

膜解剖理念在机器人辅助腹腔镜下宫颈癌手术的应用及展望

韩世超, 那晶, 李亚, 陆俊玲, 王军

(大连医科大学附属第二医院妇产科 辽宁 大连 116027)

摘要 临床解剖是外科手术的基础, 外科手术技术的进步离不开对解剖知识的深入理解。对临床解剖的精准认知是微创技术发展和手术器械日益精细化的重要原因。在经历了平面解剖理论、间隙解剖理论的基础上, 现在临床解剖技术逐步形成了以胚胎发育起源为理论基础的膜解剖手术理念。机器人辅助下腹腔镜手术是继腹腔镜技术之后微创手术的重大突破, 特别是其灵活的手腕系统及三维放大的手术视野等优势, 在临床应用中迅速发展并得到广泛应用。宫颈癌手术作为经典的解剖型手术, 使机器人辅助腹腔镜手术的优势最大程度地发挥出来。而在膜解剖理念的指导下, 机器人辅助下广泛性子官切除手术得到进一步升华, 不但可以实现器官水平的无瘤, 也实现了组织胚源性无瘤, 从而极大地改善患者预后。

关键词 机器人手术系统; 膜解剖; 广泛性子官切除术; 宫颈癌

中图分类号 R713.4 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2023) 05-0456-08

Application and prospect of membrane anatomy concept in robot-assisted laparoscopic surgery for cervical cancer

HAN Shichao, NA Jing, LI Ya, LU Junling, WANG Jun

(Department of Obstetrics and Gynecology, the Second Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116027, China)

Abstract Clinical anatomy is the foundation of surgery, and the progress of surgical technology cannot be separated from the deep understanding of anatomical knowledge. The development of minimally invasive surgery and the change of surgical instruments have contributed greatly to the accurate cognition of clinical anatomy. Based on the plane anatomy theory and gap

收稿日期: 2022-05-09 录用日期: 2022-10-29

Received Date: 2022-05-09 Accepted Date: 2022-10-29

基金项目: 2022 年度辽宁省教育厅基本科研项目 (LJKFZ20220253)

Foundation Item: Scientific research project of Liaoning Provincial Department of Education in 2022 (LJKFZ20220253)

通讯作者: 王军, Email: wj202fck@163.com

Corresponding Author: WANG Jun, Email: wj202fck@163.com

引用格式: 韩世超, 那晶, 李亚, 等. 膜解剖理念在机器人辅助腹腔镜下宫颈癌手术的应用及展望 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2023, 4 (5): 456-463.

Citation: HAN S C, NA J, LI Y, et al. Application and prospect of membrane anatomy concept in robot-assisted laparoscopic surgery for cervical cancer [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2023, 4(5): 456-463.

anatomy theory, the concept of membrane anatomical surgery based on the theoretical origin of embryonic development has been gradually established. Robot-assisted laparoscopic surgery is a breakthrough in the development of minimally invasive surgery following laparoscopic technology, especially its flexible wrist system and three-dimensional enlarged surgical field, which are rapidly highlighted and widely used in clinical practice. As a classic anatomical surgery, cervical cancer surgery makes the advantages of robot-assisted laparoscopic surgery to maximize. With the guidance of membrane anatomy concept, robot-assisted laparoscopic radical hysterectomy could realize the tumor-free at organ level and even the embryonic cell level to maximally improve the prognosis of patients.

Key words Robotic surgical system; Membrane anatomy; Radical hysterectomy; Cervical cancer

解剖学是外科手术的基础，按解剖、按层次完成手术是所有手术安全的基础和保障。而手术技术的进步除了手术医生对疾病认识的不断深入和反复的技巧训练外，也离不开手术器械的更新和迭代。手术路径经历了开腹、腹腔镜、机器人辅助腹腔镜，我们对临床解剖的认知也在不断深入。最初的开腹手术大多是建立在平面解剖（层面解剖）理论上，利用自然的裸眼效果来进行手术操作，由于缺乏术野放大效应或对临床解剖的充分认知，此阶段大多手术局限在平面解剖理论下进行操作；随着腹腔镜设备及器械的诞生，利用其清晰、放大的视野和精准控血的能量器械进行手术，外科医生逐渐认识到脏器之间是存在间隙的，而这些间隙的精准解剖和游离可以实现精准、无血手术。随着对间隙解剖的认识不断深入，间隙解剖时代也随之而来。在腹腔镜技术的不断实践中，外科医生发现不同间隙之间的脏器有着不同的胚胎发育起源，即不同脏器之间的间隙是存在于两个不同的胚源单位之间的，而不同的胚源单位之间都是由自身在胚胎发育时期形成的膜所包绕，由此初步形成了膜解剖理念。

机器人手术系统的诞生使术者可以利用放大 10~15 倍的裸眼 3D 视野，加之可超越人手旋转角度极限的手腕系统，使得手术操作更加精准，从而实现组织器官的膜间分离，这不但可以实现器官边界的无瘤，也可以实现组织边界

的无瘤。本文主要对膜解剖理念指导下机器人辅助下宫颈癌手术的应用体会及前景进行报道。

1 膜解剖的理论基础

人体由单细胞的受精卵发育而来，因不同基因时序性表达，细胞经过不断地分裂、分化而形成特定功能区域，不同功能区域的细胞之间因亲和性不同而无法混合，逐渐划界出不同的细胞谱系限制区域，这在胚胎发育学上称为隔间^[1]。隔间组织均由侧中胚层间充质分化而来^[2]，分化呈现为 3 种形式的膜解剖结构：①外层紧贴胚源单位表面分化形成不含细胞的器官固有筋膜；②中间层分化形成紧邻器官固有筋膜的含有脂肪细胞的筋膜层（如肠系膜等）；③内层分化形成含有间皮细胞的浆膜层（如腹膜等）。所有脏器及框架结构表面都有一层由中胚层间充质分化而来的筋膜结构，包绕脏器和周围的脂肪组织及进出脏器的血管、神经和淋巴管等的最外层筋膜结构即是器官的组织学边界，承载着机体脏器不同功能分区，并分隔、固定脏器于正常解剖位置^[3]。

膜解剖理论的基础是筋膜胚胎发育学理论，胚胎发育过程中的胚源是发育成特定组织、脏器的核心，而脏器不同的组织形态和位置由发育过程中形成的系膜、邻近筋膜及其衍生的融合筋膜间隙隔间成不同的胚源单位，其表现出来的“边界效应”是由遗传组织学的规则决定^[2-4]。

膜解剖理念下的手术就是以组织器官胚胎发育过程中所形成的系膜、邻近筋膜及其衍生的融合筋膜间隙为解剖入路进行手术操作，最终完成器官的切除。

2 宫颈癌手术相关组织胚胎学理论

女性生殖道在胚胎发育过程中与副中肾管（又称苗勒管）胚源单位、泌尿生殖窦胚源单位相关^[3-4]。胚胎生长至9周，双侧副中肾管胚源单位头段形成两侧输卵管，中段和尾段在中线合并形成子宫体、子宫颈及阴道穹窿上段阴道。阴道上下段的组织来源不同，阴道上段来自副中肾管，下段来源于泌尿生殖窦。副中肾管最尾端与泌尿生殖窦背侧相接处构成副中肾管结节，该处的泌尿生殖窦上皮细胞及副中肾管尾端细胞同时增殖，形成实质性圆柱状体的阴道板，阴道板中隔约在胎儿12周末消失成为单一内腔并形成子宫阴道管^[5]。

胚胎生长至第3~4周，内胚层被卷入胚体内后形成原肠，其头段称为前肠，尾段称为后肠，与卵黄囊相连的中段称为中肠。后肠末段的膨大部分为泄殖腔。胚胎生长至第4~7周时在尿囊与后肠之间形成尿直肠隔，其逐渐向尾端生长并将泄殖腔一分为二，形成腹侧的泌尿生殖窦和背侧的原始直肠。泌尿生殖窦最终分化为泌尿生殖系统，原始直肠最终分化为直肠和肛管上段^[5-6]。

3 膜解剖在宫颈癌手术中的应用

宫颈癌是最常见的妇科恶性肿瘤之一，在全球女性恶性肿瘤的发病率和死亡率中居第4位^[7]。在宫颈癌手术过程中要精准掌握切除范围、严格遵循无瘤原则、有序完整地切除淋巴结，同时在病灶处理上要尽量减少肿瘤组织的暴露以减少腹腔种植的概率。基于膜解剖“边界效

应”理论，应完整切除宫颈癌手术系膜边界内相关组织，从而达到广泛性全子宫切除，并在减少肿瘤细胞暴露的基础上，更完整地切除肿瘤可能侵犯的相关组织。基于盆腔脏器不同胚源单位分化理论，宫颈癌根治性子宫切除术即副中肾管胚源单位脏器的完整切除。利用隔间的膜解剖不仅可以达到胚源单位的完整切除，同时可以减少出血或毗邻隔间脏器副损伤的发生。

针对宫颈癌手术范围，Querleu D 和 Morrow C P^[8]于2008年共同提出了宫颈癌手术Q-M分型，将盆腔器官、血管及神经等固定解剖结构作为标志，其于2017年重新修订^[9]，并被纳入美国国立综合癌症网络（National Comprehensive Cancer Network, NCCN）宫颈癌手术指南，成为当今宫颈癌手术分型的新标准。Q-M新分型根据其腹侧、背侧及侧方宫旁组织的切除范围分型。A型手术为最小根治手术，暴露但不游离输尿管，于输尿管与宫颈之间切除侧方宫旁组织，其范围介于筋膜外子宫切除与B型手术之间。B型手术在输尿管水平切除侧方宫旁组织，膀胱宫颈韧带及骶韧带只做部分切除，根据是否切除宫旁淋巴结，B型手术可分为B1型和B2型（切除宫旁淋巴结）。C型手术为广泛性子宫切除术，目前应用最为普遍。C型手术在髂内水平切除侧方宫旁组织，腹侧宫旁组织切除到膀胱水平，背侧宫旁组织切除到直肠或骶骨水平。根据是否保留盆腔自主神经，C型分为C1型（保留盆腔自主神经）及C2型。D型手术为侧盆扩大根治术，即要求宫旁组织切除至侧盆壁。

膜解剖理论的临床应用就是通过手术技巧识别、暴露膜解剖平面，进入正确的膜平面进行分离，保证胚源单位系膜的完整性，避免医源性癌细胞扩散，并根据手术切除范围进行分离和切除。故膜解剖平面的辨识尤为重要，其

主要有2种表现形式：①筋膜间隙，又称“神圣平面”，为脏器系膜界面之间潜在可拓展的间隙，间隙内可见呈白色发丝连接状态的疏松结缔组织，故称之为“天使的发丝”，此间隙的显露需要足够、适当的张力来建立；②融合筋膜，此处融合致密而坚韧，难以分离，膜解剖称之为“膜桥”，常见于器官系膜与腹膜下筋膜融合交汇处，切开后即进入下方疏松的筋膜间隙，如传统解剖学的膀胱子宫反折腹膜和直肠子宫反折腹膜^[4, 10]。

间隙解剖是膜解剖具体的显现方式，器官与器官或周围筋膜之间均有筋膜结构相连相隔^[11]。广泛性子官切除术即副中肾管胚源单位脏器的完整切除。副中肾管胚源单位与相邻的泌尿生殖窦胚源单位、输尿管芽胚源单位及后肠胚源单位之间的系膜形成的间隙，表现为副中肾管胚源单位腹侧与泌尿胚源单位的系膜分化形成的膀胱宫颈间隙和膀胱阴道间隙，以及与输尿管芽胚源单位的系膜分化形成的阴道旁间隙；其在侧方与泌尿生殖窦胚源单位的系膜形成了膀胱侧间隙，与后肠胚源单位系膜形成了直肠侧间隙；直肠侧间隙又被输尿管芽胚源单位系膜分为内侧的冈林间隙和外侧的拉氏间隙；其在后方与后肠胚源单位系膜形成了阴道直肠间隙，以上间隙均为融合筋膜间隙。因器官的血管、神经和淋巴管等均位于隔间系膜内，利用膜解剖技术游离上述乏血管的融合筋膜间隙，从组织胚胎学发育的角度出发，按照Q-M分型要求切除范围足够且组织学边界完整的子宫，从而将肿瘤同源性原始胚胎组织一并完整切除。

4 机器人辅助腹腔镜手术系统应用于宫颈癌手术的可行性

2018年10月31日，发表在新英格兰医学杂志上的美国安德森癌症中心子宫颈癌腹腔镜

手术（Laparoscopic Approach to Cervical Cancer, LACC）的实验研究让宫颈癌的微创手术治疗陷入尴尬的境地^[12-13]，由此引发了宫颈癌手术各方面、深层次的探讨。虽然目前NCCN指南仍然推荐开腹作为子宫颈癌根治术的标准入路^[14]，但国内专家基于中国国情和宫颈癌微创手术的真实世界研究得出的结果与LACC结论并不完全一致。因此，中国的专家共识^[15]认为在严格遵循无瘤原则的基础上，对FIGO分型为IB₁、局部肿瘤≤2 cm、无危险因素的患者适用腹腔镜或机器人辅助系统的微创手术^[16]，并强调在手术操作过程中应严格遵守无瘤原则并注意控制并发症，当然由技术成熟的医生担任术者也尤为重要。而在膜解剖理念指导下，结合机器人手术系统的优势，成熟的外科医生可以使宫颈癌根治术达到最佳的预后效果。

5 膜解剖理念指导下机器人手术系统在宫颈癌手术中的优势

膜解剖中融合筋膜间隙多少可见到发丝样的疏松结缔组织，而这种发丝结构需通过清晰放大的成像系统方可完美显露，且具有水化的特点^[10]，所以显露发丝结构所指示的神圣平面需要高质量显像系统的辅助，并尽量保持无血的视野。机器人手术系统突破了腹腔镜技术的一些限制，大大提高了手术的精度和可行性。相较于传统腹腔镜手术，机器人手术系统操作更为精细、稳定、微创，术野更加清晰，且有助于减缓术者疲劳等^[17]，这主要表现在以下几点：①借助于机器人手术系统的智能化机械臂及3D成像系统，术者可视术野图像与操控手柄在同一方向，眼手协调自然；其具有超越人手旋转角度极限的灵活手腕系统，机械手体积小、灵活度高，能够按比例缩小操作的动作幅度，且可自动滤除生理震动，大幅提高了手术精准

度,降低了误操作的风险。②高清 3D 显像设备的应用使术野呈现出能够放大 10~15 倍的高清 3D 图像,从而保证术者清晰辨认膜平面解剖结构,辨识血管及淋巴管,进一步提升手术精准度,减少出血及副损伤。③术者以坐姿控制操控台,无需穿手术衣长期站立于患旁,并可自行调整镜头,从而有效地降低术者因疲劳而出现差错的概率。

6 膜解剖理念下宫颈癌手术要点

用膜解剖理念解释,广泛性子官切除术可理解为副中肾管胚源单位内组织器官(子宫及输卵管)的完整切除,包括阴道上段及骶前筋膜与膀胱固有筋膜之间的结缔组织,同时也包括在该胚源单位边缘的筋膜融合间隙内的部分盆腔自主神经丛及分支、子宫动脉主干或分支、子宫静脉主干或属支以及周围脂肪组织等。间隙解剖是膜解剖的体现形式,切开膜桥后进入系膜与系膜床之间的融合间隙,拓展间隙,保持膜的完整性,解剖出泌尿生殖窦胚源单位、副中肾管胚源单位、后肠胚源单位及输尿管芽胚源单位(如图 1~2),即在膜解剖理念下实施的手术。

打开输尿管芽胚源单位与副中肾管胚源单位拉氏间隙、膀胱侧间隙及冈林间隙(如图 3),分离子宫动脉及膀胱上动脉,子宫动脉为副中肾管胚源单位组织;髂血管内侧离断,膀胱上动脉为泌尿生殖窦胚源单位组织,游离并保留,可作为两胚源单位隔间解剖标识。

利用“膜桥”分离副中肾管胚源单位与原肠胚源单位。因子宫直肠反折处为器官系膜与腹膜下筋膜融合交汇处融合致密而坚韧,故称为“邓氏筋膜”,其内部结构难以分离,容易发生膜解剖平面的混淆,故也可选择分离直肠侧方间隙(如图 4);两端对接,再分离直肠前

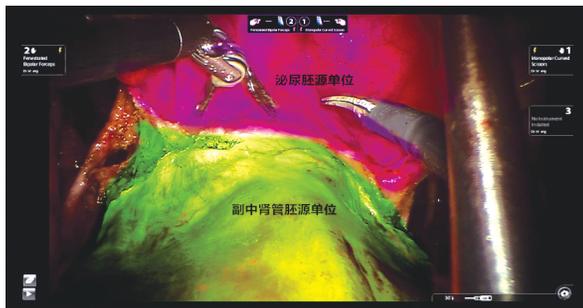


图 1 副中肾管胚源单位、后肠胚源单位
Figure 1 Paramesonephric duct embryogenic unit and hindgut embryogenic unit

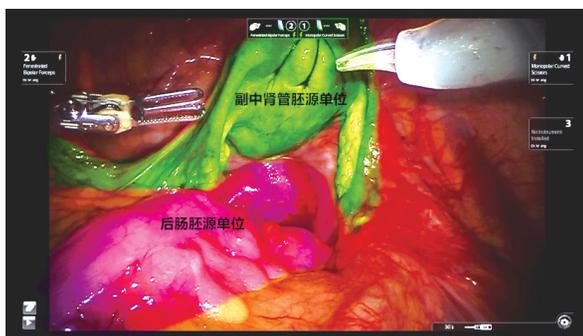


图 2 泌尿生殖窦胚源单位、副中肾管胚
Figure 2 Urogenital sinus embryogenic unit and paramesonephric duct embryogenic unit

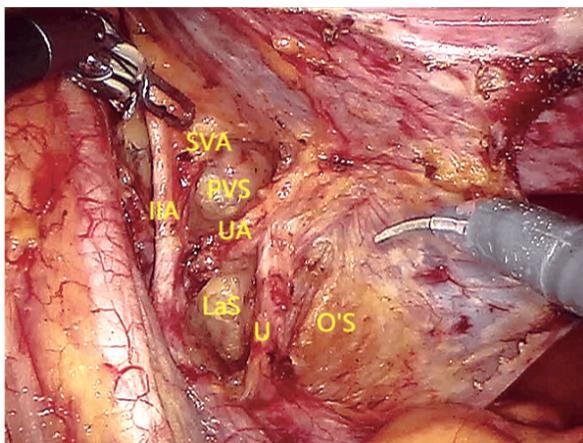


图 3 输尿管芽胚源单位与副中肾管胚源单位
Figure 3 Ureteric bud embryogenic unit and paramesonephric duct embryogenic unit

注: PVS. 膀胱侧间隙; LaS. 拉氏间隙; O' S. 冈林间隙; UA. 子宫动脉; IIA. 髂内动脉; U. 输尿管; SVA. 膀胱上动脉

方与子宫之间的“膜桥”，横断邓氏筋膜前叶后，进而逐步拓展间隙至所需切除范围水平（如图5）。

打开泌尿生殖窦胚源单位与副中肾管胚源单位间的融合筋膜，同样采用两侧向中间对接的方式（如图6），可以利用膀胱上动脉等解剖标识更好地找到不同胚源单位间的融合筋膜，找对平面后，逐渐拓展间隙（如图7）并充分打开膀胱宫颈阴道间隙，然后充分游离膀胱宫颈韧带，可见走行于其内汇入子宫深静脉的膀胱上静脉（如图8），紧贴膀胱固有筋膜切断膀胱宫颈韧带，充分游离输尿管芽胚源单位并

外推，注意来自子宫动脉的输尿管滋养血管。在正确层面进行游离输尿管芽胚源单位，对更好地保留膀胱血管下方背侧的下腹下神经丛至关重要。因膀胱静脉丛的变异及分支较多（如图9），膜解剖下的间隙解剖法可以避免能量器械对膀胱血管丛的过度处理，能够最大程度避免能量器械对盆腔自主神经（如图10）功能的损伤。

7 展望

妇科手术特别是宫颈癌手术已经迈入亚微观的膜解剖时代。机器人手术系统的应用、膜

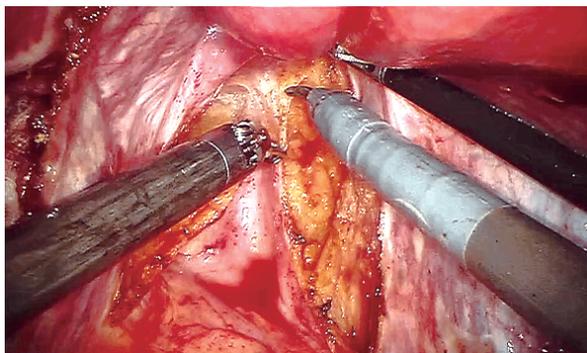


图4 直肠侧方间隙
Figure 4 Lateral rectal space

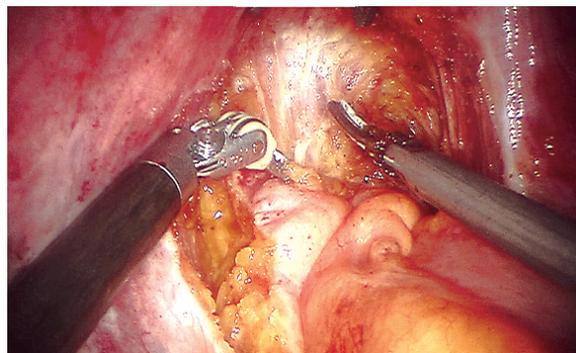


图5 阴道直肠间隙
Figure 5 Rectovaginal space

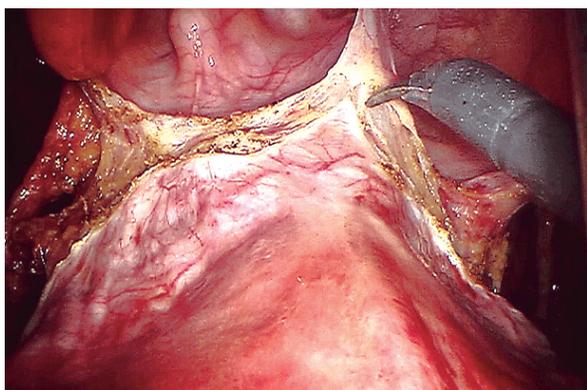


图6 打开泌尿生殖窦胚源单位与副中肾管胚源单位间融合筋膜
Figure 6 Open the fusion fascia between the urogenital sinus and paramesonephric duct

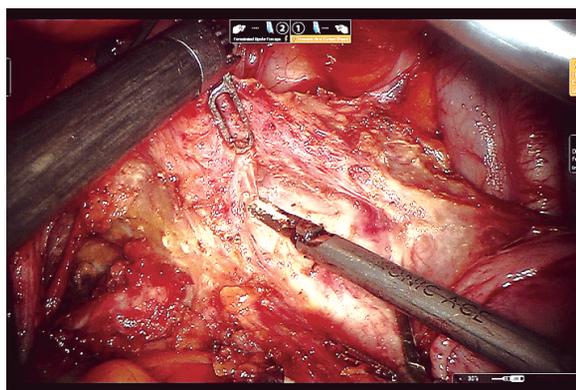


图7 膀胱阴道间隙
Figure 7 Vesicovaginal space

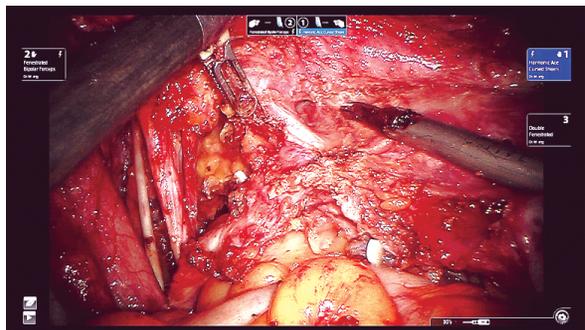


图 8 膀胱上静脉

Figure 8 Superior vesical vein



图 9 膀胱静脉丛

Figure 9 Vesical venous plexus

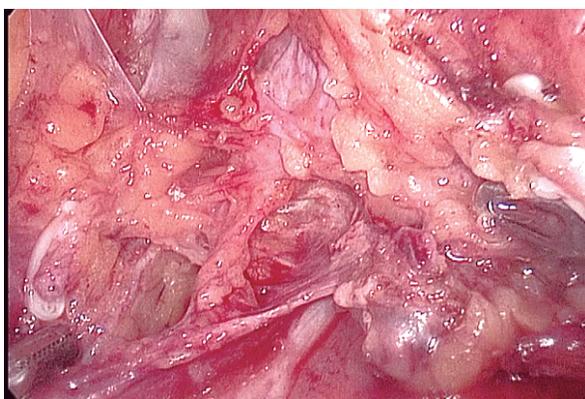


图 10 盆腔自主神经

Figure 10 Pelvic autonomic nerve

解剖理念的指导、手术范围的规范化加之技术娴熟的医生，三者结合能够实现患者受益最大化。不同胚源单位之间“庖丁解牛”式的间隙入路手术，可能会成为宫颈癌手术的主流术

式。在膜解剖理念指导下，机器人辅助腹腔镜下严格按 Q-M 分型要求的手术范围精准实施手术，能够实现组织胚源层面的器官广泛切除，不仅能达到器官边界的无瘤化，也能实现组织胚源性的无瘤，从而最大限度地加速围手术期患者康复并减少并发症的发生。未来笔者将进一步探索降低手术难度的手术技巧，缩短术者的学习曲线，使手术更加的规范化和同质化，以期使更多的患者获益。

参考文献

- [1] Höckel M. Morphogenetic fields of embryonic development in locoregional cancer spread[J]. *Lancet Oncol*, 2015, 16(3): e148-151.
- [2] SU X Y, LYU Y, WANG W Y, et al. Fascia origin of adipose cells[J]. *Stem Cells*, 2016, 34(5): 1407-1419.
- [3] 龚建平. 膜解剖的兴起与混淆[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2019, 22(5): 401-405.
- [4] 原林. 筋膜学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [5] 张建平, 金杭美. 女性生殖系统胚胎发育学研究[J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2005, 21(8): 463-464.
- [6] Santiago I A, Gomes A P, Heald R J. An ontogenetic approach to gynecologic malignancies[J]. *Insights Imaging*, 2016, 7(3): 329-339.
- [7] Ferlay J, Soerjomataram I, Dikshit R, et al. Cancer incidence and mortality worldwide: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012[J]. *Int J Cancer*, 2015, 136(5): E359-386.
- [8] Querleu D, Morrow C P. Classification of radical hysterectomy[J]. *Lancet Oncol*, 2008, 9(3): 297-303.
- [9] Querleu D, Cibula D, Abu-Rustum N R. 2017 Update on the Querleu-Morrow classification of radical hysterectomy[J]. *Ann Surg Oncol*, 2017, 24(11): 3406-3412.
- [10] Guimberteau J C, Armstrong C. 认识活体筋膜 - 细胞与细胞外基质之间的构成性世界[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2018.
- [11] Ngo C, Cornou C, Rossi L, et al. Evidence for the use of robotically assisted surgery in gynecologic cancers[J]. *Curr Opin Oncol*, 2016, 28(5): 398-403.

- [12] Ramirez P T, Frumovitz M, Pareja R, et al. Minimally invasive versus abdominal radical hysterectomy for cervical cancer[J]. *New England Journal of Medicine*, 2018, 379(20): 1895–1904.
- [13] Melamed A, Margul D J, Chen L, et al. Survival after minimally invasive radical hysterectomy for early-stage cervical cancer[J]. *New England Journal of Medicine*, 2018, 379(20): 1905–1914.
- [14] Koh W J, Abu-Rustum N R, Bean S, et al. Cervical Cancer, Version 3.2019, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology[J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2019, 17(1): 64–84.
- [15] 陈春林, 郎景和, 向阳, 等. 子宫颈癌腹腔镜手术治疗的中国专家共识 [J]. *中华妇产科杂志*, 2020, 55(9): 579–585.
- [16] 陈春林, 黎志强, 孙立新, 等. IA₁(LVSI+)~IB₂期子宫颈癌腹腔镜与开腹手术长期肿瘤学结局真实世界研究 [J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2020, 36(6): 536–543.
- [17] Arian S E, Munoz J L, Kim S, et al. Robot-assisted laparoscopic myomectomy: current status[J]. *Robotic Surgery: Research and Reviews*, 2017. DOI: 10.2147/RSRR.S102743.

· 简 讯 ·

《机器人外科学杂志（中英文）》征稿及 2024 年征订启事

《机器人外科学杂志（中英文）》（*Chinese Journal of Robotic Surgery*, 简称 CJRS）是由中国出版集团主管，世界图书出版公司主办，中国医师协会医学机器人医师分会和中国抗癌协会腔镜与机器人外科分会等协办的国内公开发行的机器人外科全学科学术期刊（CN 10-1650/R, ISSN 2096-7721），旨在刊载机器人外科学与智慧医学领域新进展、新成果、新技术，促进该学科的应用和发展，推动学术交流，提高我国在该领域的科研、临床水平和国际影响力。

本刊倡导理论与实践相结合，提高与普及相结合，并实行严格的专家审稿制度，依据稿件学术质量，公平、客观地取舍稿件。初设述评、临床研究、综述、基础研究、病例研究、专栏、讲座、教学研究、护理研究、指南与共识、学术争鸣、国内外学术动态等栏目。本刊为双月刊，大 16 开本，图随文走，全彩印刷，定价 50 元，全年 6 期（300 元），可直接向本刊编辑部订阅（户名：世界图书出版西安有限公司；开户行：工商银行西安市北大街支行；账号：3700 0205 0924 5232 147）。

本刊对录用论文免费快速发表，不收取作者任何费用，也未授权或委托任何个人或网站受理作者投稿，谨防诈骗。

投稿方式：1、官网投稿系统：www.jqrwkxzz.com；2、编辑部信箱：jqrwkxzz@163.com；编辑部电话：029-87286478；QQ：2713004807

本刊编辑部