

## 机器人手术系统在子宫移植中的应用进展

翟梁好, 董健, 陈必良

(空军军医大学西京医院妇产科 陕西 西安 710032)

**摘要** 子宫移植是治疗绝对子宫因素不孕症的唯一治疗方法。血管解剖困难、手术时间长、术中损伤是限制子宫移植发展的主要问题。微创技术可以缩短手术时间, 减少损伤, 有助于复杂血管的解剖。有研究团队实现了机器人辅助下子宫移植, 并且已经有后代成功分娩的报道。本文总结了已报道的机器人辅助下子宫移植手术, 通过分析现有数据, 讨论机器人手术系统在子宫移植中的应用及其影响。

**关键词** 不孕症; 机器人手术系统; 子宫移植; 微创手术

**中图分类号** R608 R713.4 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2021) 05-0342-05

## Application of robotic surgical system in uterine transplantation

ZHAI Lianghao, DONG Jian, CHEN Biliang

(Department of Obstetrics and Gynecology, Xijing Hospital, Air Force Medical University, Xi'an 710032, China)

**Abstract** Uterine transplantation is the only way for the treatment of absolute uterine factor infertility. Difficult vascular anatomy, long operative time and intraoperative injury are the main problems that limit the development of uterine transplantation. The minimally invasive technique can shorten the operation time, reduce injury and complexity in vascular anatomy. Some research teams have implemented robot-assisted uterine transplantation, and successful delivery has been reported. This paper aims to summarize the reported robot-assisted uterine transplantation, and discuss the application and impact of robotic surgical system in uterine transplantation by analyzing the available data.

**Key words** Infertility; Robotic surgical system; Uterus transplantation; Minimal invasive surgery

收稿日期: 2020-11-23 录用日期: 2021-02-26

Received Date: 2020-11-23 Accepted Date: 2021-02-26

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (81672583)

Foundation Item: National Natural Science Foundation of China(81672583)

通讯作者: 陈必良, Email: cblxjh@fmmu.edu.cn

Corresponding Author: CHEN Biliang, Email: cblxjh@fmmu.edu.cn

引用格式: 翟梁好, 董健, 陈必良. 机器人手术系统在子宫移植中的应用进展 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2021, 2(5): 342-346.

Citation: ZHAI L H, DONG J, CHEN B L. Application of robotic surgical system in uterine transplantation[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2021, 2(5):342-346.

随着微创技术的发展及人们对减少手术创伤的追求，腹腔镜手术已经成为治疗部分妇科疾病的首选手术方法。机器人辅助腹腔镜技术使盆腔内手术取得了进一步的突破<sup>[1]</sup>，目前腹腔镜和机器人辅助下手术已广泛应用于妇科疾病。机器人辅助下手术相对于开放手术，手术时间缩短，损伤较小且伤口更美观。

子宫移植手术作为治疗绝对子宫因素不孕症的重要方法，仍处于临床实验阶段。子宫血管尤其是子宫静脉的解剖结构复杂，解剖耗时较长，是子宫移植面临的一个重大挑战<sup>[2]</sup>，而且子宫静脉离输尿管很近，增加了术后输尿管阴道瘘的可能，这是活体供体进行子宫移植手术的主要缺点，此限制着子宫移植的发展。机器人手术的优点恰好可以解决这些问题<sup>[3]</sup>，因此将机器人手术应用到子宫移植有极大前景，对子宫移植的进步和发展有重大作用。

## 1 子宫移植概况

世界上约有 1/500 的女性受到绝对子宫因素不孕问题的困扰<sup>[4]</sup>，一般治疗对其无效。绝对子宫因素不孕包括：①先天性：先天性无子宫、苗勒管发育不良（MRKH 综合征）、始基子宫等；②后天性：刮宫术后子宫损伤，恶性肿瘤、胎盘植入等原因的子宫切除等<sup>[5]</sup>。目前这部分患者获得后代的方法主要是领养或者代孕<sup>[6]</sup>，但领养并不能使患者获得遗传学后代，而代孕在很多国家和地区是不被法律承认的，并且存在很多伦理争议<sup>[7]</sup>。因此子宫移植是治疗绝对子宫因素不孕的首选方法<sup>[8]</sup>。通过子宫移植，患者有机会获得自己的遗传学后代，同时避免代孕或领养可能带来的不良后果。

与大多数实体器官（心、肝、肾等）移植手术不同的是，子宫移植不是一种拯救生命的手术，而是一种提高生活质量的移植手术。患

者接受子宫移植并不是为了延长生命，而是为了经历妊娠、获得遗传学后代。因此子宫移植是一种暂时的移植<sup>[9]</sup>，移植的子宫有预期的时间限制（通常是 5 年左右，或怀孕不超过两次）。这种限制期既可以保证子宫移植后有足够时间进行妊娠分娩，又最大限度地降低术后免疫抑制药物治疗对受体的影响。

子宫移植手术可分为供体、受体手术两部分，供体手术又可根据子宫来源不同分为活体供体手术和死亡供体手术。子宫的活体或死亡供体各有优缺点<sup>[10]</sup>，与死亡供体相比，使用活体供体的子宫可以在移植前对供者及子宫进行细致和长期的评估，同时也能减少冷缺血时间和免疫排斥反应的发生率。目前大部分移植子宫来源于活体捐赠者。活体供体手术的主要困难是解剖血管花费时间久、容易造成输尿管损伤、对供体伤害大，这种风险可能会随着机器人在手术中的使用而降低<sup>[11]</sup>。

## 2 机器人手术系统在子宫移植中的应用

### 2.1 中国实施的机器人辅助下子宫移植

2015 年 11 月，中国西京医院陈必良教授为一对母女进行了世界上第 1 例达芬奇机器人辅助子宫摘除的子宫移植手术<sup>[12]</sup>。受体为一例 22 岁的 MRKH 综合征患者，供体为其 42 岁的母亲。供体手术时间为 6h，供体子宫切除时切取了子宫 / 髂前内动脉血管蒂和子宫 - 卵巢静脉，通过阴道取出子宫后，行双侧输卵管卵巢切除术。在国际上率先选用子宫 - 卵巢静脉，极大地降低了器官获取难度和减少了手术时间。受体手术持续了近 9h，使用标准的开腹手术和髂外血管吻合（供体子宫动脉、子宫卵巢静脉分别与受体髂外动静脉端侧吻合）。受体手术与之前瑞典的案例相比

时间较长,可能是因为子宫-卵巢静脉血管壁薄,比之前所用髂内静脉段吻合困难。

出血量:供体失血量约 100ml,受体失血约 490ml。并发症:供体术后无并发症;受体术后 17d 出现不适和低烧、 $CD_4 : CD_8$  比值为 2.2,提示发生急性排斥反应,静脉注射甲泼尼龙 3d 后排异反应得到控制和解决。受体于术后 40d 出现稳定月经。2019 年 1 月受体孕 34 周剖宫产分娩一男婴,这是世界首例机器人子宫移植术后的活产,这一成功案例说明子宫移植微创手术可以应用于子宫移植。

## 2.2 瑞典实施的机器人辅助下子宫移植

2017 年,在瑞典进行了机器人辅助下子宫移植手术的尝试<sup>[13]</sup>,受者为一例 33 岁 MRKH 综合征患者,供体为其 62 岁的母亲。供体手术总时间为 6h,包括机器人辅助腹腔镜手术和开腹手术两部分。机器人手术解剖子宫-阴道窝、动脉和输尿管的时间分别为 30min、160min 和 84min。开腹手术进行了保留卵巢及其血供的双侧输卵管切除术和髂内动脉(使用髂内动脉前支的主要部分,但保留每侧的后支主要部分以避免臀部缺血)、子宫-卵巢静脉的夹闭离断。受体手术为开腹手术,耗时约 400min,包括阴道穹隆的准备、血管吻合(供体髂内动静脉、子宫-卵巢静脉分别吻合到受体髂外动静脉)和子宫固定。

出血量:供体失血量约 400ml,受体失血约 200ml。并发症:供体术后出现了行走时右侧臀肌轻度疼痛,3 周后缓解;受体术后阴道-阴道吻合口出现狭窄,逐渐发展,在术后 9 个月(吻合口直径为 7mm)行阴道手术纠正狭窄。受者 2 个月后发现规律月经。术后免疫抑制治疗 10 个月,患者进行了胚胎移植,并于孕 36 周后通过剖宫产成功分娩一个健康男婴。

## 3 机器人手术系统在子宫移植中的优缺点

### 3.1 机器人手术的优点

与开腹手术相比,微创手术可以减少供体手术时间,有利于供体术后恢复,改善美容效果。在子宫移植手术过程中,活体供体的手术过程必须确保安全且破坏性最小,但同时要进行部分组织处理,为受体提供更好质量的子宫,采用机器人辅助来获取器官可以满足这些需求。机器人辅助下取活体供体子宫手术时间约为 6h,与开腹手术(瑞典 9 例为 10.5~13h)相比手术时间大大减少。中国实施的机器人手术供体出血量约 100ml,瑞典进行的机器人手术中供体出血量约 400ml。对比瑞典之前进行的 9 例开腹子宫移植手术,供体出血量 300~2 400ml,平均出血量约 920ml,且有 1 例术后发生输尿管阴道瘘。与传统的开腹手术相比,机器人手术耗时更短,组织损伤和出血更少。

目前详细报道的 45 例子宫移植案例中<sup>[6]</sup>,13 例(28.9%)需行紧急子宫切除术,其中 7 例(53.8%)是由于移植物血栓的形成。摘取子宫时对器官和血管的处理会导致再灌注后微循环的紊乱,从而导致血栓栓塞<sup>[14]</sup>。机器人手术相比于开腹手术减少了对血管的干预,从而降低了血管内膜损伤,有助于预防血管栓塞<sup>[15]</sup>。

机器人手术拥有三维高清视图(12 倍放大),利于操作者观察手术视野,同时拥有 7 个自由度的腕关节器械,可消除手部震颤,减少操作者疲劳。特别是当手术视野深而狭窄,以及需要精细解剖和微型缝合时,使用机器人进行解剖可以更好地暴露盆腔血管,有助于血管吻合,从而保障移植物的血液供应。同时,使用三维技术的腹腔镜进行血管解剖及使用血管夹减少血管的微小渗漏,减少了冷缺血时间<sup>[15]</sup>。

### 3.2 机器人手术的不足

在中国进行的机器人辅助下子宫移植手术中，并没有进行细致的子宫静脉解剖，而是直接使用子宫-卵巢静脉作为静脉流出，简化了手术。但是未绝经的供体必须进行双侧卵巢切除术，这种做法在伦理上有待争论。瑞典团队进行的机器人辅助下子宫移植手术虽然保留了供体卵巢，但手术的后半部分是通过开腹手术保留了卵巢及其血供。瑞典计划进行10例机器人辅助下子宫移植临床实践，希望在实践中可以逐步增加机器人在手术中的操作<sup>[16]</sup>。

子宫移植的术者需要进行专门的训练和大量妇科手术的经验。熟练掌握机器人辅助下根治性子宫切除术是实现机器人辅助子宫移植手术的必要前提<sup>[17]</sup>。进行机器人辅助下根治性子宫切除术同样需要丰富的盆腔深血管的解剖知识、精确的解剖技术和大量重复操作训练。这对术者提出了极高的要求，同时也限制了现阶段该术式的大范围推广。子宫移植手术是一项正在发展的新兴技术，未来将其在临床中普及仍有许多问题待解决。

## 4 讨论

自2014年瑞典团队首次报道人类子宫移植术后活产分娩，世界各地越来越多的报道证明子宫移植是安全可行的。机器人辅助子宫移植术后也已有活产报道，但该技术出现时间较短，尚无大样本和长期随访的资料可供参考。子宫移植技术的普及还需完善并解决更多的问题，机器人辅助下进行手术可以减少活体供体摘取器官对供体的影响，符合医疗技术的发展和方向，引领未来子宫移植发展趋势。

机器人辅助下子宫移植手术的关键：①将子宫动脉从髂内动脉的其他分支（闭孔动脉、阴部内动脉、髂腰动脉等）分离出来，暂时不

切断。在输尿管和子宫动脉交叉处分离出子宫动脉的下行支（阴道支）；②子宫深静脉的分离，这也是最难的环节。子宫静脉位于子宫动脉下方，贴盆底内层。深层解剖能识别出2~3个与子宫侧支静脉或阴道静脉吻合的大静脉，解剖这些血管的手术技术很复杂，风险特别大。因为这些血管与输尿管、阴道宫颈旁组织紧密相连；③将子宫周围准备切取的动脉和静脉游离好后，按次序切断子宫韧带（圆韧带、骶韧带）、子宫阴道旁组织及距离子宫颈外口下1~2cm离断阴道壁；④钳夹、切断足够长的动脉和静脉（先断静脉还是先断动脉意见不一）。陈必良教授团队切断动脉的位置在近髂内动脉分叉处，静脉回流采取的是卵巢静脉，所以钳夹、切断卵巢血管位置在高位盆漏斗韧带处；⑤为了减少感染机会，用一次性标本袋装好切取的子宫后从阴道取出。

卵巢静脉可分为子宫上静脉和卵巢静脉<sup>[18]</sup>，只使用子宫上静脉（从子宫上部到卵巢的静脉段）可以保存供者的卵巢，因为卵巢静脉（从卵巢到腹膜后的静脉段）仍然可以提供卵巢的流出。探究如何在机器人辅助下分离这些血管，使用子宫上静脉保留供者卵巢，增强子宫移植的可接受性，可能会促使活体子宫捐献者增多。使用机器人进行小口径血管吻合对现在的技术是一个巨大挑战，因此受体手术使用机器人进行移植血管吻合仍在探索中。机器人设备的小型化和大型动物血管吻合的专项训练平台的发展，使机器人辅助下受体血管吻合成为可能<sup>[18]</sup>。机器人手术系统将有希望全面应用在子宫移植手术中，使供体和受体共同受益。

机器人辅助下子宫移植手术应由妇产科主导，多学科共同协作完成。由于微创技术辅助子宫移植仍有待改进，因此无论成功还是失败，所有的数据都鼓励公开<sup>[19]</sup>，数据交流共享可以

极大促进该技术的发展。目前,世界各国的子宫移植研究方兴未艾,临床研究和组织工程技术<sup>[20]</sup>的开展有望开拓子宫移植新时代,机器人是通往这个新时代的必备工具。

## 参考文献

- [1] 吕小慧,陈必良. 达芬奇机器人手术系统在妇科手术中的应用[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2020, 1(1):57-60.
- [2] Kristek J, Johannesson L, Novotny R, et al. Human uterine vasculature with respect to uterus transplantation: a comprehensive review[J]. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, 2020,46(11):2199-2220.
- [3] Fornalik H, Fornalik N. Uterus transplantation: robotic surgeon perspective[J]. *Fertility and Sterility*, 2018,109(2):365.
- [4] Zitkute V, Kvietkauskas M, Leber B, et al. Ischemia and reperfusion injury in uterus transplantation: a comprehensive review[J]. *Transplantation Reviews*, 2020,34(3):100550.
- [5] Brännström M, Dahm Kähler P, Greite R, et al. Uterus Transplantation[J]. *Transplantation*, 2018,102(4):569-577.
- [6] Jones B P, Saso S, Bracewell-Milnes T, et al. Human uterine transplantation: a review of outcomes from the first 45 cases[J]. *BJOG*, 2019,126(11):1310-1319.
- [7] Söderström-Anttila V, Wennerholm U, Loft A, et al. Surrogacy: outcomes for surrogate mothers, children and the resulting families-a systematic review[J]. *Human Reproduction Update*, 2016,22(2):260-276.
- [8] Brännström M. Introduction: uterus transplantation[J]. *Fertility and Sterility*, 2019,112(1):1-2.
- [9] Brännström M, Dahm-Kähler P. Uterus transplantation and fertility preservation[J]. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, 2019. DOI: 10.1016/j.bpobgyn.2018.12.006.
- [10] Kvarnström N, Enskog A, Dahm-Kähler P, et al. Live versus deceased donor in uterus transplantation[J]. *Fertility and Sterility*, 2019,112(1):24-27.
- [11] Ayoubi J M, Carbonnel M, Pirtea P, et al. Laparotomy or minimal invasive surgery in uterus transplantation: a comparison[J]. *Fertility and Sterility*, 2019,112(1):11-18.
- [12] WEI L, XUE T, TAO K, et al. Modified human uterus transplantation using ovarian veins for venous drainage: the first report of surgically successful robotic-assisted uterus procurement and follow-up for 12 months[J]. *Fertility and Sterility*, 2017,108(2):346-356.
- [13] Brännström M, Dahm Kähler P, Kvarnström N, et al. Live birth after robotic-assisted live donor uterus transplantation[J]. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, 2020,99(9):1222-1229.
- [14] Puntambekar S, Telang M, Kulkarni P, et al. Laparoscopic-assisted uterus retrieval from live organ donors for uterine transplant: our experience of two patients[J]. *J Minim Invasive Gynecol*, 2018, 25(4):622-631.
- [15] Puntambekar S, Puntambekar S, Telang M, et al. Novel anastomotic technique for uterine transplant using utero-ovarian veins for venous drainage and internal iliac arteries for perfusion in two laparoscopically harvested uteri[J]. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, 2019,26(4):628-635.
- [16] Brnnstrm M, Dahm-Khler P, Kvarnstrm N. Robotic-assisted surgery in live-donor uterus transplantation[J]. *Fertility & Sterility*, 2018, 109(2):256-257.
- [17] Carbonnel M, Dahm-Kähler P, Revaux A, et al. Adapting surgical skills from robotic-assisted radical hysterectomy in cervical cancer to uterine transplantation: a look to an optimistic future![J]. *Journal of Robotic Surgery*, 2020, 14(6):841-847.
- [18] Johannesson L, Testa G, Flyckt R, et al. Guidelines for standardized nomenclature and reporting in uterus transplantation: an opinion from the United States Uterus Transplant Consortium[J]. *American Journal of Transplantation*, 2020, 20(12):3319-3325.
- [19] Brännström M, Enskog A, Kvarnström N, et al. Global results of human uterus transplantation and strategies for pre-transplantation screening of donors[J]. *Fertility and Sterility*, 2019,112(1):3-10.
- [20] Zaami S, Di Luca A, Marinelli E. Advancements in uterus transplant: new scenarios and future implications[J]. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 2019,23(2):892-902.