doi:10.11659/jjssx.01E022009

·临床研究·

基于术前多层螺旋CT测量的腰大肌指数对逆行输尿管软镜激光碎石手术难度的影响分析

贺 翔[1],杨 科[2],陈贵恒[2] (1.湖南省人民医院/湖南师范大学附属第一医院急诊外科,湖南 长沙 410002;2.湖南省人民医院/湖南师范大学附属第一医院泌尿外科,湖南 长沙 410002)

[摘 要] **目的** 分析基于术前多层螺旋CT测量的腰大肌指数对逆行输尿管软镜激光碎石手术难度的影响。**方法** 对257例因输尿管上段结石接受逆行输尿管软镜激光碎石术的患者临床资料进行回顾性分析。采用多层螺旋CT测量L_5椎骨水平的双侧腰大肌区域总面积,并与患者身高进行标准化得出腰大肌指数,记录总手术时间,使用线性回归分析研究手术时间的预测因素。**结果** 腰大肌指数中位数为933.00 mm^2/m^2(IQR:711.00~1 135.00 mm^2/m^2),手术时间中位数为50.00 min(IQR:40.00~65.00 min)。在多因素线性回归分析中,调整混杂因素之后,腰大肌指数、结石平均密度是手术时间的独立预测因素。**结论** 腰大肌指数是一个易于测量的影像学参数,是影响逆行输尿管软镜激光碎石手术难度的独立预测因素,通过术前估算手术时间,有利于提高术者和手术室日程安排的效率。

[关键词] 输尿管软镜;激光碎石术;腰大肌指数;多层螺旋CT
[中图分类号] R602 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-01-04

Influence of psoas major muscle index measured by preoperative multi-slice spiral CT on the difficulty of retrograde flexible ureteroscopic laser lithotripsy

HE Xiang[1], YANG Ke[2], CHEN Gui-heng[2] (1.Department of Emergency Surgery, Hunan Provincial People's Hospital/First Affiliated Hospital of Hunan Normal University, Changsha Hunan 410102, China; 2.Department of Urology, Hunan Provincial People's Hospital/First Affiliated Hospital of Hunan Normal University, Changsha Hunan 410002, China)

Abstract: Objective To analyze the influence of psoas major muscle index measured by preoperative multi-slice spiral CT on the difficulty of retrograde flexible ureteroscopic laser lithotripsy. **Methods** The clinical data of 257 patients with upper ureteral calculi who underwent retrograde flexible ureteroscopic laser lithotripsy were analyzed retrospectively. Multi-slice spiral CT was used to measure the total area of bilateral psoas major muscle areas at L_5 vertebral level, and the psoas major muscle index was obtained by standardized with patient's height. The total operation time was recorded and the linear regression analysis was used to study the predictive factors of operation time.

[基金项目] 湖南省卫生健康委项目(C20180905);长沙市科技局项目(kq201495)
[通信作者] 杨 科,E-mail:yk780218@163.com

[13] Davies LE, Kingston A, Todd A, et al. Prescribing at 95 years of age: cross-sectional findings from the Newcastle 85+ study[J]. Int J Clin Pharmacy, 2022, 44(4): 1072-1077. doi: 10.1007/s11096-022-01454-z.
[14] 费 媛,赵婉君,苏安平,等. 吲哚菁绿荧光显像技术在甲状腺手术中对甲状旁腺血供判断的应用[J]. 中国普外基础与临床杂志,2020,27(9):1094-1099. doi:10.7507/1007-9424.201912024.
[15] 郭方东,王文瑞,王 勇. 精细被膜解剖联合纳米炭示踪负显影技术对经口腔镜甲状腺手术中甲状旁腺保护的临床研究[J]. 腹腔镜外科杂志,2020,25(2):86-89. doi:10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2020.02.086.
[16] Stephanie R, Shantanu R, Nick S, et al. Do safety checklists improve teamwork and communication in the operating room? A systematic review[J]. Ann Surg,2018,258(6):856-871. doi:10.1097/SLA.0000000000000206.
[17] 杨 周,黄仁宏,余伟平,等. 术中甲状旁腺定位技术研究进展[J]. 中国普通外科杂志,2019,28(5):612-617. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.05.014.
[18] Bhalla J, Baduni N, Bansal P. Comparison of palanosetron with ondansetron for postoperative nausea and vomiting in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy under general anesthesia[J]. J Min Access Surg,2015,11(3):193-197. doi:10.4103/0972-9941.140219.
[19] 秦彦超,秦东广,丁 炜,等. 甲状腺癌手术中纳米碳负显影技术的应用对甲状旁腺的保护作用[J]. 中国药物与临床,2021,21(3):451-452. doi:10.11655/zgywylc2021.03.041.
[20] Pastoricchio M, Bernardi S, Bortul M, et al. Autofluorescence of parathyroid glands during endocrine surgery with minimally invasive technique[J]. J Endocrinol Invest, 2022, 45(7): 1393-1403. doi: 10.1007/s40618-022-01774-x.
[21] 孙志强,宋智明,孙福良,等. 纳米炭结合精细被膜解剖法对甲状腺癌术中喉返神经及甲状旁腺保护作用观察[J]. 哈尔滨医科大学学报,2021,55(1):55-58. doi:10.3969/j.issn.1000-1905.2021.01.014.

(编辑:杨 颖)

Results The median psoas major muscle index was 933.00 mm^2/m^2 (IQR: 711.00 to 1 135.00 mm^2/m^2), and the median operation time was 50.00 minutes (IQR: 40.00 to 65.00 minutes). In multivariate linear regression analysis, the psoas major muscle index and the mean stone density were the independent predictors of operation time after adjusting for confounding factors. **Conclusion** The psoas major muscle index is an easy-to-measure imaging parameter and an independent predictor of the difficulty of retrograde flexible ureteroscopic laser lithotripsy. By estimating the operation time before operation, it is beneficial to improve the efficiency of the schedule of the operator and the operating room.

Keywords: flexible ureteroscope; laser lithotripsy; psoas major muscle index; multi-slice spiral CT

输尿管结石是泌尿系统的常见疾病。对于上尿路结石,临床中广泛采用具有明显微创优势的逆行输尿管软镜激光碎石术,其具有结石清除率高和并发症发生率低的特点[1-3]。对于即将接受手术的患者,应充分评估结石参数和患者基本情况,制定有效的管理计划。有研究表明,手术时间可反映手术的复杂程度,且手术时间延长会引起围术期并发症的风险增加[4-5]。术前通过影像学及其他参数评估手术难度和手术时间尤为重要,收集并准确评估这些信息,可以降低围术期并发症的发生风险,并提高术者和手术室日程安排效率。

在影响输尿管激光碎石手术时间和激光能量的研究中,结石平均密度是比较常用的评估参数,但其与手术时间、激光能量的相关性尚存在争议[6-7],因此需要寻找更有效的参数来评估手术时间。影像学评估的肌肉面积及肌肉质量很早就被确立为预测功能状态及手术并发症的替代标志[8-11]。根据CT影像发现的肌肉减少也与恶性肿瘤短期恶化有明显的相关性[12]。有研究将腰大肌指数作为上皮性卵巢癌患者生存率的预测指标,结果显示腰大肌指数高的患者总体生存率显著较高[13]。从解剖学角度看,输尿管是连接肾与膀胱的一个肌性器官,输尿管管壁从上至下越来越厚,其管腔直径最窄处为1~2 mm,其中上段与腰大肌紧密伴行,因此我们认为腰大肌指数有可能成为预测输尿管软镜激光碎石术手术时间的一个指标。腰大肌指数易于从术前螺旋CT获得,且具有客观、经济的特点,探讨其对外科手术时间的影响具备积极的临床意义。因此,本研究基于术前多层螺旋CT测量的腰大肌指数对逆行输尿管软镜激光碎石手术难度的影响进行分析,旨在确定影响逆行输尿管软镜激光碎石手术难度的参数。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选择2019年1月1日至2021年6月30日湖南师范大学附属第一医院泌尿外科收治的257例因输尿管上段结石接受逆行输尿管软镜激光碎石术的患者为研究对象。输尿管上段结石定义:位于髂血管上方的结石[14]。

1.2 纳入、排除标准

纳入标准:①由多层螺旋CT诊断为输尿管上段结石,并接受输尿管软镜激光(Ho:YAG 60W激光)碎石手术;②年龄≥18岁;③术后达到无结石状态;④临床及影像学资料完整。排除标准:①合并心、肝、肾等重要器官功能不全;②处于孕期或哺乳期;③输尿管中、下段结石;④接受双侧结石手术或同时进行腔内泌尿外科手术;⑤合并恶性肿瘤。

1.3 腰大肌面积测量方法

由放射科高年资医生对2名观察员进行CT识别L_5的培训。1名观察员使用医院标准PACS成像软件(PACS Clinnical Viewer V2.7.1.0)在L_5水平的一个CT横切面上于双侧腰大肌周围徒手绘制感兴趣区域,由软件自动生成区域内面积(图1)。另1名观察员随机测量100例患者的数据,与第1名观察员测得的数据进行对比分析,确保标准化。将双侧腰大肌面积相加得到双侧腰大肌区域总面积,并与患者身高进行标准化得出腰大肌指数;结石平均密度是通过PACS成像软件在结石最大横径处选取3~4个不同方向的测量点,测量CT值后计算平均值得出,单位为HU。无结石状态定义:术后通过B超或腹部平片复查该侧肾内集合系统内无残留结石,或残留结石碎片直径<2 mm。

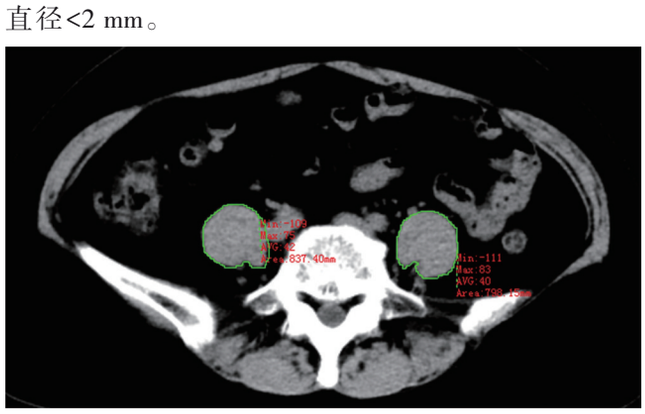


图1 PACS成像软件测量L_5腰大肌面积

1.4 统计学方法

采用SPSS 26.0统计软件对数据进行分析。计量资料采用达格斯提诺检验法进行正态性检验，呈正态分布的指标用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示，呈非正态分布的指标用中位数和四分位间距(inter quartile range，IQR)表示，计数资料用率(%)表示。采用线性回归分析确定与手术时间相关的变量，选择$P<0.1$的变量进行多变量分析。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者临床资料

本研究共纳入患者257例，其中男149例，女108例；年龄中位数为51.00岁(IQR：43.00~63.00岁)；左侧手术142例，右侧115例。结石长径中位数为8.00 mm(IQR：7.00~10.00 mm)；结石平均密度中位数为789.00 HU(IQR：546.00~988.00 HU)；手术时间中位数为50.00 min(IQR：40.00~65.00 min)。根据身高标准化的腰大肌指数中位数为933.00 mm^2/m^2(IQR：711.00~1 135.00 mm^2/m^2)。

2.2 手术时间的线性回归结果

男性和女性患者的腰大肌指数差异有显著统计学意义($P<0.001$)。结石长径、结石平均密度、BMI及腰大肌指数与手术时间之间均呈正相关，见表1。将$P<0.1$的因素纳入多重线性回归分析，在调整结石长径、BMI混杂因素之后，结果显示，结石平均密度和腰大肌指数均与手术时间独立相关，见表2。

表1 手术时间和各变量之间的关系

参数	*Spearman*相关系数(r)	P
性别	−0.463	<0.001
年龄	−0.098	0.117
结石侧别	−0.037	0.551
结石长径	0.159	0.011
结石平均密度	0.787	<0.001
BMI	0.234	<0.001
腰大肌指数	0.706	<0.001

表2 输尿管软镜激光碎石术手术时间影响因素的多重线性回归分析

参数	B	β	t/F	P	95%CI
性别	−0.071	−2.386	−1.873	0.062	−4.895~0.122
结石长径	0.050	0.337	1.557	0.121	−0.089~0.763
结石平均密度	0.552	0.030	15.090	<0.001	0.026~0.034
BMI	0.053	0.301	1.642	0.102	−0.060~0.663
腰大肌指数	0.375	0.020	8.913	<0.001	0.016~0.025

2.3 腰大肌指数在2名观察员之间的差异对比

将第2名观察员随机测量的100例患者的数据与第1名观察员测得的腰大肌指数结果进行比较发现，2组腰大肌指数比较差异无统计学意义($P=0.830$)。使用*Spearman*相关系数测试观测值发现，2组腰大肌指数测量值无明显差异($r=0.954$，$P<0.001$)，见图2。提示2名观察员测得的数据具有较高的准确性。

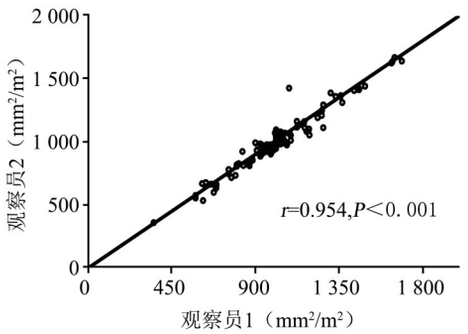


图2 *Spearman*等级相关系数测试

2.4 结石平均密度与腰大肌指数之间的相关性分析

通过*Spearman*相关性分析发现，结石平均密度与腰大肌指数之间无明显相关性($r=0.279$，$P<0.001$)，见图3。提示结石平均密度与腰大肌指数是相互独立的预测因子，可分别作为影响输尿管软镜激光碎石手术时间的预测因素。

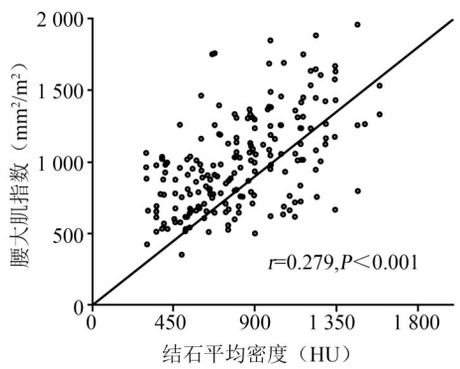


图3 结石平均密度与腰大肌指数之间的分布散点图

3 讨论

手术时间可反映手术的复杂程度，手术时间的延长可能会增加围术期并发症的发生风险，并可能在一定程度上扰乱手术室的计划，延长医护人员的工作时间，进而增加医护人员职业压力和倦怠的风险[15-17]。因此，术前对手术难度的评估有利于更好地优化手术计划，提高手术室的利用率，减少手术并发症。

肌肉减少症是外科手术中的重要概念，越来越受到临床重视。传统的肌肉质量减少症筛查试验是测定老年患者体能(步态平均速度)和肌肉力量(握力)，在临床实践中缺乏实际指导意义[18]。基于CT扫描测量的腰大肌面积易从术前腹部CT中获得，有一定的临床指导意义，不会增加患者的痛苦和创伤，且不会增加医疗费用，具有较大的优势。Tee等[18]对比了胸椎、

腰椎等骨骼肌指数发现,通过腰椎得出的骨骼肌指数对于身体机能具有较高的预测性能、预测价值和易用性。因此,基于多层螺旋CT测得的腰大肌指数越来越受到重视,将其应用于临床诊断和预测研究已成为大多数学者的共识[19-21]。本研究中,笔者团队使用医院存档图片和PACS成像软件测量数据在一定程度上更方便、更准确。本研究中2名观察员测量的数据之间无统计学差异,提示观测数据准确可靠。根据以往的研究,腰大肌指数已作为肌肉减少症的相关标志物使用[10,22],并被认为是预后不良的影响因素[13]。同时,腰大肌指数也被用于恶性肿瘤术后并发症及预后的预测[23-25]。Lieffers等[11]的研究显示,腰大肌指数甚至与结直肠癌手术时间、住院时间、术后感染率相关。还有研究发现,腰大肌指数与患者并发症发生率相关,并得出了肌肉减少症患者主要并发症发生率明显升高这一结论[26]。目前人们越来越关注与肌肉减少症相关的围术期并发症发生率及病死率,但少有研究分析腰大肌指数对外科手术难度的影响。本研究发现,腰大肌指数与手术时间呈正相关。Albakheet等[27]的研究发现,在成年人中,腰大肌面积与BMI呈正相关。Chikopela等[28]的研究发现,BMI的增加与内皮功能障碍显著相关,随着BMI的增加,机体通过内皮依赖性血管舒张途径降低平滑肌张力的能力显著下降,机体平滑肌的张力将会明显增加。有动物实验研究阐述了其可能的发生机制,证实了大鼠主动脉中不同的血浆过氧亚硝酸盐水平与平滑肌张力急剧变化相关,超重大鼠中较高水平的血浆过氧亚硝酸盐可能导致这些大鼠出现内皮功能障碍,而平滑肌松弛具有内皮依赖性,内皮功能障碍将增加平滑肌紧张度[29-30]。因此,由腰大肌面积根据身高标准化得到的腰大肌指数的增加同样可能会增加平滑肌的张力。而输尿管作为以平滑肌为主的器官,在平滑肌张力增加时输尿管顺应性会受到影响,进而导致术中输尿管进镜阻力及手术操作难度增加。而反复进出输尿管过程中导致的组织损伤和水肿同样可能会进一步增加进镜阻力[31-32]。同时,可能出现的出血、视野不清晰等情况将在一定程度上对整个手术进程产生影响。

有研究将结石平均密度作为手术时间的重要预测因子,Ito等[6]发现结石平均密度增加会导致手术时间延长。本研究同样发现结石平均密度与手术时间具有显著相关性,这可能是由于结石平均密度增加将需要更多的能量进行碎裂,但激光设备的能量具有限值,进而导致手术时间延长[33-34]。Sorokin等[35]发现,结石体积与手术时间同样有较高的相关性,结石体积每增加100 mm^3,手术时间大约延长2 min。但是有学者认为这个参数存在一定的争议,因为同样质量的结石由于密度不同,其体积有可能存在很大差异[36],因此本研究未将其列入研究因素。

本研究揭示了腰大肌指数是影响逆行输尿管软镜激光碎石手术时间的重要预测因素,且易于测量。但本研究也存在一定的局限性:第一,总手术时间可能还受到其他未测量的混杂因素的影响;第二,本研究是回顾性分析,可能会影响研究结果的准确性;第三,本研究中的手术医生均为高年资医生,没有考虑外科医生的专业水平可能会对手术时间有影响;第四,本研究中数据来自单一的三级中心,还需要多中心验证研究。

[参考文献]

[1] ElSheemy MS, Elmarakbi AA, Hytham M, et al. Mini *vs.* standard percutaneous nephrolithotomy for renal stones: a comparative study[J]. Urolithiasis, 2019, 47(2): 207-214. doi: 10.1007/s00240-018-1055-9.

[2] Türk C, Petřík A, Sarica K, et al. EAU guidelines on diagnosis and conservative management of urolithiasis[J]. Eur Urol, 2016, 69(3): 468-474. doi: 10.1016/j.eururo.2015.07.040.

[3] Preminger GM, Tiselius HG, Assimos DG, et al. 2007 guideline for the management of ureteral calculi[J]. J Urol, 2007, 178(6): 2418-2434. doi: 10.1016/j.juro.2007.09.107.

[4] Jackson TD, Wannares JJ, Lancaster RT, et al. Does speed matter? The impact of operative time on outcome in laparoscopic surgery[J]. Surg Endosc, 2011, 25(7): 2288-2295. doi: 10.1007/s00464-010-1550-8.

[5] Jenkins ED, Yom VH, Melman L, et al. Clinical predictors of operative complexity in laparoscopic ventral hernia repair: a prospective study[J]. Surg Endosc, 2010, 24(8): 1872-1877. doi: 10.1007/s00464-009-0863-y.

[6] Ito H, Kawahara T, Terao H, et al. Predictive value of attenuation coefficients measured as Hounsfield units on noncontrast computed tomography during flexible ureteroscopy with holmium laser lithotripsy: a single-center experience[J]. J Endourol, 2012, 26(9): 1125-1130. doi: 10.1089/end.2012.0154.

[7] Ofude M, Shima T, Yotsuyanagi S, et al. Stone attenuation values measured by average hounsfield units and stone volume as predictors of total laser energy required during ureteroscopic lithotripsy using holmium: yttrium-aluminum-garnet lasers[J]. Urology, 2017, 102: 48-53. doi: 10.1016/j.urology.2016.10.029.

[8] Fleg JL, Lakatta EG. Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO2 max[J]. J Appl Physiol (1985), 1988, 65(3): 1147-1151. doi: 10.1152/jappl.1988.65.3.1147.

[9] Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, et al. Strength training and determinants of VO2max in older men[J]. J Appl Physiol (1985), 1990, 68(1): 329-333. doi: 10.1152/jappl.1990.68.1.329.

[10] Jones KI, Doleman B, Scott S, et al. Simple psoas cross-sectional area measurement is a quick and easy method to assess sarcopenia and predicts major surgical complications[J]. Colorectal Dis, 2015, 17(1):

O20-O26. doi:10.1111/codi.12805.

[11] Lieffers JR, Bathe OF, Fassbender K, et al. Sarcopenia is associated with postoperative infection and delayed recovery from colorectal cancer resection surgery[J]. Br J Cancer, 2012, 107(6): 931-936. doi:10.1038/bjc.2012.350.

[12] Peng P, Hyder O, Firoozmand A, et al. Impact of sarcopenia on outcomes following resection of pancreatic adenocarcinoma[J]. J Gastrointest Surg, 2012, 16(8): 1478-1486. doi: 10.1007/s11605-012-1923-5.

[13] Yoshikawa T, Miyamoto M, Aoyama T, et al. Psoas muscle index at the fifth lumbar vertebra as a predictor of survival in epithelial ovarian cancers[J]. Mol Clin Oncol, 2021, 15(3): 177. doi: 10.3892/mco.2021.2339.

[14] Lee SR, Jeon HG, Park DS, et al. Longitudinal stone diameter on coronal reconstruction of computed tomography as a predictor of ureteral stone expulsion in medical expulsive therapy[J]. Urology, 2012, 80(4): 784-789. doi:10.1016/j.urology.2012.06.032.

[15] Degraeve A, Lejeune S, Muilwijk T, et al. When residents work less, they feel better: lessons learned from an unprecedent context of lockdown[J]. Prog Urol, 2020, 30(16): 1060-1066. doi: 10.1016/j.purol.2020.08.005.

[16] 李 强,王文佳,宋志强,等. 输尿管软镜钬激光碎石取石术应用于>2 cm上尿路结石的临床疗效和安全性[J]. 临床外科杂志, 2020, 28(2): 116-119. doi: 10.3969/j.issn.1005-6483.2020.02.005.

[17] 任晓磊,夏海波. 泌尿系结石腔镜手术后尿源性脓毒血症发生的原因及防治[J]. 中华腔镜泌尿外科杂志(电子版), 2018, 12(5): 356-358. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2018.05.016.

[18] Tee YS, Cheng CT, Wu YT, et al. Predicting outcomes of abdominal surgical emergencies in the elderly population using a CT muscle gauge[J]. Aging Clin Exp Res, 2021, 33(9): 2479-2490. doi: 10.1007/s40520-020-01769-9.

[19] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis[J]. Age Ageing, 2019, 48(4): 601. doi:10.1093/ageing/afz046.

[20] Richards SJG, Senadeera SC, Frizelle FA. Sarcopenia, as assessed by psoas cross-sectional area, is predictive of adverse postoperative outcomes in patients undergoing colorectal cancer surgery[J]. Dis Colon Rectum, 2020, 63(6): 807-815. doi: 10.1097/dcr.0000000000001633.

[21] Herrod PJJ, Boyd-Carson H, Doleman B, et al. Quick and simple; psoas density measurement is an independent predictor of anastomotic leak and other complications after colorectal resection[J]. Tech Coloproctol, 2019, 23(2): 129-134. doi:10.1007/s10151-019-1928-0.

[22] Pedersen M, Cromwell J, Nau P. Sarcopenia is a predictor of surgical morbidity in inflammatory bowel disease[J]. Inflamm Bowel Dis, 2017, 23(10): 1867-1872. doi:10.1097/mib.0000000000001166.

[23] Boer BC, de Graaff F, Brusse-Keizer M, et al. Skeletal muscle mass and quality as risk factors for postoperative outcome after open colon resection for cancer[J]. Int J Colorectal Dis, 2016, 31(6): 1117-1124. doi:10.1007/s00384-016-2538-1.

[24] Nakanishi R, Oki E, Sasaki S, et al. Sarcopenia is an independent predictor of complications after colorectal cancer surgery[J]. Surg Today, 2018, 48(2): 151-157. doi:10.1007/s00595-017-1564-0.

[25] Reisinger KW, van Vugt JL, Tegels JJ, et al. Functional compromise reflected by sarcopenia, frailty, and nutritional depletion predicts adverse postoperative outcome after colorectal cancer surgery[J]. Ann Surg, 2015, 261(2): 345-352. doi:10.1097/sla.0000000000000628.

[26] Zhang T, Cao L, Cao T, et al. Prevalence of sarcopenia and its impact on postoperative outcome in patients with crohn's disease undergoing bowel resection[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2017, 41(4): 592-600. doi:10.1177/0148607115612054.

[27] Albakheet SS, Lee MJ, Yoon H, et al. Psoas muscle area and paraspinal muscle fat in children and young adults with or without obesity and fatty liver[J]. PloS One, 2021, 16(11): e0259948. doi:10.1371/journal.pone.0259948.

[28] Chikopela T, Heimburger D, Kaluba L, et al. Endothelial dysfunction and body mass index: is there a role for plasma peroxynitrite?[J]. Beni Suef Univ J Basic Appl Sci, 2021, 10(1): 4. doi: 10.1186/s43088-020-00092-6.

[29] Ivanov AV, Valuev-Elliston VT, Ivanova ON, et al. Oxidative stress during HIV infection: mechanisms and consequences[J]. Oxid Med Cell Longev, 2016: 8910396. doi:10.1155/2016/8910396.

[30] Mizoue T, Kasai H, Kubo T, et al. Leanness, smoking, and enhanced oxidative DNA damage[J]. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 2006, 15(3): 582-585. doi:10.1158/1055-9965.Epi-05-0658.

[31] Michel F, Negre T, Baboudjian M, et al. Micro-percutaneous nephrolithotomy (Microperc) for renal stones, outcomes and learning curve[J]. Prog Urol, 2021, 31(2): 91-98. doi: 10.1016/j.purol.2020.03.006.

[32] Cho SY, Ryang SH, Lee DS. A presumptive role of lower ureteral angles in the difficulty of ureteral access sheath insertion during retrograde intrarenal surgery[J]. Int Urol Nephrol, 2020, 52(9): 1657-1663. doi:10.1007/s11255-020-02483-1.

[33] Aldoukhi AH, Black KM, Ghani KR. Emerging laser techniques for the management of stones[J]. Urol Clin North Am, 2019, 46(2): 193-205. doi:10.1016/j.ucl.2018.12.005.

[34] Knudsen BE. Laser fibers for Holmium: YAG lithotripsy: what is important and what is new[J]. Urol Clin North Am, 2019, 46(2): 185-191. doi:10.1016/j.ucl.2018.12.004.

[35] Sorokin I, Cardona-Grau DK, Rehfuss A, et al. Stone volume is best predictor of operative time required in retrograde intrarenal surgery for renal calculi: implications for surgical planning and quality improvement[J]. Urolithiasis, 2016, 44(6): 545-550. doi: 10.1007/s00240-016-0875-8.

[36] Patel SR, Stanton P, Zelinski N, et al. Automated renal stone volume measurement by noncontrast computerized tomography is more reproducible than manual linear size measurement[J]. J Urol, 2011, 186(6): 2275-2279. doi:10.1016/j.juro.2011.07.091.

(编辑:魏 源)