

肠系膜上动脉和肠系膜下动脉间吻合血管的争议与进展

荆翔湘 赵世栋 叶颖江 申占龙

北京大学人民医院胃肠外科 北京大学人民医院外科肿瘤研究室 北京市结直肠癌诊疗研究重点实验室, 北京 100044

通信作者: 申占龙, Email: shenzhanlong@pkuph.edu.cn

【摘要】 肠系膜上动脉和肠系膜下动脉间的吻合血管, 对维持结肠术后吻合口和残留结肠的血供具有重要意义。然而当前吻合血管的研究正面临命名混乱、数据变异大、研究方法多样和信息记录不完整四大困境。边缘动脉的存在已被广泛证实, 对血供代偿的意义也得到相关研究者的充分认可; 反观 Riolan 弓, 随着历史发展, 其内涵不断改变, 已无法准确指代特定结构。建议摒弃 Riolan 弓等引起较多争议的名称, 选择合适的研究方法并详细记录吻合动脉的细节, 以提高不同研究结果间的可比性。研究吻合血管的意义在于帮助发现潜在的血管性疾病、选择合适的手术入路、对术区内血管进行恰当的处理, 为外科精细化操作提供理论基础和实践依据。

【关键词】 肠系膜上动脉; 肠系膜下动脉; 吻合血管; 边缘动脉; Riolan 弓; 侧支通路; 高位结扎

Anastomotic vessels between superior mesenteric artery and inferior mesenteric artery: controversies and advances

Jing Xiangxiang, Zhao Shidong, Ye Yingjiang, Shen Zhanlong

Department of Gastroenterological Surgery, Laboratory of Surgical Oncology, Beijing Key Laboratory of Colorectal Cancer Diagnosis and Treatment Research, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China

Corresponding author: Shen Zhanlong, Email: shenzhanlong@pkuph.edu.cn

【Abstract】 The anastomotic vessels between the superior mesenteric artery and the inferior mesenteric artery are vital to maintain the blood supply of the anastomosis and residual colon after colectomy. However, current studies of anastomotic vessels are facing four major obstacles: confusing nomenclature, large variability in data, diversification of research methods and incomplete information records. The existence of marginal artery has been widely proved, and its significance for blood supply is well recognized by relevant studies. In contrast, the Riolan's arch, whose connotations constantly changed over history, can not refer to a specific structure accurately. Researchers should abolish the controversial names such as Riolan's arch, select appropriate research methods and record the anastomotic vessels in detail, so as to improve the comparability between different results. The study of anastomotic vessels can help us to identify potential vascular disease, select the appropriate surgical approach, and provide appropriate treatment of the vessels in the operating area, so as to provide a theoretical foundation and practical basis for fine surgical maneuvers.

【Key words】 Mesenteric artery, superior; Mesenteric artery, inferior; Anastomotic vessels; Marginal artery; Riolan's arch; Collateral pathway; High ligation

DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20211017-00491

收稿日期 2021-10-17 本文编辑 夏爽

引用本文: 荆翔湘, 赵世栋, 叶颖江, 等. 肠系膜上动脉和肠系膜下动脉间吻合血管的争议与进展[J]. 中华外科杂志, 2022, 60(8): 736-741. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20211017-00491.



结直肠血供主要来自两支动脉:肠系膜上动脉(superior mesenteric artery, SMA)和肠系膜下动脉(inferior mesenteric artery, IMA)。两支动脉可以通过丰富的吻合血管网互相交通,了解其解剖变异对于结直肠手术具有重要意义。保护吻合血管既能减少术中出血、减轻患者手术创伤,又能维持结直肠术后残余肠管血供,减少缺血相关并发症发生。然而,吻合血管在数量、命名和分型等方面仍存在争议,并妨碍了实际临床应用。本文探讨了上述吻合血管当前的研究困境,通过回顾该区域解剖学发展史寻找产生争议的原因,结合临床实践及对该部位的解剖学理解提出解决方案,并阐述了研究吻合血管的临床重要性。文中吻合血管采用《人体解剖学名词》(第2版)中的定义,即邻近的中、小动脉之间,中、小静脉之间,甚至动脉与静脉之间存在的直接沟通的血管。为方便叙述,如无特殊说明,文中吻合血管均指代SMA与IMA间的吻合动脉。

一、恒定的边缘动脉

尽管SMA与IMA间复杂的吻合血管网在命名和分型上尚无共识,但边缘动脉的存在已得到了广泛的证实和认可。边缘动脉是由SMA发出的回结肠动脉、右结肠动脉、结肠中动脉及IMA发出的左结肠动脉、乙状结肠动脉的末端分支吻合形成的动脉弓,从回盲交界处延伸至直乙交界处,被认为是SMA与IMA间的主要吻合血管。它位于结肠系膜内,毗邻结肠壁,贯穿整个结肠。其一路发出许多小分支,称为直小动脉,为大肠供应血液。文献报道,边缘动脉的平均长度为23.9 cm,平均直径为2.7 mm^[1]。研究者利用多种影像学及解剖学方法证实了边缘动脉的存在^[2-4],且多数研究者认为其恒定存在。

尽管存在率100%,但先天性发育缺陷可能导致边缘动脉不完整。最常见的缺损点位于结肠脾曲处,该处被称为Griffiths点(图1),是胚胎发育期中肠和后肠动脉移行的“分水岭”区域^[5]。Meyers^[3]通过血管造影发现,Griffiths点边缘动脉吻合良好、吻合不良和吻合缺如的比例分别为48%、9%和43%。Zhang等^[6]通过IMA血管造影评估了154例65岁以上患者,发现48.1%的患者存在Griffiths点吻合不良。Sinkeet等^[4]通过尸体解剖发现,脾曲和乙状结肠处边缘动脉缺失的比例分别为12.3%(7/57)和8.8%(5/57)。这种边缘动脉的不连续性在结肠手术中需重点关注,也解释了为什么脾曲和乙状结肠是缺血性结肠炎最常见的发生部位^[7]。

Griffiths点处边缘动脉的高缺损率和IMA高位结扎后缺血相关并发症的低发生率间的矛盾,提示了其吻合血管的存在。

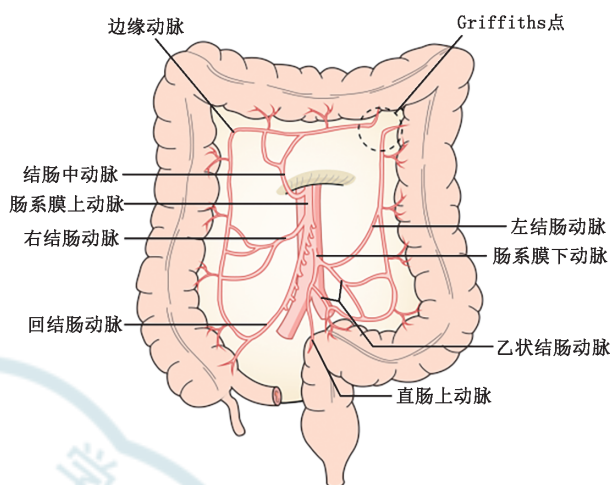


图1 边缘动脉与Griffiths点的解剖示意图

二、吻合血管的研究困境

目前吻合血管的研究面临诸多困境,造成困境的原因主要包括:命名混乱、数据变异大、研究方法多样及信息记录不完整。

1. 命名混乱:SMA和IMA间丰富且多变的吻合血管被研究者冠以各式名称,如边缘动脉、Drummond动脉、Riolan弓、蜿蜒的肠系膜动脉、Moskowitz动脉、Treves弓、Villemin弓、结肠中央吻合动脉、中结肠-左结肠侧支循环、肠系膜动脉、近端肠系膜弓、肠系膜间干、左结肠动脉V形末端等^[8-11],且同一名称在不同研究中的定义也不尽相同。长期以来,该吻合血管网在命名与定义上的混乱持续引发争议。

2. 数据变异大:除恒定的边缘动脉外,其余吻合血管的研究数据差异很大。以Riolan弓为例,不同文献中其存在率差异较大(1.9%~95%)^[6, 11-16]。这一定程度上归因于其定义与命名的混乱。Lange等^[10]通过文献调研指出,Riolan弓高存在率(>50%)的文献中作者通常用其指代边缘动脉,而低存在率(<20%)的文献中作者有时用其指代更罕见的更靠近SMA和IMA根部的吻合血管。此外,结肠动脉解剖的个体差异大,研究人群的差异也可能造成结果差异。

3. 研究方法多样:数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)是血管显影的金标准,可直接显示血管在整个结直肠的灌注区域、流向和侧支动脉。如Zhang等^[6]利用DSA研究了IMA



的分支模式、血流灌注区域和吻合血管模式。但 DSA 为有创操作,在血管丰富部位的显影互相重叠,不能提供血管分布的确切位置,且对闭塞血管远端无法显影,可能出现假阴性结果。CT 血管造影(CT angiography, CTA)可以对肠系膜血管进行无创且准确的评估,通过三维重建可准确显示血管连接方式。如 Wang 等^[17]采用三维 CTA 技术建立了 SMA 和左结肠动脉间吻合动脉的三维解剖分类及模型。但 CTA 分辨率低,对生理状态下仅含少量血液甚至没有血液的侧支显影不佳。局部解剖对血管的显露最为全面准确,可清晰分辨侧支血管的起源、走行与毗邻关系,且该类研究多注重临床实用价值,如 Kuzu 等^[18]和 Garcia-Granero 等^[19]通过尸体解剖分别从离断肠系膜下静脉(inferior mesenteric vein, IMV)和行内侧入路的脾曲游离术的角度对吻合动脉进行命名和分型,对结直肠手术具有重要指导意义。但局部解剖仅能观察到通过肉眼或手术放大器械看到的吻合血管,而且存在样本数量少、解剖精度不够等问题。不同研究方法得到的结果往往不同,目前未见将这些结果系统性联系起来的报告。

4. 信息记录不完整:不同研究对吻合血管的关注点不同,造成了描述内容不同、信息记录不完整。研究全结肠血管者对于吻合血管的描述相对简化,关注血管病变者强调其侧支代偿意义,而外科领域多关注吻合血管对手术入路、术中操作及术后并发症的影响。且现存文献多未提供足够的细节说明这些吻合血管的起止、在结肠系膜内的位置或与周围血管的毗邻关系。

上述四个问题导致不同文献之间难以进行比较和系统综述,相关研究一直处于“小”(样本量小)、“散”(研究结果分散难以综合)、“弱”(证据级别低)的状态,难以给临床提供有效参考。

三、Riolan 弓内涵的演变历史

吻合血管的众多命名和描述性定义的互换使用,似乎是造成目前研究困境的主要原因,而其中争议最大的名称即 Riolan 弓。其定义模糊、称谓众多、在不同研究中数据变异大。在此我们简要追溯该区域解剖的研究历史,以深入理解造成这种术语混淆的原因。

通常多认为,Albrecht von Haller (1708—1777 年)在 1743 年第一个描述了 SMA 和 IMA 之间的吻合血管,并将其笼统命名为“arcus Rioli”来纪念著名的解剖学家 Jean Riolan (1538—

1605 年)^[20]。此后包括 Treves 在内的诸多研究者描述了这类吻合血管,但直至 1913 年,Hamilton Drummond (1882—1925 年)才通过一系列造影剂注射实验证明了吻合血管的存在。通过闭塞右结肠动脉、结肠中动脉、左结肠动脉和乙状结肠动脉,并向回结肠动脉注射造影剂,Hamilton Drummond 发现造影剂可从盲肠流向盆腔结肠,从而证实了 SMA 和 IMA 的所有分支血管彼此相连,并将该动脉弓命名为边缘动脉或 Drummond 边缘动脉^[21]。

此后多种研究结果均证实了该结构恒定存在,但关于其完整性的研究却出现了分歧。1933 年,Steward 和 Rankin^[22]通过向 SMA 注入造影剂,报告了脾曲处边缘动脉 100% 通畅,与 1956 年 Griffiths 等^[5]报告的 Griffiths 点矛盾。一种解释是 Steward 没有结扎左结肠动脉升支的末端分支,该结构可在脾曲处桥接边缘动脉,被一部分人视为脾曲处唯一常见的二级弓。

1964 年 Moskowitz 等^[23]从边缘动脉中区分出了另一条潜在的吻合血管——“蜿蜒的肠系膜动脉”或称 Moskowitz 动脉,其特点为“管径粗大且直径一致,走行曲折”。在影像学形态上很容易将其与边缘动脉区分开来:蜿蜒的肠系膜动脉走行迂曲蜿蜒,位于左上腹,左半结肠内侧和主动脉外侧,管径粗大,血管造影易显影。而边缘动脉平行于肠系膜缘走行,管径很细,如没有血管扩张剂的帮助,很少在血管造影上显示^[24]。Gonzales 和 Jaffe^[25]认为,蜿蜒的肠系膜动脉是正常存在的侧支血管在病理情况下扩张形成的。它的存在多表明 IMA、SMA 或腹腔干有严重狭窄或闭塞,从而产生顺行或逆行代偿血流^[26-27]。随着研究手段的进步,研究者陆续发现生理条件下的二级甚至三级吻合血管,部分研究者称其为无扩张 Rioli 弓或生理性 Rioli 弓^[13,17,28]。其中最常见的是连接结肠中动脉左支和左结肠动脉升支的吻合血管。由于该吻合支定位明确、存在率高,且常与 IMV 紧密伴行,在结直肠手术中具有明确的外科意义,近年结直肠外科领域相关研究及指南中 Rioli 弓一词多特指该动脉^[12,19,29-31]。

综上所述,随着研究的深入,Rioli 弓的内涵正悄然改变。一部分研究者依然用它指代全部吻合血管,一部分研究者开始用其指代边缘动脉,另有一部分研究者用其指代二级或三级血管弓,如左结肠动脉末端分支、蜿蜒的肠系膜动脉(Moskowitz 动脉)或结肠中动脉左支与左结肠动脉升支间的吻合血管。Rioli 弓内涵的不断变化,造成不同时期



的文献中“Riolan 弓”指代的结构不同,给后人学习、研究带来了极大不便。诸多命名也并未按照解剖学原理进行辨析,无法反映结构特点和临床价值。因此,许多研究者建议废除这类术语^[8, 10, 24, 32],对吻合血管进一步研究以建立标准的描述性术语。

四、对吻合血管定义与分型的重新审视

目前研究者对吻合动脉的命名、定义与分型多与其位置相关,在此简要罗列部分研究结果:一些文献将 SMA 与 IMA 间的吻合血管简单归纳为走行于外周的边缘动脉和其内侧的 Riolan 弓两类^[14, 24, 33];也有研究者舍弃了 Riolan 弓的名称,将吻合血管分为外周边缘弓(即边缘动脉)和近端肠系膜弓^[8]。但这种二分法分型是对 SMA 和 IMA 间复杂交错的吻合血管网过于简单化的归纳。一些研究者在 Riolan 弓和边缘动脉之外增加了 Villemain 弓,但并未准确描述其定义^[9]。Bruzzi 等^[32]通过文献检索归纳总结了 SMA 与 IMA 间的三级血管弓:一级弓为最外围的边缘动脉,存在率 100%;二级弓为左结肠动脉升支在脾曲处分出的 V 形末端,它可弥补边缘动脉在 Griffiths 点处的不连续,存在率超过 2/3;三级弓为最中央的肠系膜间干,包括 SMA 和 IMA 主干及主要分支间的直接连接,存在率不足 18%。Zhang 等^[6]将吻合血管分为三类:最外围的边缘动脉(100%)、左结肠动脉升支(22.7%)和粗大曲折的 Riolan 弓(1.9%),此处 Riolan 弓一词特指蜿蜒的肠系膜动脉。Wang 等^[17]在结直肠癌患者中总结了六种 SMA 和左结肠动脉之间的吻合模式:L1 型到 L3 型分别指左结肠动脉的上升支无末端分支、在肾门处有大 V 形分支和在近脾曲处有小 V 形分支,R1 型、R2 型和 R3 型分别指结肠中动脉左右分支共干、左右分支在 SMA 上起源不同和存在副结肠中动脉。Kuzu 等^[18]根据吻合血管与 IMV 的毗邻关系,描述了三种类型的动脉侧支循环:最外围的边缘动脉(100%)、居中的中间肠系膜吻合血管(46%)及最靠近 IMV 根部的中央肠系膜吻合血管(16%)。中央肠系膜吻合血管在十二指肠空肠交界处和胰腺下缘与 IMV 相邻,在结直肠癌根治术中结扎 IMV 时易损伤该血管,造成术中出血及术后肠管缺血。Garcia-Granero 等^[19]则根据吻合动脉与胰腺腹侧缘的距离,将其由外到内分为 Drummond 边缘动脉(100%)、Riolan 弓(17%)和 Moskowitz 动脉(11%)。行内侧入路的脾曲游离术时,若只存在最外围的边缘动脉,术中损伤血管风险小;若存在紧贴胰腺腹侧缘走行的 Moskowitz 动脉,内侧入路

有术中出血的风险,应选择其他入路方式。

另外,我们还可根据吻合血管的出现频率将其分为三类:第一类是以边缘动脉为代表的固定结构,总是恒定出现,是生理状态下沟通肠系膜上下动脉循环的主要通路。第二类是存在率较高的变异结构,如左结肠动脉升支的末端分支和结肠中动脉左支-左结肠动脉升支吻合支,可弥补边缘动脉在 Griffiths 点处的不连续。第三类为更罕见的变异动脉,文献中报道很少,如 SMA 和 IMA 主干间的吻合动脉。在没有血管性疾病的患者中,吻合血管只是潜在或残留的血流通道。但在病理生理状态下三类吻合血管均可迂曲扩张,影像学上表现为蜿蜒的肠系膜动脉。

综上所述,SMA 与 IMA 间吻合血管的命名和分型目前仍无定论。统一不同命名方式和研究结果是打破当前研究困境的必由之路,在此试提出我们的一些拙见:(1)建议摒弃 Riolan 弓、Treves 弓等人名命名的动脉名称,这些名称随着历史演进已无法准确指代具体解剖结构,是造成争议的来源之一;(2)蜿蜒的肠系膜动脉为影像学概念,且为病理性侧支,多提示肠系膜循环中某处存在显著狭窄或闭塞,在血管性疾病及影像学领域常使用该名词;但它不代表具体的解剖实体,不反映生理状态下 SMA 与 IMA 间的动脉连接,在探讨吻合动脉分型时不应纳入该名词;(3)研究者应基于不同的研究目的选择适宜的研究方法;在报告患者吻合血管结构特点时,应包括吻合血管的详细定义、起止、位置等信息,以为后续研究提供借鉴和对比依据。

五、研究吻合血管的临床意义

以蜿蜒的肠系膜动脉为代表的吻合血管体现了其作为侧支循环的病理生理学意义:即血管疾病带来的血供绝对不足会使吻合血管代偿性增粗,而肿瘤生长造成的血供相对不足亦会产生类似的血流动力学改变。赵建春等^[28]发现肿瘤性疾病与血管性患者的 Riolan 弓(指结肠中动脉左支与左结肠动脉升支间的吻合血管)的存在率与管径较对照组均有增加,但差异无统计学意义。Xie 等^[34]发现结肠癌患者相较对照组,Riolan 弓(指结肠中动脉与左结肠动脉间的吻合血管)直径明显增加,边缘动脉扩张,同时伴有肠壁增厚、肠管强化等肠缺血表现。出现这一改变的结肠癌均为进展期乙状结肠癌。结肠癌内有丰富的供血动脉和扩张静脉,血供丰富表明肿瘤分化程度低,恶性程度高。此外,进展期肿瘤需要更多的血液供应,这往往导致



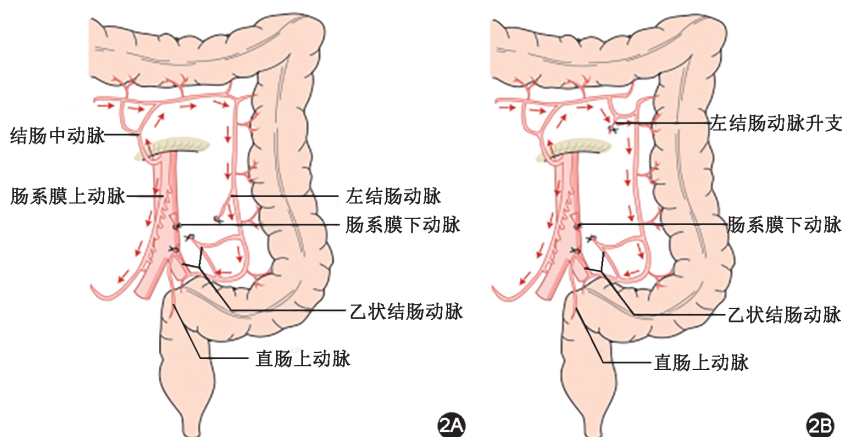


图2 结肠手术中高位结扎肠系膜下动脉后可能的2种主要侧支通路示意图:2A示肠系膜上动脉通过完整的边缘动脉形成侧支通路为左半结肠提供供血;2B示左结肠动脉升支的末端分支可弥补边缘动脉在Griffiths点处的缺损,参与形成完整的侧支通路

IMA单一分支的供血不足,触发侧支循环代偿性供血。这一现象需要更大样本的研究结果来证实,其具体机制也需进一步探索。

了解吻合血管模式是行结肠切除术需考虑的关键点之一(图2)。一方面,正确识别吻合动脉可减少不必要的术中出血,避免计划外的肠切除。另一方面,吻合血管在维持术后吻合口近端肠管的血运方面发挥了非常重要的作用。在直肠癌与乙状结肠癌根治术中,对IMA采取高位结扎还是低位结扎尚存争议^[35]。争议主要在于IMA高位结扎阻断了来自IMA的所有血运,可能减少吻合口近端肠管的血运,而IMA低位结扎保留了左结肠动脉,可保护吻合口近端肠管的血液灌注,避免吻合口漏等并发症的发生。但多数研究结果显示,两种结扎方式的吻合口漏发生率差异并无统计学意义^[36-37],吻合血管在其中发挥了重要作用。黄俊等^[12]研究发现,Riolan弓(指左结肠动脉与结肠中动脉间的吻合血管)缺如的直肠癌患者术后吻合口漏发生率明显提高,同样证明了吻合血管维持肠管灌注的意义。

因此,在结肠切除术中应仔细识别吻合血管以避免对其造成损伤^[24, 27]。Toh等^[16]发现,在常规寻找和保留吻合血管之后,直肠前切除术后需要再次手术干预的急性结肠透壁缺血的发生率由0.8%(6/723)降至0(0/576)。异常发达的吻合血管通常提示潜在的血管闭塞性疾病,行结肠切除术时需谨慎结扎术区血管,避免出现残余肠管缺血。Prevot等^[8]指出,对于此类患者,如需行降结肠、乙状结肠或直肠切除术,术中应保留左结肠动脉和吻合血管;若需行右半结肠切除术,应尽量保留结肠中动脉和吻合血管,以保证残余肠管血供。

总而言之,近年有关吻合血管的争议反映了我们对于其认识的局限,更体现了相关研究的必要性。保护吻合血管可减少术中出血及术后肠管缺血,减小手术创伤并避免术后严重并发症的发生,并为患者未来接受其他治疗提供更大的选择余地。因此,有必要在进行结直肠癌手术前应用影像学方式评估腹腔血管情况及吻合血管的走行和代偿情况,以协助术者了解欲切除肠管的血液灌注模式,从而在术前精准制定肠系膜血管结扎和处理策略。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 荆翔湘:论文撰写及修改;赵世栋:论文修改;叶颖江:研究指导;申占龙:研究指导,论文修改

参 考 文 献

- [1] Renner K, Ausch C, Rosen HR, et al. Die kollaterale Gefäßversorgung des linken Hemikolons[J]. Chirurg, 2003, 74(6):575-578. DOI: 10.1007/s00104-003-0634-6.
- [2] Wei Z, Yao J, Wang S, et al. Feasibility of using the marginal blood vessels as reference landmarks for CT colonography[J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 202(1): W50-W58. DOI: 10.2214/AJR.12.10463.
- [3] Meyers MA. Griffiths' point: critical anastomosis at the splenic flexure. Significance in ischemia of the colon[J]. AJR Am J Roentgenol, 1976, 126(1):77-94. DOI: 10.2214/ajr.126.1.77.
- [4] Sinkeet S, Mwachaka P, Muthoka J, et al. Branching pattern of inferior mesenteric artery in a black african population: a dissection study[J]. ISRN Anat, 2013, 2013: 962904. DOI: 10.5402/2013/962904.
- [5] GRIFFITHS JD. Surgical anatomy of the blood supply of the distal colon[J]. Ann R Coll Surg Engl, 1956, 19(4): 241-256.
- [6] Zhang C, Li A, Luo T, et al. Evaluation of characteristics of left-sided colorectal perfusion in elderly patients by angiography[J]. World J Gastroenterol, 2020, 26(24): 3484-3494. DOI: 10.3748/wjg.v26.i24.3484.
- [7] Trotter JM, Hunt L, Peter MB. Ischaemic colitis[J]. BMJ, 2016, 355:i6600. DOI: 10.1136/bmj.i6600.
- [8] Prevot F, Sabbagh C, Mauvais F, et al. Colectomy in patients with previous colectomy or occlusive vascular diseases: pitfalls and precautions[J]. J Visc Surg, 2016, 153(2):113-119. DOI: 10.1016/j.jvisurg.2016.02.002.
- [9] Douard R, Chevallier JM, Delmas V, et al. Clinical interest of digestive arterial trunk anastomoses[J]. Surg Radiol Anat, 2006, 28(3): 219-227. DOI: 10.1007/s00276-006-0098-8.
- [10] Lange JF, Komen N, Akkerman G, et al. Riolan's arch: confusing, misnomer, and obsolete. A literature survey of the connection(s) between the superior and inferior



- mesenteric arteries[J]. *Am J Surg*, 2007, 193(6):742-748. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2006.10.022.
- [11] 程邦昌, 昌盛, 黄杰, 等. 结肠代食管术中结肠血管结构的研究[J]. *中华医学杂志*, 2006, 86(21):1453-1456. DOI: 10.3760/j.issn:0376-2491.2006.21.004.
- [12] 黄俊, 周家铭, 万英杰, 等. 肠系膜下动脉血管分型及 Riolan 动脉弓缺如对腹腔镜直肠癌根治术后吻合口瘘发生率的影响[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2016, (10):1113-1118. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2016.10.008.
- [13] 赵欣, 戎祯祥, 张浩, 等. 扩张与无扩张 Riolan 动脉弓的 CT 血管成像表现及临床意义[J]. *中国医学影像学杂志*, 2012, (11): 805-808. DOI: 10.3969/j. issn. 1005-5185. 2012.11.002.
- [14] Karatay E, Ekci B, Javadov M. Should surgeons evaluate the anatomy of drummond marginal artery and Riolan's arch preoperatively? [J]. *Surg Technol Int*, 2020, 37: 102-106.
- [15] Kachlik D, Baca V. Macroscopic and microscopic intermesenteric communications[J]. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 2006, 150(1): 121-124. DOI: 10.5507/bp.2006.018.
- [16] Toh J, Matthews R, Kim SH. Arc of Riolan-preserving splenic flexure takedown during anterior resection: potentially critical to prevent acute anastomotic ischemia [J]. *Dis Colon Rectum*, 2018, 61(3): 411-414. DOI: 10.1097/DCR.0000000000000995.
- [17] Wang Y, Shu W, Ouyang A, et al. The new concept of physiological "Riolan's arch" and the reconstruction mechanism of pathological Riolan's arch after high ligation of the inferior mesenteric artery by CT angiography-based small vessel imaging[J]. *Front Physiol*, 2021, 12:641290. DOI: 10.3389/fphys.2021.641290.
- [18] Kuzu MA, Güner MA, Kocaay AF, et al. Redefining the collateral system between the superior mesenteric artery and inferior mesenteric artery: a novel classification[J]. *Colorectal Dis*, 2021, 23(6): 1317-1325. DOI: 10.1111/codi.15510.
- [19] Garcia-Granero A, Sánchez-Guillén L, Carreño O, et al. Importance of the Moskowitz artery in the laparoscopic medial approach to splenic flexure mobilization: a cadaveric study[J]. *Tech Coloproctol*, 2017, 21(7): 567-572. DOI: 10.1007/s10151-017-1663-3.
- [20] van Gulik TM, Schoots I. Anastomosis of Riolan revisited: the meandering mesenteric artery[J]. *Arch Surg*, 2005, 140(12):1225-1229. DOI: 10.1001/archsurg.140.12.1225.
- [21] Drummond H. Some points relating to the surgical anatomy of the arterial supply of the large intestine[J]. *Proc R Soc Med*, 1914, 7(Surg Sect):185-193.
- [22] Steward JA, Rankin FW. Blood supply of the large intestine: its surgical considerations[J]. *Arch of Surg*, 1933, 26(5): 843-891.
- [23] Moskowitz M, Zimmerman H, Felson B. The meandering mesenteric artery of the colon[J]. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*, 1964, 92:1088-1099.
- [24] Gourley EJ, Gering SA. The meandering mesenteric artery: a historic review and surgical implications[J]. *Dis Colon Rectum*, 2005, 48(5): 996-1000. DOI: 10.1007/s10350-004-0890-7.
- [25] Gonzalez LL, Jaffe MS. Mesenteric arterial insufficiency following abdominal aortic resection[J]. *Arch Surg*, 1966, 93(1): 10-20. DOI: 10.1001/archsurg.1966.01330010012003.
- [26] Coulier B. Multidetector computed tomographic angiography for optimal cartography of the visceral abdominal arterial network: an extensive pictorial review with emphasis on common and uncommon collateral pathways, complications and some specific syndromes[J]. *J Belg Soc Radiol*, 2017, 101(1): 6. DOI: 10.5334/jbr-btr.1203.
- [27] Fisher DF, Fry WJ. Collateral mesenteric circulation[J]. *Surg Gynecol Obstet*, 1987, 164(5):487-492.
- [28] 赵建春, 张慎忠, 季国军, 等. 无扩张 Riolan 动脉弓的 CTA 表现及临床应用价值[J]. *海南医学*, 2018, 29(9):1250-1253. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6350.2018.09.021.
- [29] 胡旭华, 曹翠丽, 张建锋, 等. 直肠癌根治术中解剖学争议探讨[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2021, 24(7):633-637. DOI: 10.3760/cma.j.cn.441530-20210519-00213.
- [30] 《保留左结肠动脉的直肠癌根治术中国专家共识》编审委员会, 中国医师协会肛肠医师分会大肠癌综合治疗组, 中西医结合学会普通外科专业委员会直肠癌防治专家委员会. 保留左结肠动脉的直肠癌根治术中国专家共识(2021 版)[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2021, 24(11):950-955. DOI: 10.3760/cma.j.cn.441530-20210927-00389.
- [31] 陈航, 张烨, 王彤. Riolan 动脉弓和蒙德氏边缘动脉弓与直肠癌根治术后吻合口瘘的研究进展[J]. *中华普通外科杂志*, 2019, 34(4): 372-374. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 1007-631X.2019.05.026.
- [32] Bruzzi M, M'harzi L, Batti SE, et al. Inter-mesenteric connections between the superior and inferior mesenteric arteries for left colonic vascularization: implications for colorectal surgery[J]. *Surg Radiol Anat*, 2019, 41(3):255-264. DOI: 10.1007/s00276-018-2139-5.
- [33] Walker TG. Mesenteric vasculature and collateral pathways[J]. *Semin Intervent Radiol*, 2009, 26(3): 167-174. DOI: 10.1055/s-0029-1225663.
- [34] Xie Y, Jin C, Zhang S, et al. CT features and common causes of arc of Riolan expansion: an analysis with 64-detector-row computed tomographic angiography[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(3):3193-3201.
- [35] Bonnet S, Berger A, Hentati N, et al. High tie versus low tie vascular ligation of the inferior mesenteric artery in colorectal cancer surgery: impact on the gain in colon length and implications on the feasibility of anastomoses [J]. *Dis Colon Rectum*, 2012, 55(5): 515-521. DOI: 10.1097/DCR.0b013e318246f1a2.
- [36] Fujii S, Ishibe A, Ota M, et al. Short-term and long-term results of a randomized study comparing high tie and low tie inferior mesenteric artery ligation in laparoscopic rectal anterior resection: subanalysis of the HTLT (High tie vs. low tie) study[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(4): 1100-1110. DOI: 10.1007/s00464-018-6363-1.
- [37] Turgeon MK, Gamboa AC, Regenbogen SE, et al. A US rectal cancer consortium study of inferior mesenteric artery versus superior rectal artery ligation: how high do we need to go? [J]. *Dis Colon Rectum*, 2021, 64(10): 1198-1211. DOI: 10.1097/DCR.0000000000002052.

