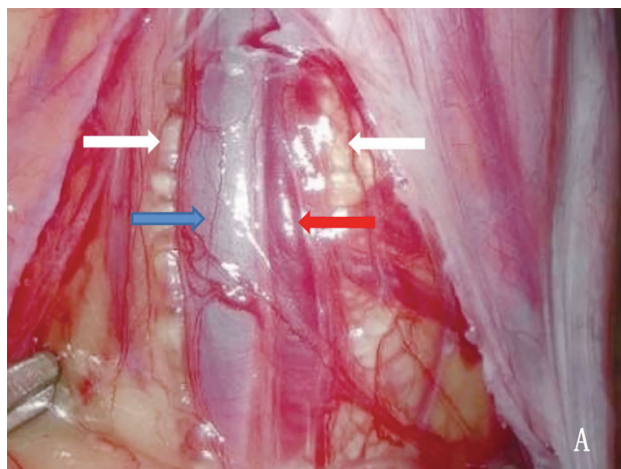


图1 4K腹腔镜手术[A:2.0倍率下清晰辨认深红色精索内动脉(红色箭头)、深蓝色精索内

静脉(蓝色箭头)及两侧透明的淋巴管(白色箭头),色差显著;B.精准游离3支精索内静脉(电针所指为精索内动脉)]

1.3 随访及观察指标

精索内动脉识别率^[8];经过精索血管分离,腹

腔镜下可视及精索内动脉搏动的侧别数量与该组病例精索静脉曲张发病总侧别的比值。动脉识别情况

通过查阅手术记录进行统计。术后1周随访时主要观察附睾炎、阴囊水肿、鞘膜积液情况。术后3个月、6个月随访时进行查体、阴囊超声及精液常规检查。精子密度升高 $\geq 20\%$ 或精子活力a+b升高 $\geq 5\%$ 视为精液质量改善^[9]。治愈标准:彩超检查在Valsalva动作时精索静脉无反流信号;复发标准:术后6个月进行阴囊触诊与彩超检查,两者均达到临床型精索静脉曲张的诊断标准,判定为术后复发^[6]。

1.4 统计学处理

应用SPSS 17.0软件进行数据分析。定量资料以均数 \pm 标准差表示,采用独立样本t检验,若不服从正态分布,以中位数和四分位数M(Q₁, Q₃)表示,采用秩和检验,计数资料比较采用 χ^2 检验,等级资料采用秩和检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

4K组精索内动脉识别率高于常规组,手术时间

短于常规组,鞘膜积液发生率低于常规组。术后随访6个月,两组均无附睾炎、睾丸萎缩发生;4K组精液质量改善率高于常规组,两组阴囊水肿发生率、复发率差异无统计学意义(P>0.05)。见表2。



图2 常规高清腹腔镜手术,淋巴管辨认困难,3支精索内血管,色差不显著,未见搏动,无法确认精索内动脉

表2 两组患者观察指标的比较($\bar{x}\pm s$)

组别	精索内动脉识别率* [n(%)]	手术时间 (min)	精液质量改善率 [n(%)]	鞘膜积液 [n(%)]	阴囊水肿 [n(%)]	复发率 [n(%)]
4K组	56(100.0)	24.9 \pm 6.6	34(68.0)	0	0	2(4.0)
常规组	31(51.7)	30.5 \pm 8.3	25(47.2)	6(11.3)	3(5.7)	5(9.4)
t χ^2 值	-	-3.795	4.526	-	-	1.199
P值	<0.001#	<0.001	0.033	0.027#	0.243#	0.273

*:4K组56侧,常规组60侧;#:Fisher确切概率法。

3 讨论

精索静脉曲张是指精索内静脉蔓状静脉丛的异常伸长、扩张、迂曲^[10]。曲张引起睾丸温度升高、缺氧、有毒代谢产物蓄积、氧化应激及DNA损伤,进而导致精液质量下降^[11-13],腹腔镜下精索内静脉高位结扎术效果可靠,在国内外得到广泛开展^[14]。其术式包括Palomo术与Ivanissevich术,前者对精索血管束束结扎,后者保留精索内动脉。由于保留精索内动脉可提高精子质量、降低睾丸萎缩与附睾炎的风险^[15-16],因此多数学者倾向于Ivanissevich术^[17]。有学者报道^[18],Ivanissevich术后复发率高达12%,可能与动静脉识别困难导致静脉漏扎有关。因此,有效识别与分离精索内动脉、淋巴管是腹腔镜手术的关键。

腹腔镜手术中精索内动脉识别与保留的成功率并不高,动脉痉挛或损伤、血管出血均可导致动脉识别困难或失败。余伟民等^[19]报道,术中仅43%(31/72)成功分离出精索内动脉,57%的患者因动脉识别困难、分离失败而改行Palomo术。为提高精

索内动脉识别率,张宇等^[2]通过吲哚菁绿显像技术显影精索内动脉。Guo等^[3]使用5mm的腹腔镜多普勒超声探头辅助辨认精索内动脉。对于精索内淋巴管的识别,目前常用亚甲蓝染色,但亚甲蓝可导致局部不良反应,如睾丸附睾炎、局部组织坏死^[20]。为改善精索内动静脉的识别、淋巴管的保护,我们曾报道3D腹腔镜下精索静脉精准结扎术,结果显示3D组精索内动脉识别率高于2D组,鞘膜积液发生率低于2D组^[8]。本研究中,4K组精索内动脉识别率达100%,高于常规组,我们认为这一优势一方面源于4K腹腔镜下可显示不同组织的色差,深红色为精索内动脉,深蓝色为精索内静脉,透明为淋巴管,容易辨认;常规腹腔镜下组织色差不明显,淋巴管辨认困难,在无动脉搏动的情况下无法确认;另一方面源于4K腹腔镜为脉管的游离提供了近乎显微外科的组织成像技术,操作精准,避免了常规腹腔镜手术中对血管误伤导致的血管痉挛、破裂出血等。

本研究中,4K组50例(56侧)均成功识别并保留精索内动脉,4K腹腔镜2.0倍率下可清晰显示精

索筋膜、淋巴管、血管表面筋膜及筋膜表面分布的细小血管,为镜下显微操作提供了重要保证。脉管分离与保护是腹腔镜操作的难点,为保证脉管分离的精准有效性,我们使用腹腔镜尖头钳、剪刀及腹腔镜电针进行近似显微外科的游离,在器械的相互配合下,分离脉管过程中以冷切开为主,尽量抓持筋膜游离,循筋膜无血管区切开,可有效避免筋膜表面血管损伤出血导致的术野模糊,减少电外科器械引起的血管痉挛与损伤,清晰的术野可快速识别精索内动脉、静脉、淋巴管,这也是4K组手术时间短于常规组的重要原因。4K组睾丸鞘膜积液发生率低于常规组,得益于对淋巴管的保留,淋巴管壁较薄,且易破裂,分离过程中应避免钳夹,以电针钝性分离为主。4K组精液改善率高于常规组,因术中对动脉、淋巴管的保护及静脉的精准结扎,共同保护了睾丸功能。

我们认为:(1)对于精索内静脉分支包绕的动脉,如分离困难,应继续向头端分离,寻找静脉主干。

(2)精索内动脉多位于精索内静脉内侧与外侧,部分患者可为2条,尽可能予以保护。(3)精索内动脉识别困难,主要因盲目钳夹、术区出血及电外科器械导致的血管痉挛、凝闭,因此,术中应尽量循筋膜分离,避免使用电外科器械。如发生术中出血,应尽量钳夹提起出血组织,纱布压迫止血;必要时小功率(<5 W)电针电凝止血。(4)分离腹膜、精索筋膜、血管筋膜时应逐层分离显露,轻柔操作,避免暴力撕扯导致淋巴管断裂、血管出血或痉挛。(5)精索筋膜的分离是关键,尤其血管间的筋膜组织,分离得当可减少术中静脉破裂出血,建议选用尖头抓钳与电凝针进行筋膜的挑拨抓取,以剪刀、电凝针进行锐性与钝性分离。

综上所述,4K腹腔镜精索静脉精准结扎术可有效识别、保留精索内动脉、淋巴管,疗效优于常规腹腔镜,有条件的医院可作为腹腔镜治疗精索静脉曲张的首选。

参考文献:

- [1] 李志坚,郑轶群,高新,等.腹腔镜保留动脉和淋巴管的精索内静脉结扎术和Palomo术疗效的对比研究[J].中国男科学杂志,2011,25(6):26-29.
- [2] 张宇,蔡思远,冯慧全,等.吡啶菁绿标记近红外荧光腹腔镜在精索静脉曲张高位结扎术中的应用[J].微创泌尿外科杂志,2023,12(4):264-269.
- [3] Guo LQ, Zhang XL, Liu YQ, et al. The application of laparoscopic Doppler ultrasound during laparoscopic varicocelectomy in infertile men[J]. Asian J Androl, 2017, 19(2):214-218.
- [4] Wahba R, Datta R, Bu βhoff J, et al. 3D Versus 4K Display System-Influence of "State-of-the-art"-Display Technique on Surgical Performance (IDOSP-study) in Minimally Invasive Surgery: A Randomized Cross-over Trial[J]. Ann Surg, 2020, 272(5):709-714.
- [5] 周岩冰.机器人和4K腹腔镜在胃癌根治术中淋巴清扫的比较[J].临床外科杂志,2022,30(9):819-822.
- [6] 姜辉,邓春华.中国男科疾病诊断治疗指南与专家共识[M].北京:人民卫生出版社,2017:96.
- [7] 卢文红,谷翊群,贾孟春,等.世界卫生组织《人类精液检查与处理实验室手册(第6版)》简介[J].生殖医学杂志,2021,30(12):1661-1663.
- [8] 康延杰,魏澎涛,张寒,等.3D腹腔镜与2D腹腔镜精索静脉精准结扎术的疗效对比[J].国际泌尿系统杂志,2022,42(6):1065-1068.
- [9] 唐启胜,王磊,李瑞晓,等.腹腔镜下高选择性精索静脉高位结扎与显微镜下低位精索静脉结扎术的疗效对比[J].中华男科学杂志,2018,24(9):782-787.
- [10] 黄健,张旭.中国泌尿外科和男科疾病诊断治疗指南[M].北京:科学出版社,2022:990.
- [11] Seiler F, Kneissl P, Hamann C, et al. Laparoscopic varicocelectomy in male infertility: Improvement of seminal parameters and effects on spermatogenesis[J]. Wien Klin Wochenschr, 2022, 134(1-2):51-55.
- [12] Barradas V, Pereira Antoniassi M, Intasqui P, et al. Evaluation of oxidative stress in seminal plasma of adolescents with varicocele[J]. Reprod Fertil, 2021, 2(2):141-150.
- [13] Su JS, Farber NJ, Vij SC. Pathophysiology and treatment options of varicocele: An overview[J]. Andrologia, 2021, 53(1):e13576.
- [14] 杨成林,王凯强,王尉,等.经脐单孔腹腔镜下精准五步法保留睾丸动脉的精索内静脉高位结扎术治疗精索静脉曲张[J].实用医学杂志,2023,39(7):881-885.

(下转第863页)

- bot,2022,18(5):e2410.
- [22] Vleugels MPH, Rahimi M. Feeling of pulsations in artificial arteries with a real time haptic feedback laparoscopic grasper: a validation study[J]. *Surg Endosc*,2024,38(8):4222-4228.
- [23] Servais EL, Rashidi L, Porwal P, et al. Novel force feedback technology improves suturing in robotic-assisted surgery: a pre-clinical study[J]. *Surg Endosc*,2025,39(2):1217-1226.
- [24] Marescaux J, Leroy J, Rubino F, et al. Transcontinental robot-assisted remote telesurgery: feasibility and potential applications [J]. *Ann Surg*,2002,235(4):487-492.
- [25] 刘荣,赵国栋,孙玉宁,等. 5G 远程机器人手术动物实验研究[J/CD]. *中华腹腔镜外科杂志(电子版)*,2019,12(1):45-48.
- [26] 微创机器人. 通讯距离超 30000 公里实施前列腺癌根治“金标准”手术! [EB/OL]. (2024-11-20) [2025-03-08]. <https://www.medbotsurgical.com/news/385.html>.
- [27] 中国国家航天局. 全球首例基于卫星通信链路的超远程手术成功 [EB/OL]. (2025-01-08) [2025-02-20]. <https://www.cnsa.gov.cn/n6758823/n6758838/c10643878/content.html>.
- [28] Li J, Yang X, Chu G, et al. Application of Improved Robot-assisted Laparoscopic Telesurgery with 5G Technology in Urology[J]. *Eur Urol*,2023,83(1):41-44.
- [29] 吕海迪,张冲,郭柏鸿,等. 中国西部首例 5G 远程机器人辅助肾脏手术(附视频)[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*,2024,5(1):91-95.
- [30] Gao R, Zhao S, Aishanjiang K, et al. Deep learning for differential diagnosis of malignant hepatic tumors based on multi-phase contrast-enhanced CT and clinical data[J]. *J Hematol Oncol*,2021,14(1):154.
- [31] 闵美鹏,吴进,URBA RAFI,等. 全髌关节置换前人工智能(AI)规划的作用与意义[J]. *中国组织工程研究*,2024,28(9):1372-1377.
- [32] 桑成鹏,朱逸,王亚勤,等. AI 与 Mimics 软件行三维重建在胸腔镜下解剖性肺段切除术中应用的回顾性队列研究[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*,2025,32(3):313-321.
- [33] Chen K, Bandara DSV, Arata J. A real-time approach for surgical activity recognition and prediction based on transformer models in robot-assisted surgery[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*,2025,20(4):743-752.
- [34] Kim JWB, Chen JT, Hansen P, et al. SRT-H: A hierarchical framework for autonomous surgery via language-conditioned imitation learning[J]. *Sci Robot*,2025,10(104):eadt5254.
- [35] 曲发军,徐丁,虞永江,等. 经腹膜外途径行单孔机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术的临床应用(附 36 例报告)[J]. *腹腔镜外科杂志*,2022,27(8):607-611,617.
- [36] Sinha A, West A, Vasdev N, et al. Current practises and the future of robotic surgical training[J]. *Surgeon*,2023,21(5):314-322.

(收稿日期:2025-03-22)

(上接第 858 页)

- [15] Zhou J, Zhu W, Zhu T, et al. Application of Single-Hole Laparoscopy and Sentinel Lymph Node Imaging in Early Endometrial Carcinoma in Special Population[J]. *Comput Math Methods Med*,2021,2021:9285708.
- [16] Ulusoy O, Karakus OZ, Ateş O, et al. Successful outcomes in adolescent varicocele treatment with high-level laparoscopic varicocelectomy[J]. *J Pediatr Surg*,2020,55(8):1610-1612.
- [17] 汪波,程帆,张孝斌,等. 腹腔镜治疗精索静脉曲张两种术式的疗效比较[J]. *临床泌尿外科杂志*,2010,25(9):698-700.
- [18] Keene DB, Cervellione RM. Intravenous methylene blue venography during laparoscopic paediatric varicocelectomy[J]. *J Pediatr Surg*,2014,49(2):308-311.
- [19] 余伟民,阮远,饶婷,等. 青少年腹腔镜精索静脉高位结扎术:选择性结扎或集束结扎[J/CD]. *中华腹腔镜泌尿外科杂志(电子版)*,2016,10(5):45-47.
- [20] Stradling B, Aranha G, Gabram S. Adverse skin lesions after methylene blue injections for sentinel lymph node localization[J]. *Am J Surg*,2002,184(4):350-352.

(收稿日期:2025-03-12)

(英文编辑:吴龙超)