

## 达芬奇机器人手术系统在泌尿外科的临床应用体会

沈周俊 王先进 何 威

(上海交通大学医学院附属瑞金医院泌尿外科,上海市 200025)



沈周俊,二级教授,主任医师,博士生导师,上海交通大学医学院附属瑞金医院泌尿外科主任。现为卫生部泌尿外科专科医师准入专家委员会委员,中华泌尿外科学会肿瘤学组委员,中华男科学会委员,上海泌尿外科学会副主任委员、微创学组组长;为《European Journal of Surgical Oncology》(SCI)、《International Journal of Impotence Research》(SCI)、《Chinese Medical Journal》外审专家,担任《Asian Journal of Andrology》、《中华泌尿外科杂志》、《中华实验外科杂志》、《中华男科学杂志》、《中华腔镜泌尿外科杂志(电子版)》、《现代泌尿外科杂志》、《现代泌尿生殖肿瘤杂志》、《中国男科学杂志》等杂志编委。2012 年荣登“中国名医百强榜”。多篇论文在国际权威医学杂志如《British Journal of Urology》、《Asian Journal of Andrology》等发表,获得教育部科技进步一等奖、上海市科技进步奖三等奖等 6 项;承担国家自然科学基金课题 5 项,省部级课题 20 余项;发表论文 300 余篇,其中 SCI 收录 50 余篇;主编或参编书籍 10 余部。

随着科学技术日新月异的发展,外科手术正经历由传统开放手术到微创手术,再到机器人辅助手术的革命性变化。以智能腹腔镜达芬奇机器人手术系统(Da Vinci surgical system, DVSS)为主的内窥镜型外科手术机器人进一步拓宽了微创外科手术(minimally invasive surgery, MIS)的范畴,引领了微创手术的高新技术和前沿水平<sup>[1]</sup>。DVSS 在外科领域的广泛应用和发展是当今世界临床医学的里程碑,泌尿外科又是 DVSS 应用的最主要阵地之一,开展范围较广,技术较为成熟。现根据 DVSS 在国内外的最新进展并结合本中心的临床实践,对达芬奇机器人手术系统在泌尿外科中的临床应用作一总结和评述。

### 1 达芬奇机器人手术系统的发展和概述

机器人手术系统经历了伊索系统(AESOP, 1994 年)、宙斯系统(Zeus, 1999 年)、达芬奇系统(Da Vinci 2000 年)三代的发展。达芬奇机器人手术系统属于主仆机器人系统,他是美国食品和药物管理局(FDA)批准的第一个也是唯一一个可应用于外科临床治疗的智能内窥镜微创手术系统,也是目前世界上最成熟、应用最广泛的机器人手术系统<sup>[2]</sup>。2012 年,达芬奇手术机器人荣膺“近 50 年十项医学伟大发明”之列,并以其技术先进性、临床应用广泛性登上“2011 机器人十大新闻”。截止 2013 年 6 月 30 日, DVSS 全球装机达

2 799 台,其中美国 2 001 台,欧洲 443 台,亚洲 245 台,其他地区 110 台。目前, DVSS 已广泛应用于泌尿外科、心胸外科、普外科、心血管外科、妇产科、小儿外科、耳鼻喉科等临床领域。达芬奇机器人手术量增长迅速,仅 2011 年全球实施达芬奇机器人手术 36 万余台, 2012 年全年实施 45 万台, 2013 年前 8 个月就已完成 53 万台。2006 年 12 月 20 日中国人民解放军总医院引进了大陆第 1 台 DVSS,截止到 2013 年 6 月 30 日,大陆地区共装机 16 台,分别落户在中国人民解放军总医院(3 台)、中国人民解放军第二炮兵总医院、北京协和医院、北京地坛医院、复旦大学附属中山医院、复旦大学附属华东医院、上海交通大学医学院附属瑞金医院、上海交通大学医学院附属胸科医院、第二军医大学附属长海医院、南京军区南京总医院、重庆西南医院、沈阳军区总医院、济南军区总医院、第四军医大学附属西京医院等。截止到 2013 年 7 月 31 日,中国大陆地区共完成达芬奇手术 5 048 例,其中泌尿外科手术 1 127 例,占 22.3%。

2010 年 3 月至今,上海交通大学医学院附属瑞金医院泌尿外科沈周俊教授为主刀的团队,已成功开展了 110 例达芬奇机器人辅助的高难度手术,范围覆盖泌尿外科的大部分病种,包括保留勃起神经的根治性前列腺切除术、根治性膀胱切除术+原位双 U 回肠新膀胱术、肾上腺肿瘤切除术、肾部分切除术、根治性肾切除术、肾盂成形术、输尿管成形术、肾盂成型加铸型肾结石切除

手术、肾盂肿瘤根治术、膀胱阴道瘘修补术等,其中还包括一系列的探索与创新:机器人辅助手术治疗压迫腔静脉的肝后巨大(6~9 cm)嗜铬细胞瘤手术,国内最早开展机器人辅助膀胱全切+原位双U回肠新膀胱术<sup>[3,4]</sup>,国内最高龄(82周岁)机器人辅助前列腺根治性切除手术<sup>[5]</sup>,国内首例机器人辅助肾盂肾实质切开肾铸型结石手术,国内首例机器人辅助联合射频技术不阻断肾动脉的肾脏部分切除术,国内首例机器人辅助腹主动脉旁肾上腺外嗜铬细胞瘤切除术,机器人肾上腺手术的数量和难度均居国内首位。

## 2 达芬奇机器人手术系统在泌尿外科的应用

全世界范围内,泌尿外科是DVSS应用的最主要的领域,手术开展范围较广,主要包括根治性前列腺切除术、根治性膀胱癌切除术、根治性肾切除术、肾部分切除术、肾盂输尿管成形术、肾上腺切除术等。另外还有膀胱膨出修复术、直肠膨出修复术、膀胱阴道瘘修补、输尿管再植、输尿管重建、输尿管膀胱吻合、骶骨阴道固定、肾固定、肾囊肿切除、输精管吻合、精索静脉曲张手术等,大多数的泌尿外科手术都有成功使用DVSS的报道。主要临床应用体会分述如下。

2.1 机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术 机器人辅助腹腔镜根治性前列腺切除术(robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy, RLRP)是泌尿外科机器人应用的主要焦点,是目前所有泌尿外科机器人手术中,与开放和传统腹腔镜手术相比最具明显优势的微创手术<sup>[6]</sup>。目前在前列腺癌高发的欧美国家,RLRP几乎成为治疗局限性前列腺癌的金标准。在美国,RLRP已占前列腺根治术的80%左右。与开放和传统腹腔镜手术相比,RLRP虽手术时间稍长、手术费用较高,但具有出血少、并发症少、术后恢复快、住院时间短等优点,而且可以达到相同或更优的肿瘤学和功能学结果<sup>[7-10]</sup>。我们的临床实践也表明,RLRP在保留勃起功能和维持控尿正常方面有得天独厚的优势,这也是RLRP能够广泛开展的重要原因。

总体上,RLRP的适应证与开放手术和传统腹腔镜手术类似<sup>[11]</sup>。主要是临床分期≤T2c的中、低危前列腺癌,年龄<75岁或预期寿命>10年,PSA≤20 ng/mL, Gleason评分≤7分,能够耐受全身麻醉等。一般无绝对禁忌证,其相对禁忌证包括存在显著增加手术风险的疾病,严重出血倾向性疾病或血液凝固性疾病,预计寿命<10年,腹腔和(或)会阴手术史、放射治疗史、去势史及长期雄激素阻断治疗史,过度肥胖(BMI>40)和前列腺体积过大(>100g)等。但其适应证和禁忌证并非绝对的,他与开展机器人手术的医疗中心的器械设备及医

生的操作水平有很大关系。比如我们曾成功实施了一例82周岁的高龄高危RLRP<sup>[5]</sup>,手术顺利、并发症少、术后排尿功能恢复良好,目前已随访3年,患者仍健在,此为中国最高龄接受前列腺根治性切除术的患者。全世界的相关报道中,美国最高龄前列腺根治性手术为85周岁。我们认为RLRP更加微创,适用于更大的年龄范围、更严重的疾病病情。对于高危的前列腺癌患者(临床分期≥T3a、PSA>20 ng/mL、Gleason Score≥8分),可术前先进行新辅助内分泌治疗,病情允许再进行根治性手术<sup>[12]</sup>。总之,根据术者的临床经验和机器人手术技术,在刚开展RLRP时宜选择体型较瘦或前列腺体积较小的患者,熟练掌握此项技术后,可做前列腺体积较大或以前有前列腺手术史或体型肥胖的患者。

2.2 机器人辅助腹腔镜膀胱癌根治术 多项研究已表明,机器人辅助腹腔镜膀胱癌根治术(robot-assisted radical cystectomy, RARC)是治疗膀胱癌安全、微创、重复性好的方法,在术后并发症发生率、失血量、住院天数、输血量、淋巴清扫的广度、生活质量的恢复等方面均优于开放性根治性膀胱切除术(open radical cystectomy, ORC)<sup>[13-15]</sup>,切缘阳性率、生存率也和ORC相仿<sup>[16]</sup>,甚至于把这些因素考虑进去以后,RARC整体治疗花费并不比ORC多<sup>[17]</sup>,而且肥胖、心肺功能较差的高龄高危患者也能耐受RARC<sup>[18]</sup>。

作为一种复杂的大手术,RARC存在一定的学习曲线,因此推荐初学机器人手术的医师还是应该循序渐进,先从相对简单的手术做起。我科曾以达芬奇机器人手术系统成功完成大陆地区第1例机器人辅助腹腔镜根治性膀胱前列腺切除+开放性双“U”原位新膀胱术<sup>[3]</sup>,手术耗时300 min,至今存活3年余,复查无肿瘤复发及上尿路积水迹象。

RARC可以较好地保留神经血管,有利于术后排尿功能和性功能的恢复,并可与各种膀胱替代术或尿流改道术结合进行,对于需要行盆腔淋巴结清扫的患者,选择RARC更为合适。目前多采用体外建立新膀胱或尿流改道。随着技术的进步和器械的更新,特别是吻合器装置的改进,利用DVSS在体内完成新膀胱的建立或尿流改道是可行的,而且相关手术报道逐渐增多<sup>[19-21]</sup>。

2.3 机器人辅助腹腔镜肾部分切除术 由于DVSS的工作手臂具有6关节7方向自由度,并可提供10~15倍的三维立体手术视野,因此机器人辅助腹腔镜肾部分切除术(robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy, RALPN)可更有效地进行肿瘤切除和肾脏重建等操作,并在完成此操作的同时拥有<30 min的安全热缺血时间。由于机器人辅助腹腔镜手术的独特优势,RALPN使肾脏肿瘤被彻底、完整地切除,同时可以最大限度地保留正常肾脏组织。

难度越高的手术,机器人的优势越能得到体现。RALPN 的开展,已经突破了 T1a 期,肿瘤位于两极的限制。我们认为,在以下一些情况中,RALPN 的优势更为明显:①大体积的肾肿瘤:有经验的泌尿外科医生,为 4 cm 以上的肾肿瘤行 RALPN 并不增加手术的风险<sup>[22]</sup>。我科也曾行多例 4 cm 以上的 RALPN,均未出现明显不良反应和切缘阳性;②肾门部的肿瘤:肾门部位的肾肿瘤行保留肾单位的手术往往是普通腹腔镜的相对禁忌证,而机器人手术系统对血管的暴露十分清晰,通过动静脉的双阻断,肾门部位的 RALPN 是相当安全的<sup>[23]</sup>;③多发性肿瘤:多发肿瘤往往存在遗传倾向,对于这部分患者应首先保留肾单位(NSS)的手术,因为患者将来对侧出现肾肿瘤的概率很高,以 RALPN 为多发肿瘤行 NSS 是安全可行的<sup>[24]</sup>;④肾血管解剖复杂,需要多分支阻断或选择性阻断;⑤对侧肾功能不良的肾肿瘤:RALPN 的精细解剖可以明显降低热缺血时间,更大程度地保护了患肾的功能。

目前,已有探索在肾动脉不阻断(称零热缺血)的情况下做肾部分切除手术。我们也成功地开展了中国大陆首例达芬奇机器人辅助腹腔镜下联合射频技术不阻断肾动脉的肾脏部分切除术,对“零热缺血”进行了积极的探索。射频技术处理后的肾脏部分切除手术,因为具有零热缺血的优势,加上机器人辅助腹腔镜下切除肿瘤缝合切口更可靠。所以机器人辅助腹腔镜下联合射频技术的肾脏部分切除手术有望成为最理性的术式。

2.4 机器人辅助的泌尿系统整形手术 常见的有肾盂成形术、输尿管成形术、肾折叠术等。腹腔镜肾盂输尿管成形术是治疗肾盂输尿管连接处梗阻(ureteropelvic junction obstruction, UPJO)、肾盂积水、输尿管梗阻畸形等的传统金标准,机器人辅助肾盂输尿管成形术的广泛开展正日益撼动其地位<sup>[25,26]</sup>。另外,机器人整形手术的适应证较腹腔镜手术更宽,对于首次整形手术失败的病例,仍可以采用机器人手术而取得较好的疗效。由于机器人的缝合重建相当严密牢靠,所以对于一些患者特别是儿童患者,术后可以不放输尿管内导管,避免了导管相关并发症的发生。

我们在总结了数十例上尿路成形手术后,发现在以下几种情况下以达芬奇手术系统处理 UPJO 的优势更为明显:①异位血管压迫引起的 UPJO:引起 UPJO 的异位血管往往是副肾动脉或肾动脉的分支,对于需要保留的大血管,达芬奇机器人可以更为精细地将其后方 UPJO 离断再吻合于前方,避免误伤血管,影响患肾血供;②需要以 Anderson-Hynes 方式处理的 UPJO:相对于 Y-V 成形术,Anderson-Hynes 牵涉到更为复杂的吻合技术,因此达芬奇机器人手术系统的优势更能得到体现;③合并有结石的 UPJO:可以较容易的同期处理肾盂输尿管畸形

和结石,我们成功地完成了国内首例机器人辅助肾铸型结石手术;④肾内型肾盂的 UPJO:对于肾内型肾盂的 UPJO,达芬奇机器人手术系统不仅能够最大程度游离肾盂,并且能够同时行肾折叠术以减少肾内积水的空间;⑤儿童 UPJO<sup>[27]</sup>。

2.5 机器人辅助的肾上腺手术 目前腹腔镜手术已成为治疗大部分肾上腺病变的金标准,创伤小,恢复快。但传统腹腔镜也存在一些不足,特别是在处理疑难病例方面难度较大,如体积较大(>5 cm)、粘连甚至压迫大血管的肿瘤、患者过度肥胖等。2001 年 Horgan 等<sup>[28]</sup>应用 DVSS 首次成功实施了机器人辅助腹腔镜肾上腺切除术(robot-assisted laparoscopic adrenalectomy, RALA),其后 RALA 的报道逐渐增多,取得了较好的临床疗效。

上海瑞金医院泌尿外科平均每年施行各类腹腔镜肾上腺手术 300 例左右,积累了丰富的经验。自达芬奇机器人手术系统引进医院后,在发挥传统腹腔镜优势的基础上,我们尝试把这种先进的技术运用于疑难肾上腺病例的处理。目前我科已开展机器人辅助的各类肾上腺手术 32 例,手术量和手术难度均居国内首位。总结我们的机器人辅助肾上腺手术的经验,并与既往传统的腹腔镜肾上腺切除术进行比较,认为下列几种肾上腺病变适合以达芬奇机器人辅助腹腔镜手术来治疗:①体积巨大的肾上腺肿瘤:主要有肾上腺皮质癌、肾上腺嗜铬细胞瘤和一些肾上腺偶发瘤。我科曾经为一名肿瘤直径 11 cm 的患者行达芬奇机器人辅助腹腔镜手术,仅 15 min 就将肿瘤完整切除。②压迫或毗邻大血管的肾上腺肿瘤:主要指肾上腺嗜铬细胞瘤和皮质癌。这两者血液供应十分丰富,而且体积相对其他肿瘤而言较大,往往会压迫下腔静脉和或肾静脉。由于机器人的高清三维放大成像,使得肿瘤与大血管之间原本很窄小的间隙被放大了 10~15 倍,可以非常精细地将肿瘤从血管表面剥离,而不用担心误伤血管壁或肿瘤组织残留。我们采用机器人手术系统完成了 5 例压迫腔静脉的巨大(6~9 cm)肝后嗜铬细胞瘤手术,目前世界上罕见报道。③需要保留肿瘤旁正常肾上腺组织的肿瘤:对于明确单侧病变且影像学资料判断为腺瘤的患者,没有必要常例行单侧肾上腺全切,单纯行腺瘤切除即可<sup>[29]</sup>。将来如果对侧复发,手术方式的选择会留有较大的余地,这样可以最大程度避免发生肾上腺皮质功能不全的发生。④肥胖的患者:对于超重或肥胖的肾上腺肿瘤患者进行腹腔镜手术时,脂肪过多会导致粘连,术野暴露困难,并且干扰术中止血,机器人系统的人体动力学设计使手术医生疲劳感较轻,可以更为仔细轻松地进行操作。⑤异位嗜铬细胞瘤:异位嗜铬细胞瘤往往体积更大,与大血管关系更密切,分泌的儿茶酚胺量也更多,这些因素都使手术的难度增加,术中易出现血流动力学紊乱<sup>[30]</sup>。

机器人手术将视野放大 10 倍以后,术者可以将管径在 1 mm 以上的血管全部安全处理,增加手术的安全性。  
 ⑥肾上腺转移性肿瘤患者:对于肾上腺转移性肿瘤,手术关键在于保证切缘没有肿瘤组织残留、防止肿瘤术中破裂播散、完整切除肾上腺周围脂肪等<sup>[31]</sup>。既往多采取开放手术,不推荐 LA,尤其是那些有局部浸润和粘连的转移性肿瘤。而 RALA 优势在于处理切缘和粘连时更加精细、安全,避免肿瘤的局部复发。

### 3 达芬奇机器人手术系统的评价

机器人手术系统较传统腹腔镜有明显的优势,他是未来外科手术的发展趋势。但是,即便是目前国际上最先进的达芬奇机器人手术系统也不尽完善,其主要优缺点如下<sup>[32]</sup>。

3.1 达芬奇机器人手术系统的优势 DVSS 除继承了一般内窥镜手术的微创、出血及术中输血量减少、术后并发症少、住院时间短、提高医院病床周转率等优点外,其独特的优势主要有:①达芬奇机器人采用双通道光源、高清晰度三维立体成像系统,使图像更加清晰,能更好地辨认和保护神经血管束,术者还可以通过数码变焦改变视野范围而无需改变摄像头的插入深度;②机器人手由多关节组成,灵活自如,可以提供几乎可与人手相媲美的旋转、弯曲等动作,还可以进行动作的 1:1、3:1、5:1 等比例精细化,提高了重要脏器和血管、神经的分离处理时的精确性和灵敏度,这在盆腔的复杂性手术方面的优势尤为突出;③人机合一,减轻术者疲劳,通过机器手操作,滤除生理震动,避免了人的呼吸和生理颤抖对操作的影响,增强了手术的稳定性、安全性;④一般认为,机器人手术系统还有利于缩短腹腔镜手术的学习曲线。所以我们认为,对于既往传统腹腔镜手术经验较少的医生,在学习机器人手术的初期宜选择病种简单、患者情况较好的病例,而对于既往传统腹腔镜手术经验丰富的医生则可以较早尝试进行较复杂的操作,特别是对于肿瘤巨大、压迫或毗邻大血管、患者极度肥胖或合并其他疾病等传统腹腔镜较难处理的情况。

3.2 达芬奇机器人手术系统的不足 不足之处主要有:①设备的购置和维护费用昂贵,这是影响机器人手术系统在国内普及的主要因素;②缺乏触觉反馈,术者对手术野内的组织器官没有触觉感知,无法通过触觉判断血管、肿瘤等组织的弹性、搏动性、硬度、韧性等,这对于某些复杂的肿瘤根治手术尤为不利;③因机器人系统技术的复杂性,在使用过程中发生机械故障的几率大于一般的内窥镜手术系统;④庞大的机器需要较大的存储空间和大型手术室;⑤术前需要较长的系统安装时间;⑥人体内操作空间小,机器手器械之间容易发生碰撞等。

3.3 达芬奇机器人手术系统的发展方向 今后机器人手术系统发展的方向主要有:①完善触觉反馈,进一步加强人机交互;②加强图形图像处理,建立虚拟手术系统;③进一步提高机械手的灵活性和视野的精确度;④缩小机器人的体积和减少费用;⑤进一步提高机器人的智能化水平等。另外,新的机器人技术如单孔机器人腹腔镜、纳米机器人、经皮肾通道(PAKY)系统、软式机器人和自然腔道内镜手术(NOTES)、远程操作外科手术机器人系统等也正在蓬勃发展。

### 4 总 结

综上所述,科技的发展、技术的进步为现代医学提供了更为广阔的发展空间。国际上最先进的达芬奇机器人辅助技术在泌尿外科手术中的应用,使得临床开展更为精确、复杂的手术成为可能。机器人手术系统具有高度放大清晰的三维视野、精细灵活的机械手臂、减轻术中疲劳等明显优势,其应用范围已覆盖泌尿外科的大部分病种。空间越小,手术精确度要求越高,手术的复杂性越高、难度越大,机器人手术的优势也就越明显。其适应证除常规的根治性前列腺切除术、根治性膀胱切除术、肾部分切除术等以外,还适用于传统腹腔镜较难处理的情况,包括毗邻或压迫大血管的巨大肾上腺肿瘤、肾内铸型结石、复杂性肾盂输尿管畸形、过度肥胖患者等。随着术者经验的积累,机器人手术的安全性更好、患者恢复更快、手术疗效更加显著。我们有理由深信,在不久的将来,技术的改进必将进一步提高机械手的灵活性和视野的精确度,缩小机器人的体积和减少费用<sup>[33]</sup>,必将使机器人在医学领域的应用更加广泛,并最终可以达到使患者获得最佳治疗效果的目标。

### 参 考 文 献

[1] 沈周俊,王先进. 机器人辅助腹腔镜手术在泌尿外科的应用现状[J]. 现代泌尿生殖肿瘤杂志, 2011, 3(1): 1-5.  
 [2] 沈周俊,王先进. 达芬奇机器人手术系统在泌尿外科领域的应用现状[J]. 中华医学杂志, 2012, 92(8): 505-506.  
 [3] 沈周俊,何威,钟山,等. 机器人辅助根治性膀胱前列腺切除术+原位双U形回肠代膀胱术[J]. 现代泌尿生殖肿瘤杂志, 2010, 2(4): 211-214.  
 [4] 沈周俊,钟山,何威,等. 机器人外科手术系统辅助腹腔镜在膀胱及前列腺手术中的优势(附4例报道)[J]. 上海医学, 2011, 34(1): 30-34, 封4.  
 [5] 沈周俊,何威,王先进,等. 机器人辅助腹腔镜手术治疗高龄高危前列腺癌的可行性初步探讨[J]. 中华腔镜泌尿外科杂志(电子版), 2011, 5(1): 62-65.  
 [6] 沈周俊,王先进,何威,等. 达芬奇机器人辅助腹腔镜

- 前列腺癌根治术的手术要点(附光盘) [J]. 现代泌尿外科杂志 2013, 18(2): 108-112.
- [7] Ficarra V, Novara G, Ahlering TE, et al. Systematic review and meta-analysis of studies reporting potency rates after robot-assisted radical prostatectomy [J]. *Eur Urol*, 2012, 62(3): 418-430.
- [8] Ficarra V, Novara G, Rosen RC, et al. Systematic review and meta-analysis of studies reporting urinary continence recovery after robot-assisted radical prostatectomy [J]. *Eur Urol* 2012 62(3): 405-417.
- [9] Novara G, Ficarra V, Mocellin S, et al. Systematic review and meta-analysis of studies reporting oncologic outcome after robot-assisted radical prostatectomy [J]. *Eur Urol*, 2012 62(3): 382-404.
- [10] Novara G, Ficarra V, Rosen RC, et al. Systematic review and meta-analysis of perioperative outcomes and complications after robot-assisted radical prostatectomy [J]. *Eur Urol*, 2012 62(3): 431-452.
- [11] 沈周俊, 王先进. 机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术 [J]. 老年医学与保健 2010, 16(4): 201-203.
- [12] 何威, 沈周俊, 祝宇, 等. 新辅助内分泌治疗结合机器人辅助根治性前列腺切除术治疗高危前列腺癌的优势 [J]. 临床泌尿外科杂志 2013, 28(1): 35-37.
- [13] Woods ME, Wiklund P, Castle EP. Robot-assisted radical cystectomy: recent advances and review of the literature [J]. *Curr Opin Urol* 2010 20(2): 125-129.
- [14] Novara G, Ficarra V, Zattoni F. Is robot-assisted radical cystectomy the right way to reduce complications in patients undergoing radical cystectomy [J]. *Eur Urol* 2011 59(2): 219-221.
- [15] Li K, Lin T, Fan X, et al. Systematic review and meta-analysis of comparative studies reporting early outcomes after robot-assisted radical cystectomy versus open radical cystectomy [J]. *Cancer Treat Rev* 2013 39(6): 551-560.
- [16] Martin AD, Nunez RN, Pacelli A, et al. Robot-assisted radical cystectomy: intermediate survival results at a mean follow-up of 25 months [J]. *BJU Int* 2010, 105(12): 1706-1709.
- [17] Martin AD, Nunez RN, Castle EP. Robot-assisted radical cystectomy versus open radical cystectomy: a complete cost analysis [J]. *Urology* 2011 77(3): 621-625.
- [18] Butt ZM, Fazili A, Tan W, et al. Does the presence of significant risk factors affect perioperative outcomes after robot-assisted radical cystectomy [J]. *BJU Int*, 2009, 104(7): 986-990.
- [19] Jonsson MN, Adding LC, Hosseini A, et al. Robot-assisted radical cystectomy with intracorporeal urinary diversion in patients with transitional cell carcinoma of the bladder [J]. *Eur Urol* 2011 60(5): 1066-1073.
- [20] Goh AC, Gill IS, Lee DJ, et al. Robotic intracorporeal orthotopic ileal neobladder: replicating open surgical principles [J]. *Eur Urol* 2012 62(5): 891-901.
- [21] Azzouni FS, Din R, Rehman S, et al. The first 100 consecutive robot-assisted intracorporeal ileal conduits: evolution of technique and 90-day outcomes [J]. *Eur Urol*, 2013, 63(4): 637-643.
- [22] Petros F, Sukumar S, Haber GP, et al. Multi-institutional analysis of robot-assisted partial nephrectomy for renal tumors >4 cm versus <= 4 cm in 445 consecutive patients [J]. *J Endourol* 2012 26(6): 642-646.
- [23] Eyraud R, Long JA, Snow-Lisy D, et al. Robot-assisted partial nephrectomy for hilar tumors: perioperative outcomes [J]. *Urology*, 2013 81(6): 1246-1251.
- [24] Boris R, Proano M, Linehan WM, et al. Initial experience with robot assisted partial nephrectomy for multiple renal masses [J]. *J Urol* 2009, 182(4): 1280-1286.
- [25] Braga LH, Pace K, DeMaria J, et al. Systematic review and meta-analysis of robotic-assisted versus conventional laparoscopic pyeloplasty for patients with ureteropelvic junction obstruction: effect on operative time, length of hospital stay, postoperative complications, and success rate [J]. *Eur Urol*, 2009 56(5): 848-857.
- [26] Bird VG, Leveillee RJ, Eldefrawy A, et al. Comparison of robot-assisted versus conventional laparoscopic transperitoneal pyeloplasty for patients with ureteropelvic junction obstruction: a single-center study [J]. *Urology* 2011 77(3): 730-734.
- [27] Lindgren BW, Hagerty J, Meyer T, et al. Robot-assisted laparoscopic reoperative repair for failed pyeloplasty in children: a safe and highly effective treatment option [J]. *J Urol* 2012, 188(3): 932-937.
- [28] Horgan S, Vanuno D. Robots in laparoscopic surgery [J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2001 11(6): 415-419.
- [29] Boris RS, Gupta G, Linehan WM, et al. Robot-assisted laparoscopic partial adrenalectomy: initial experience [J]. *Urology* 2011 77(4): 775-780.
- [30] Bruynzeel H, Feelders RA, Groenland TH, et al. Risk factors for hemodynamic instability during surgery for pheochromocytoma [J]. *J Clin Endocrinol Metab* 2010 95(2): 678-685.
- [31] Sancho JJ, Triponez F, Montet X, et al. Surgical management of adrenal metastases [J]. *Langenbecks Arch Surg*, 2012, 397(2): 179-194.
- [32] 王先进, 沈周俊. 机器人手术在泌尿外科的应用和评价 [J]. 国际泌尿系统杂志 2010 30(4): 456-460.
- [33] 王先进, 钟山, 沈周俊. 机器人手术的经济学探讨 [J]. 上海医学 2011 34(1): 70-73.

(收稿日期: 2013-08-20 修回日期: 2013-10-09)