

直肠癌盆腔的膜解剖与网络保留自主神经手术

韩方海 周声宁

中山大学孙逸仙纪念医院胃肠外科, 广州 510199

通信作者: 韩方海, Email: fh_han@163.com

【摘要】 全直肠系膜切除(TME)的提出,规范了直肠癌根治术的切除范围和手术分离平面,降低了局部复发率,提高了患者的生存率,是直肠癌根治术的“金标准”。随着近年来腹腔镜外科器械和技术的进步,对盆腔膜解剖和自主神经系统的认识加深,TME手术平面更加精准,自主神经系统可以得到比较完好的保留。根据尸体解剖和组织学研究确认,在直肠固有筋膜和盆腔壁层筋膜之间存在一层膜,即腹下神经前筋膜鞘,膜鞘内走行自主神经系统包括上腹下神经丛、左、右腹下神经、盆丛以及血管神经束。分布范围从腹膜后走向盆腔,沿直肠固有筋膜后面下行到骶前,到耻骨直肠肌上缘与直肠系膜末端融合,围绕直肠系膜侧面向前与邓氏筋膜后叶相连续。我们在解剖学研究和实证解剖学观察基础上,提出了网络性保留自主神经系统的概念:在保留自主神经系统主干的同时,保留神经分支和伴行血管,确保神经反射弧完整。该概念的提出,使得直肠癌根治术遵循TME原则的同时,可以最大程度地保护患者的排尿功能和性功能,改善患者术后生活质量。

【关键词】 直肠肿瘤; 膜解剖; 腹膜下筋膜鞘; 网络保留自主神经

Pelvic membrane anatomy and surgery with network preservation of autonomic nervous system for rectal cancer

Han Fanghai, Zhou Shengning

Department of Gastrointestinal Surgery, Sun Yat-Sen Memorial Hospital, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510199, China

Corresponding author: Han Fanghai, Email: fh_han@163.com

【Abstract】 The principle of total mesorectal excision (TME) standardizes the resection range and surgical dissection plane in radical rectal cancer surgery, reduces the local recurrence rate and improves the long-term survival. TME is the "gold standard" in radical rectal cancer surgery. However, with the progress of laparoscopic surgical instruments and techniques in recent years, further understanding of pelvic membrane anatomy and autonomic nervous system has been gained, which makes the surgical plane of TME more accurate and the autonomic nervous system better preserved. According to anatomical discovery and histological confirmation, there is a fascia between the mesorectal fascia and pelvic parietal fascia, called pre-hypogastric nerve sheath, in which autonomic nervous system courses, including the superior hypogastric plexus, left and right hypogastric nerves, pelvic plexus and the neurovascular bundles, from the abdominal to the pelvic cavity behind the mesorectal fascia. It fuses with the end of the mesorectum at the superior border of muscoli puborectalis, and goes around the mesorectum to join with Denonvillier fascia. On the basis of anatomical studies and empirical anatomical observations, we put forward the concept of network preservation of the autonomic nervous system: the main trunk as well as the nerve branches of the pelvic autonomic nervous system and accompanying blood vessels should be

DOI: 10.3760/cma.j.cn.441530-20210506-00190

收稿日期 2021-05-06 本文编辑 朱雯洁

引用本文: 韩方海, 周声宁. 直肠癌盆腔的膜解剖与网络保留自主神经手术[J]. 中华胃肠外科杂志, 2021, 24(7): 587-592. DOI: 10.3760/cma.j.cn.441530-20210506-00190.



preserved to ensure the integrity of the nerve reflex arc. The concept allows the radical resection of rectal cancer to follow the principle of TME, and meanwhile, protect patient's urination function and sexual function to the greatest extent, improving the quality of life of patients after surgery.

【Key words】 Rectal neoplasms; Membrane anatomy; Subperitoneal fascial sheath; Network preservation of the autonomic nervous system

直肠癌 TME 手术的提出建立在膜解剖研究基础之上,其临床意义有:(1)提出直肠系膜的概念:包括直肠固有筋膜的分布及其作用、与周围膜的关系等。(2)外科分离平面问题:要求沿正确的膜间隙锐性分离,切离面无血,同时可保留排尿和性功能,该膜间隙即所谓的神圣外科分离平面。(3)原则:Heald 等^[1]首次把 TME 的原则纳入直肠癌根治手术重要的一部分。在此基础上,Hohenberger 等^[2]提出了完整结肠系膜切除和 Quirke 等^[3]提出直肠癌全系膜切除标本评估标准等。(4)提出了“信封”学说:癌细胞可以沿直肠系膜内播散,发现了新的转移方式,该理念与中国学者龚建平教授发现的第五转移方式同出一辙。

上述理念是在传统开腹手术的基础上,提出在脏、壁层筋膜之间笼统的外科分离平面。而近年来随着腔镜外科技术进步,尤其 3D 腹腔镜和达芬奇机器人技术的应用,使术野放大 5 倍、8 倍甚至 10~15 倍,分辨率从高清到 4K、甚至 8K,在这样的术野下完成手术,对解剖学的观察和认识进入了“亚微解剖”的领域,引发了对保留盆腔自主神经系统技术和理念的转变。通过尸体解剖学和实证解剖学观察证明,腹盆腔有多层次的膜分布,与直肠癌精准外科手术有密切关系。以下介绍关于膜解剖和网络性保留自主神经的有关研究。

一、盆腔膜解剖

根据目前认识,盆腔膜结构层次分为直肠固有筋膜、腹下神经前筋膜、盆腔壁层筋膜(包括膀胱腹下筋膜)和盆壁筋膜 4 层。日本学者高桥孝^[4]通过开腹手术的观察认为,在直肠固有筋膜与腹膜后筋膜之间还存在一层筋膜。Kinugasa 等^[5]首次在尸体解剖学研究中采用显微解剖技术从组织学上确认,在直肠固有筋膜与盆腔壁层筋膜之间存在一层筋膜,并命名为腹下神经前筋膜。关于这层筋膜的起源和命名存有争议,有学者认为,腹下神经前筋膜是一个多层次膜结构,应命名为腹下神经筋膜鞘^[6];也有研究报道,建议将其命名为盆腔壁层筋膜内层^[7];由于与输尿管和生殖血管位于同一个膜内,也

被称为输尿管腹下神经前筋膜。

关于腹下神经前筋膜的来源,有学者认为,来自肾前筋膜和肾后筋膜是多层次膜分布,肾前筋膜内叶膜与肾后筋膜的前叶膜的中间夹着输尿管和生殖血管,在肠系膜下动脉下方互相交通,包裹肠系膜下动脉周围交感神经干和上腹下神经丛^[6]。腹下神经前筋膜鞘在直肠固有筋膜后方,与输尿管、生殖血管以及走向盆腔的自主神经系统位于同一层膜内;沿直肠固有筋膜后面下行至骶前,在直肠骶骨韧带部位多层次膜结构一起下行,到耻骨直肠肌上缘与直肠系膜末端融合。向前围绕直肠系膜侧面与邓氏筋膜后叶相连续^[7]。通过对膜层次的深入研究目前认为,TME 手术的正确间隙是直肠固有筋膜与腹下神经前筋膜之间。

二、自主神经走行的膜层次

在 TME 手术分离直肠后、外侧时,外科医生可以容易辨认自主神经主干的走行,但对于自主神经系统的确切走行层次及其与周围筋膜的关系,认识则比较混乱。开腹手术时代认为,自主神经系统走行在脏层和壁层筋膜间的疏松结缔组织中^[8]。也有学者认为,走行在壁层筋膜外侧,与盆腔壁层筋膜在同一层次内^[9];Takahashi 等^[10]认为,自主神经系统围绕盆腔脏层筋膜走行,并位于盆腔脏层筋膜内即直肠固有筋膜内;Havenga 等^[11]认为,神经走行在脏层筋膜两层之间的组织间隙内,且盆腔内高位和低位筋膜层次和分布不同。

近年来,有研究者根据解剖学研究和临床实证解剖学观察认为,盆腔自主神经系统走行在腹下神经前筋膜内^[12]。尸体解剖学研究发现,游离腹下神经前筋膜鞘后,透光镜下可看到腹下神经丛,左右腹下神经及其分支,盆腔神经丛分布在筋膜鞘内,组织学观察腹下神经前筋膜鞘由两层膜组成,其间有神经主干神经束和分支分布,并有血管伴行^[12]。

笔者团队在手术中观察发现,腹下神经分布在腹下神经前筋膜内,以腹下神经干为主,向两侧发出多个神经分支,见图 1A。每根神经都有一根伴行的血管,见图 1B。腹盆腔自主神经系统走行在腹下

神经前筋膜内,从腹主动脉前方一直延续到直肠后和两侧盆壁,包括上腹下神经丛、左右腹下神经及其分支、盆丛和神经血管束(neurovascular bundle, NVB),见图2。

NVB 位于覆盖前列腺的筋膜之间,由互相叠加的众多神经纤维组成,传导交感神经信号到前列腺、精囊腺、海绵体和输精管的末端^[13]。NVB 上部分布到精囊、输精管以及前列腺顶部,下部分布到阴茎海绵体以及会阴部(女性沿远端输尿管和阴道两侧下行到会阴体部)。NVB 以几乎包裹前列腺后面和外侧包膜表面的各种脂肪组织为依托,NVB 同样也笼状围绕精囊腺。前列腺的外形和大小也可以改变 NVB,是一个扇形分布的血管神经网,与外尿道括约肌和盆底的复杂结构和功能有密切关系,损伤 NVB 可引起勃起、射精以及分泌功能障碍等。

NVB 与盆腔筋膜的关系一直存有争议^[14-15]。一些学者认为,NVB 位于前列腺固有筋膜与邓氏筋膜或者肛提肌筋膜(levatorani fascia, LAF)之间,但是在 LAF 的外侧和邓氏筋膜背侧没有发现神经纤维。邓氏筋膜外侧与 NVB 融合或者邓氏筋膜分为前叶和后叶包绕 NVB,多个血管神经穿过前列腺外侧的固有筋膜。NVB 也有各种变异的神经分布,主要分布在前侧的侧后面,2/3 的神经分布在前侧的后侧面,1/3 分布到前列腺的前侧面。分布到前方的 NVB 主要支配肛提肌和前列腺,位于中后部的纤维主要支配阴茎海绵体,某些纤维从一侧到对侧,可以说明左右互相的神经代偿,NVB 的支配脏器功能不是绝对的,有各种变异的可能性。

三、膜结构研究与微间隙分离

根据 Culligan 等^[16-17]系膜结构组织学观察,直肠系膜后叶或者结构系膜后叶是间皮结构,但间皮细胞分布的数量比腹腔内系膜少,可以认为是肠系膜后叶退化的间皮结构,是类浆膜结构。两侧间皮结构中间为肠系膜,系膜内有血管、淋巴管和神经组织,脂肪细胞和结缔组织构成支架样结构。腹膜后壁层筋膜也主要由间皮细胞构成。膜结构中间是多层结缔组织结构,也是外科手术的分离平面。外科手术主要在筋膜间微小间隙的结缔组织内进行。盆腔内分离根据膜间组织密度差异,分为低密度区和高密度区。

盆腔低密度区:腹腔和盆腔筋膜之间主要由疏松结缔组织填充,结肠系膜后叶与腹腔脏层筋膜之

间的 Toldt 筋膜可以理解为两层膜之间的疏松间隙。如果以层次为中心来理解盆腔解剖,间隙是手术主要的剥离层次。直肠固有筋膜与腹下神经前筋膜之间有疏松间隙,是完成 TME 手术的解剖学基础。其他重要间隙包括:(1)骶前直肠固有筋膜与腹下神经前筋膜间的直肠后间隙;(2)腹下神经前筋膜与骶前壁层筋膜的骶前间隙;(3)两侧以直肠侧韧带(lateral rectal ligament, LLR)为中心,可以分为直肠后外侧间隙和前外侧间隙;(4)侧韧带下方,肛提肌周围间隙。

盆腔高密度区:由结缔组织和 NVB 构成,主要有 LLR 和直肠骶骨韧带。(1)LLR:也称为直肠蒂,直肠柱或者直肠翼,这个带状结构从盆腔侧壁延伸到直肠系膜,把直肠系膜拉向内侧时可以鉴别这个结构,从直肠侧壁走向尾侧盆腔壁,从直肠系膜的固有筋膜包裹走向盆腔壁层筋膜,LLR 是一个恒定的解剖结构,是血管、淋巴以及神经进入直肠的途径。LLR 前方与膀胱颈部、精囊、前列腺(女性的阴道后壁)相对;后方有尾骨肌和尾骨,有盆腔脏层筋膜延伸着;上方有直肠侧面的疏松结缔组织,即直肠旁组织;下方隔着疏松结缔组织与肛提肌相对;外侧接触面是膀胱腹下筋膜基部,有髂内动静脉分支的末梢部分;内侧接触面为直肠中部侧面,位于腹膜反折下方数厘米处。(2)直肠骶骨韧带:是直肠末端朝向前下方增厚的筋膜反折,从骶前筋膜 S4 水平到达肛门直肠上方的直肠固有筋膜,是直肠后壁远端游离的解剖学标志。直肠癌盆腔分离时先分离低密度、宽间隙,后分离窄间隙和高密度区域,这样既可以保证 TME 手术质量,又不损伤体内的膜结构,完好保留自主神经系统,见图3。

四、网络性保留自主神经技术

无论根据尸体解剖学研究、还是影像学研究都证明,盆腔自主神经系统呈现网络状分布,神经主干分支之间有吻合^[18-20]。盆丛发出支配盆底和肛提肌的神经分支;而 NVB 从盆丛前侧发出,片状分布纵行走向精囊腺和前列腺外侧以及尿道球部。技术上,无论开腹手术还是腹腔镜下,完好地保自主神经都是外科医生面临的挑战。我们在解剖学研究的基础上,提出了网络性保留自主神经系统的概念,即保留自主神经系统主干的同时,保留神经分支,确保神经反射弧完整,避免牵拉和缺血性损伤。我们发现,左、右腹下神经之间有神经吻合支,一侧腹下神经有多个神经分支,腹下神经同时向盆腔侧

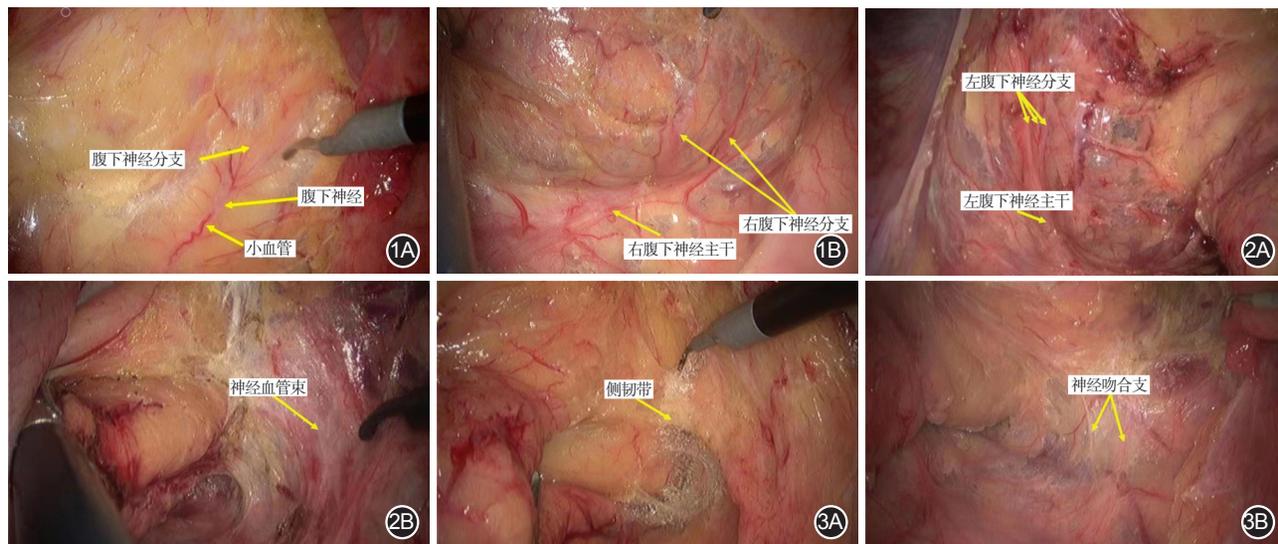


图1 右侧腹下神经走行(作者团队手术图) 1A.右侧腹下神经走向盆腔,同时向两侧发出多个神经分支,每条神经都有一根伴行血管;1B.右侧腹下神经分为2个主干神经分支,走向盆丛,每条神经发出多个小神经分支 **图2** 左侧腹下神经走行(作者团队手术图) 2A.汇入盆丛腹下神经分为3个分支,发出多个细小神经分支互相吻合,盆丛发出多个走向直肠的神经分支,神经主干和吻合支走行在腹下神经前筋膜鞘内;2B.左侧的神经血管束,走行在腹下神经前筋膜鞘内 **图3** 直肠癌盆腔分离(作者团队手术图) 3A.盆腔微间隙分离,先分离后外侧和前外侧低密度间隙,扩大微间隙,在处理高密度区域(侧韧带);3B.直肠固有筋膜与腹下神经前筋膜鞘间分离,可见腹下神经前筋膜鞘内细小的神经吻合支

壁发出多个小神经分支,S2、S3和S4之间互相吻合。见图4。

NVB走行在腹下神经前筋膜外侧,穿行邓氏筋膜走向前列腺,盆丛位于腹下神经前筋膜与盆腔壁层筋膜之间,先分离直肠后外侧和前外侧间隙,再切断分布到直肠的神经分支和血管,见图5。保留盆腔发出到盆腔侧壁、肛提肌以及NVB。对于盆腔自主神经系统的保留不仅考虑排尿和性功能,同时还要注意直肠下段和盆腔底部神经的保留,NVB的损伤与肛门内括约肌功能有关。我们要注意去神经化对直肠癌患者术后生活质量的影响。利用腹腔镜的局部术野放大效果,可以避免末端神经的损伤,尤其对NVB的保留具有重要作用。

五、膜解剖对保留自主神经系统的意义

正确理解直肠癌手术中盆腔膜层次与盆腔神经走行的关系,比如自主神经走行位于哪层膜内,与邻近膜的关系,术中需清晰辨别膜层次和微间隙,自然可以避免神经损伤。正确的膜间隙分离不仅可以微创、无血、完好保留神经,还可以避免损伤输尿管、生殖血管和骶骨前静脉丛等。腹腔镜外科的发展有助于详细了解膜的组成和结构,有助于完成膜解剖手术。传统的直肠癌TME手术排尿和性功能障碍发生率分别为10%~30%和40%~60%,术后12个月,勃起和射精功能障碍分别是50%和

43%^[21]。Wallner等^[22]研究证明,直肠癌TME手术外科损伤自主神经,是引起术后结直肠和排尿、性功能障碍的主要原因。

术中的无意损伤与对盆腔内的神经和筋膜解剖认识不足及可视性不良有关。神经损伤主要发生于肠系膜下动脉周围的上腹下神经丛和从骨盆神经丛发出经过邓氏筋膜两侧到前列腺精囊或者阴道的NVB^[23]。根据直肠癌的部位、侵犯范围等,如邓氏筋膜无明显受侵犯,应在邓氏筋膜后方进行分离,可减轻自主神经受损的机会。近年来,同时保留盆腔自主神经的TME手术,排尿和性功能障碍发生率分别降低至0~12%和3%~14%^[24]。高清腹腔镜和达芬奇机器人系统可以观察到亚微结构的解剖,在狭窄的盆腔内识别筋膜的位置和血管、神经的位置关系。Kim等^[25]研究表明,机器人与腹腔镜手术比较,尽管患者排尿和性功能障碍率没有明显差异,但是机器人术后康复较快。D'Annibale等^[26]比较了采用机器人手术系统与腹腔镜直肠癌TME手术后排尿和性功能的恢复时间,排尿功能恢复时间分别为3个月和6个月,勃起功能恢复分别为6个月和12个月,均明显缩短,其原因考虑与精细解剖、放大术野、轻柔操作以及牵拉等有关。机器人辅助系统可能有助于减少盆腔自主神经损伤。

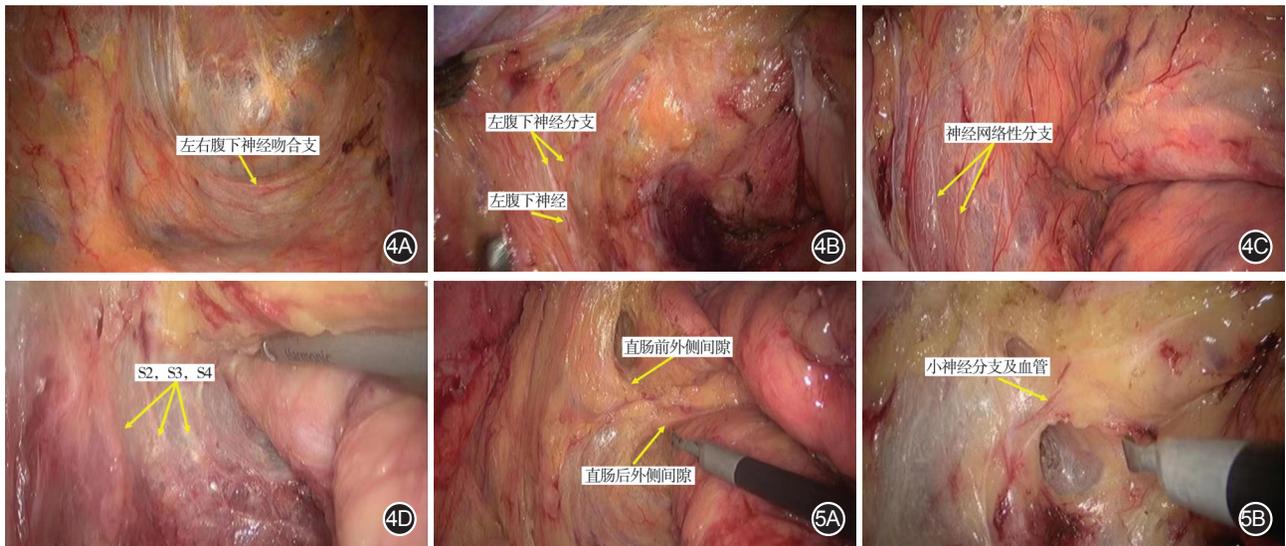


图 4 左右腹下神经之间神经走行(作者团队手术图) 4A. 在腹下神经前筋膜内可见左右腹下神经之间的神经分支互相吻合,成神经网络分布;4B. 左侧腹下神经分为 3 个主干神经分支,在发出多个神经分支,在盆腔侧壁互相吻合成网;4C. 在腹下神经和盆丛周围分布到盆侧壁腹下神经前筋膜鞘内的神经网络性分支;4D. S2、S3、S4 神经分支之间互相吻合,与左侧腹下神经之间也有小的吻合支 **图 5** 直肠癌手术盆丛的处理(作者团队手术图) 5A. 先分离侧韧带前后腹下神经前筋膜鞘与直肠系膜的间隙,保护好腹下神经和 NVB,在处理韧带内盆丛;5B. 切断韧带内盆丛走向直肠的神经分支和小血管

TME 的手术质量、环周切缘以及淋巴结清扫是直肠癌根治手术重要的质量控制指标。TME 手术筋膜完整包绕直肠系膜是重要的质量保证,直肠癌 TME 术后局部复发原因主要包括筋膜破裂和癌细胞浸润筋膜造成环周切缘阳性。副损伤主要为在游离结直肠手术操作过程中损伤输尿管、自主神经和直肠本身。因此,根据盆腔的膜解剖,沿着盆腔正确的间隙进行“生理性拆除”操作是很重要的手术技巧。

腹下神经位于腹下神经前筋膜和盆腔脏层筋膜之间,直肠固有筋膜的背侧向侧方走向骨盆神经丛,神经沿着筋膜走行,保留神经以及覆盖的筋膜可以做到完全保留自主神经网络。骨盆神经丛发出贯穿这层筋膜的神经纤维、直肠中动脉、纤维结缔组织组成侧韧带。这样在直肠后有两个剥离平面,一个是直肠固有筋膜与腹下神经前筋膜,这是 TME 的正确操作平面;另一个是腹下神经前筋膜与盆腔脏层筋膜之间,如在这个平面操作的话,则完全切除了腹下神经和骨盆神经丛,必将导致患者的泌尿生殖等功能受到严重的影响。在直肠固有筋膜与自主神经前筋膜之间锐性分离,不残留直肠固有筋膜在盆腔,完整包裹直肠系膜,不损伤腹下神经前筋膜和切除自主神经,是在确保 TME 手术质量的同时,保留植物神经的重要保证。

盆腔筋膜解剖层次的进一步认识,尤其是腹下神经前筋膜鞘概念的提出,使直肠癌的 TME 手术质

量和植物神经的保留得到了更大的保证。在此基础上,结合术中所见,笔者提出了网络性保留自主神经的概念,有望在更大程度上保留直肠癌患者的排尿功能和性功能,提高患者的术后生活质量。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Heald RJ, Husband EM, Ryall RD. The mesorectum in rectal cancer surgery -- the clue to pelvic recurrence? [J]. Br J Surg, 1982, 69(10):613-616. DOI:10.1002/bjs.1800691019.
- [2] Hohenberger W, Weber K, Matzel K, et al. Standardized surgery for colonic cancer: complete mesocolic excision and central ligation--technical notes and outcome[J]. Colorectal Dis, 2009, 11(4):354-365. DOI:10.1111/j.1463-1318.2008.01735.x.
- [3] Quirke P, Durley P, Dixon MF, et al. Local recurrence of rectal adenocarcinoma due to inadequate surgical resection. Histopathological study of lateral tumour spread and surgical excision [J]. Lancet, 1986, 2(8514):996-999. DOI: 10.1016/s0140-6736(86)92612-7.
- [4] 高桥孝. 大肠癌根治术[M]. 韩方海, 周总光译. 北京:人民卫生出版社, 2003.
- [5] Kinugasa Y, Murakami G, Suzuki D, et al. Histological identification of fascial structures posterolateral to the rectum [J]. Br J Surg, 2007, 94(5):620-626. DOI: 10.1002/bjs.5540.
- [6] Yang XF, Luo GH, Ding ZH, et al. The urogenital-hypogastric sheath: an anatomical observation on the relationship between the inferomedial extension of renal fascia and the hypogastric nerves [J]. Int J Colorectal Dis, 2014, 29(11):1417-1426. DOI: 10.1007/s00384-014-1973-0.

- [7] Kinugasa Y, Sugihara K. Topology of the fascial structures in rectal surgery: complete cancer resection and the importance of avoiding autonomic nerve injury[J]. *Seminars in Colon and Rectal Surg*, 2010, 21(2):95-101. DOI: 10.1053/j.scrs.2010.01.006.
- [8] Heald RJ, Moran BJ. Embryology and anatomy of the rectum[J]. *Semin Surg Oncol*, 1998, 15(2):66-71. DOI: 10.1002/(sici)1098-2388(199809)15:2<66::aid-ssu2>3.0.co;2-3.
- [9] Diop M, Parratte B, Tatu L, et al. "Mesorectum": the surgical value of an anatomical approach [J]. *Surg Radiol Anat*, 2003, 25(3-4):290-304. DOI: 10.1007/s00276-003-0148-4.
- [10] Takahashi T, Ueno M, Azekura K, et al. Lateral ligament: its anatomy and clinical importance [J]. *Semin Surg Oncol*, 2000, 19(4):386-395. DOI: 10.1002/ssu.9.
- [11] Havenga K, DeRuiter MC, Enker WE, et al. Anatomical basis of autonomic nerve - preserving total mesorectal excision for rectal cancer [J]. *Br J Surg*, 1996, 83(3):384-388. DOI: 10.1002/bjs.1800830329.
- [12] Stelzner S, Heinze T, Nikolouzakis TK, et al. Perirectal fascial anatomy: new insights into an old problem [J]. *Dis Colon Rectum*, 2021, 64(1):91-102. DOI: 10.1097/DCR.0000000000001778.
- [13] Bertrand MM, Alsaïd B, Droupy S, et al. Optimal plane for nerve sparing total mesorectal excision, immunohistological study and 3D reconstruction: an embryological study [J]. *Colorectal Dis*, 2013, 15(12):1521-1528. DOI: 10.1111/codi.12459.
- [14] Kraima AC, West NP, Treanor D, et al. Whole mount microscopic sections reveal that Denonvilliers' fascia is one entity and adherent to the mesorectal fascia; implications for the anterior plane in total mesorectal excision? [J]. *Eur J Surg Oncol*, 2015, 41(6):738-745. DOI: 10.1016/j.ejso.2015.03.224.
- [15] Walz J, Burnett AL, Costello AJ, et al. A critical analysis of the current knowledge of surgical anatomy related to optimization of cancer control and preservation of continence and erection in candidates for radical prostatectomy [J]. *Eur Urol*, 2010, 57(2):179-192. DOI: 10.1016/j.eururo.2009.11.009.
- [16] Culligan K, Sehgal R, Mulligan D, et al. A detailed appraisal of mesocolic lymphangiology - an immunohistochemical and stereological analysis [J]. *J Anat*, 2014, 225(4):463-472. DOI: 10.1111/joa.12219.
- [17] Culligan K, Walsh S, Dunne C, et al. The mesocolon: a histological and electron microscopic characterization of the mesenteric attachment of the colon prior to and after surgical mobilization [J]. *Ann Surg*, 2014, 260(6):1048-1056. DOI: 10.1097/SLA.0000000000000323.
- [18] Röthlisberger R, Aurore V, Boemke S, et al. The anatomy of the male inferior hypogastric plexus: What should we know for nerve sparing surgery [J]. *Clin Anat*, 2018, 31(6):788-796. DOI: 10.1002/ca.23079.
- [19] Stelzner S, Böttner M, Kupsch J, et al. Internal anal sphincter nerves - a macroanatomical and microscopic description of the extrinsic autonomic nerve supply of the internal anal sphincter [J]. *Colorectal Dis*, 2018, 20(1):07-016. DOI: 10.1111/codi.13942.
- [20] Aurore V, Röthlisberger R, Boemke N, et al. Anatomy of the female pelvic nerves: a macroscopic study of the hypogastric plexus and their relations and variations [J]. *J Anat*, 2020, 237(3):487-494. DOI: 10.1111/joa.13206.
- [21] Nishizawa Y, Ito M, Saito N, et al. Male sexual dysfunction after rectal cancer surgery [J]. *Int J Colorectal Dis*, 2011, 26(12):1541-1548. DOI: 10.1007/s00384-011-1247-z.
- [22] Wallner C, Lange MM, Bonsing BA, et al. Causes of fecal and urinary incontinence after total mesorectal excision for rectal cancer based on cadaveric surgery: a study from the Cooperative Clinical Investigators of the Dutch total mesorectal excision trial [J]. *J Clin Oncol*, 2008, 26(27):4466-4472. DOI: 10.1200/JCO.2008.17.3062.
- [23] Moszkowicz D, Alsaïd B, Bessedé T, et al. Where does pelvic nerve injury occur during rectal surgery for cancer? [J]. *Colorectal Dis*, 2011, 13(12):1326-1334. DOI: 10.1111/j.1463-1318.2010.02384.x.
- [24] Celentano V, Cohen R, Warusavitarne J, et al. Sexual dysfunction following rectal cancer surgery [J]. *Int J Colorectal Dis*, 2017, 32(11):1523-1530. DOI: 10.1007/s00384-017-2826-4.
- [25] Kim JY, Kim NK, Lee KY, et al. A comparative study of voiding and sexual function after total mesorectal excision with autonomic nerve preservation for rectal cancer: laparoscopic versus robotic surgery [J]. *Ann Surg Oncol*, 2012, 19(8):2485-2493. DOI: 10.1245/s10434-012-2262-1.
- [26] D'Annibale A, Pernazza G, Monsellato I, et al. Total mesorectal excision: a comparison of oncological and functional outcomes between robotic and laparoscopic surgery for rectal cancer [J]. *Surg Endosc*, 2013, 27(6):1887-1895. DOI: 10.1007/s00464-012-2731-4.