

传统腹腔镜技术在肾部分切除术中的应用现状及变化

吴怀亮,程帆,余伟民,饶婷

(武汉大学人民医院泌尿外科,湖北 武汉 430060)

摘要:肾肿瘤是泌尿系常见肿瘤之一,随着影像学技术的发展,早期肾肿瘤的比例有所增加,针对肾肿瘤的治疗成为国内外争相探索的领域。1993年 Winfield 等首次报道腹腔镜下肾部分切除术(Laprascopic Partial Nephrectomy, LPN),经过二十余年的不断发展,腹腔镜技术在治疗肾肿瘤方面的疗效得到越来越多泌尿外科医生的肯定。结合目前最新的研究,就传统腹腔镜技术在肾部分切除术的应用现状及变化进行综述。

关键词:腹腔镜检查;肾切除术;综述

doi:10.3969/j.issn.1009-6469.2017.03.007

The traditional laparoscopic technology application present situation and the change in partial nephrectomy

WU Huailiang, CHENG Fan, YU Weimin, RAO Ting

(Department of Urology, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan, Hubei 430060, China)

Abstract: Renal tumor is one of the common urinary tract tumors, with the development of imaging technology, the proportion of early renal tumor increased, for the treatment of renal tumors become rushed to explore areas at home and abroad. As Winfield first reported Laparoscopic Partial Nephrectomy (LPN) in 1993. After more than 20 years of development, the curative effect of LPN in treatment for renal tumors have been approved by more and more urology surgeons. Combining the latest research, the current situation and change of traditional laparoscopic techniques in Partial Nephrectomy (LPN) were reviewed.

Key words: Laparoscopy; Nephrectomy; Review

随着影像学技术的发展和人们防病意识的提高,早期肾肿瘤的发现率有所上升。腹腔镜下肾部分切除术(Laparoscopic Partial Nephrectomy, LPN)作为保留肾单位手术中的常见术式,已经成为治疗T1期肾肿瘤的推荐术式。LPN在肿瘤学以及外科原则上与开放保留肾单位手术相似。与腹腔镜下肾根治性切除术相比在取得相当的肿瘤学效果同时,术后病人肾功能得到更好的保留,而这已经扩展到了T3a期肾肿瘤。LPN的主要优势在于保留或者部分保留病人肾功能,减少术中出血和术后疼

痛,较短的术后恢复时间等。虽然目前机器人技术在泌尿系统手术特别是重建手术中有一定优势,但限于设备引进、治疗和维护成本、学习曲线等方面的原因,在我国尚处于初步运用阶段。同时机器人辅助腹腔镜需要有丰富的传统腹腔镜的经验为前提,因此传统腹腔镜下肾部分切除术在我国国情下仍然有着极其重要的地位和价值。笔者就目前国内外在传统腹腔镜下肾部分切除术这一领域的相关新变化、新尝试进行综述。

1 LPN 适应证

随着影像学技术发展和人们防病意识的增强,越来越多的无明显临床症状的早期肾肿瘤的得以被发现,LPN可以保留或者部分保留病人的肾功

通信作者:程帆,男,主任医师,博士生导师,研究方向:泌尿系肿瘤,
E-mail: urology1969@ yahoo. com. cn

- [37] BORAN C, KANDIRALI E, YILMAZ F, et al. Reliability of the 34βE12, keratin 5/6, p63, bcl-2, and AMACR in the diagnosis of prostate carcinoma [J]. *Urologic Oncology*, 2011, 29 (6): 614-623. DOI:10.1016/j.urolonc.2009.11.013.
- [38] JIANG N, ZHU S, CHEN J, et al. A-methylacyl-CoA racemase (AMACR) and prostate-cancer risk: a meta-analysis of 4385 participants [J]. *PLoS One*, 2013, 8 (10): 394-397. DOI: 10.1371/journal.pone.0074386.

- [39] SROKA WD, ADAMOWSKI M, SLUPSKI P, et al. Alpha-methylacyl-CoA racemase and hepsin as urinary prostate cancer markers [J]. *International Journal of Biological Markers*, 2015, 30 (4): e401-406. PMID:25982684.
- [40] 孙文国,夏利,蒋雷鸣,等. TMPRSS2-ERG、AMACR 和 p63 在前列腺癌中的表达及相关性 [J]. *安徽医科大学学报*, 2012, 47 (11): 1351-1355.

(收稿日期:2016-07-25,修回日期:2016-08-15)

能,避免术后肾功能不全所带来的问题,有研究就指出有相当数量的病人术前考虑为恶性肾肿瘤,LPN 术后证实为良性,这就避免了不必要的肾切除^[1],LPN 适应证与开放肾部分切除术基本相同,即:(1)绝对适应证:肾癌根治性切除术将导致总肾功能失代偿,比如:孤立肾肾癌、合并对侧肾功能较差或无功能的肾癌、双侧肾癌等;(2)相对适应证:对侧肾脏存在可能危及肾功能的疾患,如遗传性肾细胞癌、高血压、糖尿病、结石病或者肾血管病变等;(3)选择适应证:临床分期为 T1a、肿瘤位于肾脏周围而对侧肾功能正常者。欧洲泌尿外科协会将 LPN 推荐为临床 T1 期肾癌治疗的标准术式^[2],早期 LPN 考虑到多灶性或者复发等因素,多选择肿瘤直径 <4 cm 且位于一极,呈外生性生长的浸润深度 <1 cm 之肿瘤进行。随着腹腔镜技术、经验、设备的发展,LPN 的适应证得以扩展,只要确保切缘阴性,肿瘤大小不再是腹腔镜手术的禁忌。Simmons 等^[3]对直径 >4 cm ($n=58$) 的肾肿瘤病人采用 LPN,与肿瘤直径 <2 cm ($n=89$) 和肿瘤直径在 $2\sim4$ cm ($n=278$) 的两组病例进行对比,显示在肿瘤直径 >4 cm 的病例组取得良好治疗效果,该组在热缺血时间、切缘阴性率、术中术后并发症等方面差异无统计学意义。目前 LPN 已推广到 T2 期肿瘤^[2],只是比例相对较小^[4-5]。Richstone 等^[6]对于肾门肿瘤的采取 LPN,18 例病人取得良好效果,平均随访一年,未出现复发或者转移病例,国内刘茁等^[7]对内生型肾肿瘤采用后腹腔镜下肾部分切除术,结果显示:内生型肿瘤和非内生型肿瘤,在手术时间、术中出血量、术中并发症发生率、病理类型、术后住院时间、术后肾小球滤过率估计值(eGFR)及其变化率等方面差异无统计学意义($P>0.05$),提示内生型肿瘤行 LPN 是安全可行的。目前对于 T1b 期肾肿瘤,或者肾门型、内生型及孤立肾肾肿瘤,LPN 均安全可行,其对肿瘤的控制与开放肾部分切除术和根治性肾切除术相比效果相当^[1]。随着技术设备的进一步发展、经验的进一步积累,相信 LPN 将有更大的用武之地。

2 LPN 入路

LPN 有经腹途径和后腹膜途径两种入路,两者各有优劣势。

经腹入路优势在于:(1)穿刺点选择多样,可以根据不同肿瘤特点选择对术者手术方便的穿刺点,其操作空间大,对于体积较大的肾肿瘤,操作较便利;(2)经腹途径解剖标志清晰,术中出现损伤易于识别处理,对于初学者易于掌握;(3)对于既往有

腹膜后手术史的病人,经腹途径可以规避手术粘连带来的限制。当然经腹途径也有它的局限性,首先经腹需要对肠管进行游离牵拉,在处理体积较大肿瘤时扰动更明显,发生肠梗阻肠痿的风险较大,继而术后肠道功能恢复慢,住院时间有所延长。另一方面由于肾动脉位于肾静脉后方,经腹入路显露处理肾蒂较费时间,且既往有腹腔手术史的病人由于腹腔粘连等因素,经腹进入后往往分离困难,延长手术时间。后腹膜入路手术空间狭小,解剖标志少,立体感差,对于初学者来说较难掌握,学习曲线较长,对于下极肾肿瘤切除后的缝合较困难,但后腹膜入路有自身的优势,首先经后腹膜可直接进入手术野,可以快速直接的显露处理肾动脉,减少对肠道的干扰,降低肠梗阻,肠痿的风险,继而缩短肠道功能恢复时间,减少住院时间,引流物局限于后腹腔,避免腹腔污染及可能的肿瘤腹腔转移,同时此入路不受腹腔手术史的影响^[8]。手术入路的选择方面,有研究者^[9]认为,经腹途径和经后腹膜途径的主要操作步骤基本相同,两者在肿瘤学效应及术后肾功能恢复方面差异无统计学意义,因此这些因素不应影响入路的选择。Desai 等^[10]认为对于体积较大的,需要淋巴结清扫的肾肿瘤病人适合经腹腔途径,一般认为入路选择取决于肿瘤位置、大小、肿瘤浸润深度及术者经验,对于腹侧肿瘤或者浸润较深肿瘤需要半肾切除亦或体积较大肿瘤,一般选择经腹入路,而背侧肿瘤则选择经后腹腔入路^[9]。Martin Marszalek 等^[11]的一项研究显示:经腹途径 LPN 35 例经腹膜后途径 70 例两组在年龄/岁(T:59.3 比 R:60.1)、术前肾小球滤过率/ $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ (T:93.2 比 R:96.1)、肿瘤大小/cm(T:2.4 比 R:2.5)、肾肿瘤最大径、外凸率、最近距离、侧别、纵向位置(R. E. N. A. L)评分等方面差异无统计学意义,结果显示两者在热缺血时间、术中出血量、术后肾功能变化等方面差异无统计学意义,但在手术时间(T:139.3 min 比 R:83.9 min)和住院时间(T:7 d 比 R:5 d)方面,经腹途径明显较长。Ng 等^[9]的研究亦显示与经腹膜后途径相比,经腹途径的手术时间、热缺血时间等较长,但该项研究经腹途径手术的肿瘤直径/cm 较大(3.2 比 2.5; $P<0.001$)。Greg 等的研究^[12]显示经后腹膜入路表现出较低的出血量及再入院率,同时 Greg 认为手术时间与住院时间主要受肿瘤复杂性的影响,而非外科入路。两种入路的选择,不能一概而论,需考虑到肿瘤复杂性、术者经验偏好等,一些研究者尝试将优势联合应用于 LPN。Palou 等^[13]尝试将开放与腹

腔镜手术联合,其对6例病人进行该项手术,应用经腹途径,在传统位置 trocar 放置完毕后,在腹腔镜下显露分离肾脏和肾蒂血管,将上外侧辅助 trocar 切口扩至8 cm,将肾脏托起至该切口后于该切口进行肿瘤切除缝合,作者认为此法能够更好显露肾脏、更有效的处理肾血管,减少出血风险(平均失血量约267 mL)、降低热缺血时间(warm ischemia time, WIT)(平均WIT约13 min)。针对此, Nunez^[14]认为开放与腹腔镜联合途径相比于单纯腹腔镜手术在微创及术后镇痛方面无优势,且随着“零缺血技术”的应用,该联合途径的优势无从谈起。国内杨璐等^[15]在临床工作中发现,经后腹膜入路LPN过程中,手术空间狭小无意间会打开侧腹膜,此时大量气体经破口进入腹腔,腹膜后间隙塌陷,空间进一步压缩,操作更为困难,研究者尝试主动充分打开侧腹膜,使腹腔与后腹膜充分相通,压力一致,此方法称为“经腰腹联合途径”。华西医院采用该联合途径治疗肾肿瘤病人100例,其中A组30例(肿瘤位于左侧16例,右侧14例),肿瘤大小(4.2 ± 0.9) cm, B组30例(肿瘤位于左侧17例,右侧13例),肿瘤大小(4.3 ± 1.0) cm 均行RLPN; C组20例(肿瘤位于左侧12例,右侧8例),肿瘤大小(8.5 ± 0.9) cm, D组20例(肿瘤位于左侧10例,右侧10例),肿瘤大小(8.7 ± 0.9) cm, 均行经腰腹联合途径肾癌根治性切除术,结果显示:A、B组手术时间分别为(109.5 ± 22.5)、(110.7 ± 23.6) min, 热缺血时间分别为(24.0 ± 2.5)、(24.8 ± 2.4) min, 估计出血量分别为(61.0 ± 17.0)、(70.0 ± 15.5) mL, 均差异无统计学意义($P > 0.05$); C、D组手术时间分别为(100.8 ± 21.4)、(106.4 ± 20.5) min, 估计出血量分别为(40.0 ± 9.5)、(48.5 ± 9.0) mL, 均差异无统计学意义($P > 0.05$), 作者指出:经腰腹联合途径可以完成所有经后腹膜途径手术,对于直径>4 cm 或者位于腹侧位置的肾肿瘤行腹腔镜下肾部分切除术优势明显,也为对直径>7 cm 的肾肿瘤根治性切除带来足够空间,他同时指出,经腰腹联合途径因手术空间大、血管易于控制、不干扰胃肠道等特点,有助于完成体积较大、位置特殊的肾肿瘤手术,但不适合TNM分期较高的肾肿瘤,比如合并肾静脉、腔静脉癌栓的肾癌。国内杨波等^[16]提出腰腹联合三步法,显示其有一定临床价值,但大样本深入研究有待开展。王晓宁等^[17]提出经阴道自然腔道内镜手术辅助腹腔镜下肾部分切除术,认为其安全可行美观,不影响性功能。

对于不同入路的选择,国外学者多选择经腹途

径,而国内学者多习惯于经腹膜后途径,两者各有优劣,途径的选择受术者经验偏好的影响,同时也不断有研究者尝试创新,优势联合的领域亦将成为创新热点。

3 肾血管处理

Hung 等^[18]提出肾部分切除术的三大关键目标,即:肿瘤外科切缘阴性、最小的肾功能损伤、无泌尿系并发症的发生。可见肾功能的保护在肾部分切除术中的重要作用,肾血管夹闭被认为是标准的流程,夹闭肾血管后能提供无血的环境,有利于肿瘤的切除切口的缝合及其他并发症的识别,而同时暂时的血流中断可能导致肾脏的缺血再灌注损伤,对于术后肾功能的保护产生不利影响,安全的热缺血时间(warm ischemia time, WIT)阈值尚存争议。一项研究^[19]显示肾脏对于缺血的耐受力相当低, Bhayani 等^[20]认为55 min 的WIT不会明显影响到肾功能。Porgiglia 等^[21]研究了18例WIT在30~60 min 的行LPN的病人术后肾功能变化,发现热缺血时间>30 min 即对近期肾功能造成损害。Lane 等^[22]在一项对孤立肾的研究中发现WIT>20 min 即对术后肾功能产生不利影响。上述文献存在争议的一个原因在于观察肾功能的指标不同,亦或未能排除对侧肾功能的代偿,而另研究^[3]认为WIT每增加1 min 将增加5%的病人发展成为急性肾衰竭(AKI)和6%病人发展为慢性肾衰竭(CKD)的风险。有人^[23]认为术后长期肾功能主要受肾实质保留量的影响, Berczi 等^[24]在一项对于孤立肾病人行LPN术后肾功能术后肾功能变化的研究中显示:50例孤立肾病人行LPN[平均肿瘤直径(3.5 ± 1.9) cm、平均PADUA评分(7.6 ± 0.7)、平均热缺血时间(13.8 ± 6.5) min]术前和术后早期肾功能即肾小球滤过率分别为(62 ± 21) mL · min⁻¹ · 1.73 m⁻²和(44 ± 18) mL · min⁻¹ · 1.73 m⁻² ($P = 0.001$), 术后1~3年肾功能平均下降29%, 术后5年肾功能下降36%, 作者指出保留肾单位手术术后大部分病人发展为慢性肾衰竭,但只有少数病人需要透析治疗,肿瘤大小和热缺血时间对于术后肾功能有重要影响。根据目前研究,对于LPN术后短期肾功能影响较显著得因素为体积损失和热缺血时间^[25-26], 对于术后长期肾功能的影响研究^[27]认为肾实质保留量为最主要因素,热缺血时间为非独立影响因素。Berczi 等研究显示热缺血时间是LPN术后长期肾功能的一个危险因素^[24]。有证据^[27]显示冷缺血对于肾功能有保护作用等,但其在微创肾部分切除术中应用困难,基于夹闭肾血管对肾脏功能得不利影

响,有研究者尝试不错夹肾蒂进行微创肾部分切除术。Rais-Bahrami 等^[28] 回顾性比较了 126 例不夹闭肾动脉(Off-C)微创肾部分切除术(MIPN)病人与 264 例传统夹闭肾动脉(On-C)微创肾部分切除术病人围手术期效果,结果显示:Off-C 组预估出血量大于 On-C 组,但输血率相当(3.1% 比 3.0%),尽管 Off-C 组肿瘤直径小于 On-C 组(平均直径 2.4 比 4.5 cm, $P < 0.001$),内生型肿瘤所占比例 Off-C 组小于 On-C 组(14.9% 比 31.9%, $P < 0.001$),然而根据结果(100% 切缘阴性率、10.3% 总体术后并发症率、6.6% 的肌酐增长率),作者仍强调不夹闭肾动脉的技术在 T₁₋₂ 期肿瘤应用的安全性,此结论与 Guillonnet 的结论^[29] 相似。目前不阻断肾动脉的 LPN 主要应用于表浅外生型 T1a 型肾肿瘤^[30]。虽然回顾性研究^[28] 认为不夹闭肾动脉的 LPN 可应用于 T1b 期甚至更大的肿瘤,但 Chen 等^[31] 在实践中体会到不夹闭肾动脉的 LPN 在治疗 T1b 期肾肿瘤时存在不可控的术中出血风险,建议谨慎应用。对于内生型或者靠近肾门处的肿瘤,不主张应用非阻断肾动脉技术^[31-32]。

Shao 等^[33] 提出肾段动脉阻断技术(segmental renal artery clamping, SRAC),旨在识别出肿瘤的供血动脉并选择性阻断,SRAC 轻度增加 WIT 及术中出血量,获得优于全肾门阻断 LPN 的术后早期肾功能。Gill 等^[34] 则于 2011 年提出解剖性肾动脉分支血管显微分离技术,指出经肾门逐步分离出特异性供应肿瘤的三、四级供血血管并实施阻断,该技术使在“零缺血”情况下切除肾门或者内生型肿瘤成为可能^[32]。两者本质相似,即:精确阻断肿瘤的供血血管,避免肾门全阻断给肾功能带来的不利影响。应当指出肿瘤生长的部位血管不一定与区域血供一致,阻断主要或者二级动脉仍可造成正常肾实质的缺血损伤^[35],对于术前肾功能不全的病人术前血管显像效果不佳亦可影响到供血动脉的分辨,而阻断三、四级血管将增加手术难度和风险,因血管不完全阻断或动脉损伤导致出血量增加。Chen 等^[31] 的研究中将 187 例病人分为 A ($n = 93$)、B ($n = 94$) 两组,A 组根据肿瘤特点进一步分为 A1 组(非内生型、肿瘤直径 < 2 cm、远离肾门、 $n = 42$)行不阻断肾动脉 LPN; A2 组(由 1-2 支分支动脉供血之肿瘤、未达到 A1 标准、 $n = 22$)行选择性动脉阻断 LPN; A3 组(未达到 A1/A2 标准、 $n = 29$)行全肾动脉阻断 LPN, B 组行全肾动脉阻断 LPN, 结果显示: A 组在手术时间(122.3 min 比 110.2 min, $P = 0.001$)较 B 组长、术中出血量(151.1 mL 比 127.8

mL, $P = 0.017$)较 B 组多,而术后 1 年 GFR 减少量较 B 组低(5.1 mL · min⁻¹ 比 7.6 mL · min⁻¹, $P < 0.001$),作者认为个性化的 LPN 有助于对肾功能的保护。作者同时指出此研究因样本量及随访时间所限,有一点局限性,需要更多循证医学证据。而在 Porpiglia 等^[30] 的研究中指出全肾动脉阻断 LPN、选择性肾动脉分支阻断 LPN、不阻断 LPN,其 WIT、术后肾功能、术后并发症等方面差异无统计学意义,同时作者也指出需要大样本研究进一步验证。对于无肾动脉阻断、选择性肾动脉阻断或者超选择性肾动脉阻断技术而言,对于某些特定病例,应用效果良好,但仍有待更多循证医学论证。

Simon 等^[36] 提出选择性肾实质阻断技术,以其设计的实用工具——Simon 钳,在超声协助下于肿瘤边缘 2~3 cm 进行肾实质阻断,此法仅造成局部的实质缺血,出血少,但适用范围狭窄^[37]。Gill 和 Nguyen^[38] 则发明了早期去阻断技术,其本质是在全肾动脉阻断的背景下,在肾脏创面第一层连续缝合肾实质后,立即接触肾门阻断,据报道此方法 LPN 可缩短 WIT 50% 以上,但此法多由经验丰富的术者操作。

理想的肾部分切除术^[35] 是在完整切除肿瘤的同时,实现肿瘤切缘薄、病理学阴性、精细的切除缝合、残肾无缺血性损伤、最少最轻的并发症和快速的术后康复。无论是在传统入路 LPN 与其他方法优势的联合应用,还是术中肾动脉处理的不断创新,目的无非是向理想的肾部分切除术靠近,随着知识的更新、技术的革新、方式的创新,LPN 将带来更好的疗效和术后生活质量。

参考文献

- [1] ARON M, TURNA B. Laparoscopic partial nephrectomy: Newer trends[J]. *Indian J Urol*, 2009, 25(4): 516-522.
- [2] LJUNGBERG B, COWAN NC, HANBURY DC, et al. EAU guidelines on renal cell carcinoma: the 2010 update[J]. *Eur Urol*, 2010, 58(3): 398-406. DOI: 10.1016/j.eururo.2010.06.032.
- [3] SIMMONS MN, CHUNG BI, GILL IS. Perioperative efficacy of laparoscopic partial nephrectomy for tumors larger than 4 cm[J]. *Eur Urol*, 2009, 55(1): 199-207.
- [4] TAN HJ, WOLF JJ, YE Z, et al. Population-level comparative effectiveness of laparoscopic versus open radical nephrectomy for patients with kidney cancer[J]. *Cancer*, 2011, 117(18): 4184-4193.
- [5] MILLER DC, RUTERBUSCH J, COLT JS, et al. Contemporary clinical epidemiology of renal cell carcinoma: insight from a population based case-control study[J]. *J Urol*, 2010, 184(6): 2254-2258.
- [6] RICHSTONE L, MONTAG S, OST M, et al. Laparoscopic partial

- nephrectomy for hilar tumors; evaluation of short-term oncologic outcome[J]. *Urology*, 2008, 71(1): 36-40.
- [7] 刘茁, 孟一森, 范宇, 等. 后腹腔镜下肾部分切除术治疗内生型肾肿瘤的临床分析[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2015, (10): 726-731. DOI:10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2015.10.002.
- [8] WRIGHT JL, PORTER JR. Laparoscopic partial nephrectomy: comparison of transperitoneal and retroperitoneal approaches [J]. *J Urol*, 2005, 174(3): 841-845.
- [9] NG CS, GILL IS, RAMANI AP, et al. Transperitoneal versus retroperitoneal laparoscopic partial nephrectomy: patient selection and perioperative outcomes[J]. *J Urol*, 2005, 174(3): 846-849.
- [10] DESAI MM, STRZEMPKOWSKI B, MATIN SF, et al. Prospective randomized comparison of transperitoneal versus retroperitoneal laparoscopic radical nephrectomy[J]. *J Urol*, 2005, 173(1): 38-41.
- [11] MARSZALEK M, CHROMECKI T, AL-ALI BM, et al. Laparoscopic partial nephrectomy: a matched-pair comparison of the transperitoneal versus the retroperitoneal approach [J]. *Urology*, 2011, 77(1): 109-113.
- [12] GIN GE, MASCHINO AC, SPALIVIERO M, et al. Comparison of perioperative outcomes of retroperitoneal and transperitoneal minimally invasive partial nephrectomy after adjusting for tumor complexity[J]. *Urology*, 2014, 84(6): 1355-1360.
- [13] PALOU J, OLIVEIRA M, PARDO P, et al. Combined approach of laparoscopic and open surgery for complex renal lesions[J]. *Actas Urol Esp*, 2013, 37(2): 120-126.
- [14] NUNEZ C. Comment to: "Combined approach of laparoscopic and open surgery for complex renal lesions" [J]. *Actas Urol Esp*, 2013, 37(2): 127.
- [15] 杨璐, 陈勇吉, 高亮, 等. 经腰腹联合途径腹腔镜手术治疗肾肿瘤的临床研究[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2015, 36(1): 2-6. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2015.01.001.
- [16] 杨波, 高小峰, 王辉清, 等. 腰腹联合三步法腹腔镜肾部分切除术的初期临床应用体会[J]. *第二军医大学学报*, 2016, 37(1): 83-86. DOI:10.16781/j.0258-879x.2016.01.0083.
- [17] 王晓宁, 张国玺, 邹晓峰, 等. 经阴道自然腔道内镜手术辅助腹腔镜下肾部分切除术的临床研究[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2015, 36(3): 192-195. DOI:10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2015.03.010.
- [18] HUNG AJ, CAI J, SIMMONS MN, et al. "Trifecta" in partial nephrectomy[J]. *J Urol*, 2013, 189(1): 36-42.
- [19] PAREKH DJ, WEINBERG JM, ERCOLE B, et al. Tolerance of the human kidney to isolated controlled ischemia[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2013, 24(3): 506-517.
- [20] BHAYANI SB, RHA KH, PONTO PA, et al. Laparoscopic partial nephrectomy: effect of warm ischemia on serum creatinine[J]. *J Urol*, 2004, 172(4 Pt 1): 1264-1266.
- [21] PORPIGLIA F, RENARD J, BILLIA M, et al. Is renal warm ischemia over 30 minutes during laparoscopic partial nephrectomy possible? One-year results of a prospective study[J]. *Eur Urol*, 2007, 52(4): 1170-1178.
- [22] LANE BR, RUSSO P, UZZO RG, et al. Comparison of cold and warm ischemia during partial nephrectomy in 660 solitary kidneys reveals predominant role of nonmodifiable factors in determining ultimate renal function[J]. *J Urol*, 2011, 185(2): 421-427.
- [23] CHING CB, LANE BR, CAMPBELL SC, et al. Five to 10-year followup of open partial nephrectomy in a solitary kidney[J]. *J Urol*, 2013, 190(2): 470-474.
- [24] BERCZI C, THOMAS B, BACSO Z, et al. Long-term oncological and functional outcomes of partial nephrectomy in solitary kidneys [J]. *Clin Genitourin Cancer*, 2016, 14(3): e275-e281.
- [25] SIMMONS MN, HILLYER SP, LEE BH, et al. Functional recovery after partial nephrectomy: effects of volume loss and ischemic injury[J]. *J Urol*, 2012, 187(5): 1667-1673.
- [26] SIMMONS MN, LIESER GC, FERGANY AF, et al. Association between warm ischemia time and renal parenchymal atrophy after partial nephrectomy[J]. *J Urol*, 2013, 189(5): 1638-1642.
- [27] MIR MC, CAMPBELL RA, SHARMA N, et al. Parenchymal volume preservation and ischemia during partial nephrectomy: functional and volumetric analysis[J]. *Urology*, 2013, 82(2): 263-268.
- [28] RAIS-BAHRAMI S, GEORGE AK, HERATI AS, et al. Off-clamp versus complete hilar control laparoscopic partial nephrectomy: comparison by clinical stage [J]. *BJU Int*, 2012, 109(9): 1376-1381.
- [29] SIMONE G, PAPALIA R, GUAGLIANONE S, et al. 'Zero ischaemia', sutureless laparoscopic partial nephrectomy for renal tumours with a low nephrometry score[J]. *BJU Int*, 2012, 110(1): 124-130.
- [30] PORPIGLIA F, BERTOLO R, MORRA I, et al. Clampless laparoscopic partial nephrectomy: a step towards a harmless nephron-sparing surgery? [J]. *Int Braz J Urol*, 2012, 38(4): 480-488.
- [31] CHEN L, PAN X, CUI X, et al. Selection of personalized laparoscopic partial nephrectomy based on tumor characteristics: A preliminary study in a single center [J]. *Int J Surg*, 2015, 23(Pt A): 46-51. DOI:10.1016/j.ijssu.2015.09.025.
- [32] NG CK, GILL IS, PATIL MB, et al. Anatomic renal artery branch microdissection to facilitate zero-ischemia partial nephrectomy[J]. *Eur Urol*, 2012, 61(1): 67-74.
- [33] SHAO P, QIN C, YIN C, et al. Laparoscopic partial nephrectomy with segmental renal artery clamping: technique and clinical outcomes[J]. *Eur Urol*, 2011, 59(5): 849-855.
- [34] GILL IS, EISENBERG MS, ARON M, et al. "Zero ischemia" partial nephrectomy: novel laparoscopic and robotic technique [J]. *Eur Urol*, 2011, 59(1): 128-134.
- [35] GILL IS. Towards the ideal partial nephrectomy [J]. *Eur Urol*, 2012, 62(6): 1009-1012. DOI:10.1016/j.eururo.2012.07.034.
- [36] SIMON J, BARTSCH GJ, FINTER F, et al. Laparoscopic partial nephrectomy with selective control of the renal parenchyma: initial experience with a novel laparoscopic clamp [J]. *BJU Int*, 2009, 103(6): 805-808.
- [37] VIPRAKASIT DP, DERWEESH I, WONG C, et al. Selective renal parenchymal clamping in robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy: a multi-institutional experience [J]. *J Endourol*, 2011, 25(9): 1487-1491.
- [38] NGUYEN MM, GILL IS. Halving ischemia time during laparoscopic partial nephrectomy[J]. *J Urol*, 2008, 179(2): 627-632.