

· 论 著 ·

# 达芬奇机器人结直肠癌根治术学习曲线研究

冯存成, 高永建, 宋德锋, 侯睿智, 冯野

吉林大学中日联谊医院胃肠结直肠外科, 吉林 长春 130000

**摘要:** **目的** 探讨达芬奇手术机器人系统在结直肠癌根治术中的学习曲线,分析学习曲线不同阶段的临床资料和病理资料,得出达到不同学习曲线阶段所需要手术例数。**方法** 回顾性分析吉林大学中日联谊医院胃肠外科中心同一手术团队在2020年7月至2021年10月实施的65例达芬奇机器人辅助腹腔镜下结直肠癌根治术的病例资料,采用CUSUM法拟合学习曲线,根据学习曲线趋势显示的不同阶段,将达芬奇机器人的学习曲线进行划分,并分析达芬奇机器人在结直肠癌根治术中不同阶段的学习曲线。**结果** 65例患者均顺利行达芬奇机器人结直肠癌根治术。中位手术时间130 min。最佳拟合曲线方程为: $y=0.02x^3-1.73x^2+35.31x+39.72$ ,  $R^2=0.956$ ,  $P<0.05$ 。根据CUSUM曲线的趋势,将学习曲线分为学习探索阶段、稳定掌握阶段和难度挑战阶段,达到学习曲线最小手术例数为11例。**结论** 达芬奇机器人手术学习曲线分为学习探索阶段、稳定掌握阶段和难度挑战阶段。有丰富腹腔镜手术经验的外科医师,达到熟练掌握达芬奇结直肠癌根治术的最少病例数为11例。到达学习曲线后,手术操作时间明显缩短,术中出血量显著减少。

**关键词:** 达芬奇机器人; 结直肠癌根治术; 学习曲线

**中图分类号:** R735.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2022)08-1073-06

## Study on learning curve of Da Vinci robot assisted radical resection of colorectal cancer

FENG Cun-cheng, GAO Yong-jian, SONG De-feng, HOU Rui-zhi, FENG Ye

*Department of Gastrointestinal and Colorectal Surgery, China-Japan Uion Hospital, Jilin University, Changchun, Jilin 130000, China**Corresponding author: FENG Ye, E-mail: fengye@jlu.edu.cn*

**Abstract: Objective** To explore the learning curve of Da Vinci robotic surgical system in radical resection of colorectal cancer, analyze the clinical data and pathological data at different stages of learning curve and obtain the number of operations required to reach different learning curve stages. **Methods** The data of 65 cases of Da Vinci robot assisted laparoscopic radical resection of colorectal cancer implemented by the same surgical team in China-Japan Uion Hospital from July 2020 to October 2021 was analyzed retrospectively. CUSUM (Cumulative Sum) method was used to fit the learning curve. According to the different stages of learning curve trend, the learning curve of Da Vinci robot was divided into learning and exploration stage, proficiency stage and difficulty challenge stage. The relevant cases at different stages were analyzed to study the learning curve of Da Vinci robot in radical resection of colorectal cancer. **Results** All 65 patients underwent Da Vinci robot radical resection for colorectal cancer successfully. The median operation time was 130 min. The best curve-fitting equation was  $y=0.02x^3-1.73x^2+35.31x+39.72$  ( $R^2=0.956$ ,  $P<0.05$ ). The minimum number of operations reaching the learning curve was 11 cases. **Conclusions** The learning curve of Da Vinci robotic surgery can be divided into learning and exploration stage, proficiency stage and difficulty challenge stage. The minimum number of operations reaching proficiency stage of learning curve is 11 for the surgeons with rich experience in laparoscopic surgery, with a significantly reduced operative time and intraoperative blood loss.

**Keywords:** Da Vinci robot; Radical resection of colorectal cancer; Learning curve

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2022.08.009

通信作者: 冯野, E-mail: fengye@jlu.edu.cn

出版日期: 2022-08-20

在全球癌症患者范围内,结直肠癌在所有癌症中发病率位居第三,死亡率位居第二<sup>[1]</sup>,仅次于肺癌和乳腺癌。它在女性中是第二常见的癌症,男性第三常见的癌症<sup>[1]</sup>。手术被认为是唯一可以根治结直肠癌的方法。20世纪90年代初,腹腔镜手术首次被提议作为直肠和结肠病变开放手术的替代方案。随着腹腔镜技术的不断发展和进步,近年来腹腔镜手术已经被认定为结直肠癌的标准治疗方法。在腹腔镜基础上开发出的达芬奇机器人手术系统,凭借着自身操作精准灵活、视野清晰、卓越的人体工程学设计等特点,可以很好的弥补腹腔镜手术的不足,在结直肠手术领域应用越来越广泛<sup>[2]</sup>,并得到广大外科医师的好评。然而,尽管有大量关于机器人结直肠手术结果的报道,但关于外科医生在此模式下获得能力的速度的数据有限,特别是在结直肠领域。绘制机器人手术的学习曲线,可以提供如何从腹腔镜技术过渡到机器人技术的过程<sup>[3]</sup>。开展学习曲线的研究,可以更加清晰的描述一位外科医师在学习一项新的外科技术的各阶段的掌握进度<sup>[4]</sup>,量化熟练程度,对达芬奇手术的开展具有重要指导意义<sup>[5]</sup>。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 回顾性分析吉林大学中日联谊医院胃肠结直肠外科同一手术团队在2020年7月至2021年10月完成的65例达芬奇机器人结直肠癌根治术的临床资料。纳入标准:(1)无严重器质性疾病,心肺功能较好,能够耐受麻醉和腹腔镜手术;(2)术前肠镜检查及病理学结果确诊为结直肠癌;(3)术前影像学检查排除远处转移,肿瘤分期不超过T4;(4)病例资料完整可靠。排除标准:(1)有严重的器质性疾病、心肺功能较差,难以耐受麻醉和手术;(2)术前影像学提示肿瘤远处转移、分期T4且肿瘤固定;(3)腹腔镜探查见肿瘤腹腔广泛转移,或(和)与周围组织广泛浸润。

**1.2 手术团队** 所有手术均由同一组手术医师完成,术者、助手、器械护士均经过上海微创培训中心的达芬奇机器人操作培训并取得证书。术者有丰富的腹腔镜手术经验,第一助手及手术室护士相对固定<sup>[6]</sup>。

**1.3 观察指标** 患者一般资料,包括患者的年龄、性别、BMI、ASA分级、手术时间、术中出血量、中转开腹率、术后病理资料、术后排气、排便时间、术后住院时间、术后并发症等。手术时间为戳卡孔开皮时间至切口缝合完成的总时间,包括机械臂对接时间、气腹建立时间、手术操作时间;术中出血量为术中吸

引器吸引量减去术中冲洗量,再加上纱布吸引量的总和。纱布完全浸透估算为50 ml,腹腔镜纱条完全浸透估算为5 ml(为术中失血估算量,可能与实际有所误差)。

### 1.4 手术

**1.4.1 术前准备** 术前常规行血常规、尿常规、肝功能、肾功能、凝血功能、免疫常规、肿瘤标志物、心电图、心脏彩超、胸部CT、腹部CT等常规检查,排除手术禁忌证。手术前2~3 d进流食,术前禁食12 h,禁饮水4 h。手术前一天晚上嘱患者口服复方聚乙二醇电解质散充分清洁排空肠道,排便困难患者术前3 d给予口服番泻叶等缓泻剂并进行清洁灌肠。营养不良或贫血患者术前给予输血或输注人血白蛋白以纠正贫血及低蛋白血症;合并其他系统疾病者与相关科室协助会诊,充分评估手术风险,根据会诊建议给予相应治疗,以达到可以耐受手术的稳定状态;术前详细向患者及家属解释病情,分别解释开腹手术、腹腔镜手术、达芬奇机器人手术的特点、手术及术后并发症相关风险、相关注意事项等,使患者充分了解机器人手术、腹腔镜手术、开腹手术的特点,充分遵循患者家属的意愿,保证其知情权,签署手术知情同意书。本研究获得吉林大学中日联谊医院伦理委员会批准。

**1.4.2 手术过程** 肿物位于右半结肠、横结肠、结肠脾曲、降结肠中上段时采用人字位;肿物位于降结肠下段、乙状结肠、直肠者采用改良截石位。根据术中情况调整手术体位。根据肿瘤的不同位置选择戳卡位置及手术入路,腹腔镜明视下置入戳卡,调整体位,充分显露术野及肿物并探查。连接达芬奇手术辅助系统,插入操作器械。手术方法总体遵循全直肠系膜切除术(TME)及全结肠系膜切除术(CEM)的原则<sup>[7]</sup>。根据不同的手术方式选择造瘘及吻合,检查无活动性出血,清点器械纱布对数,解除气腹,关闭腹壁戳卡孔,术毕。

### 1.5 方法

**1.5.1 学习曲线的定义及CUSUM法** “学习曲线”最初的来源于飞机工业的生产。是指随着飞机总产量的上升,生产单架飞机的平均劳动时间会极大地下降,呈现一条逐渐下滑的曲线<sup>[8]</sup>。后来这种方法逐渐引入到其他领域,用来了解学习某种新技术、新操作的速度,从而评估该种新技术、新操作的难易程度<sup>[9]</sup>。外科医生的熟练程度通常通过外科学习曲线来衡量。外科学习曲线是平均外科医生达到外科熟练程度所需的时间和或病例数<sup>[10]</sup>。

累积和(cumulative sum, CUSUM)来源于英国剑

桥大学开发的一种序列分析技术,用于检测过程均值的偏移。该技术在医学上通常应用于通过确定后续数据点与平均值之间的累积变化来近似学习曲线<sup>[11]</sup>。向上和向下的斜率显示出可测量的变化,并可以表示一系列数据点上的一致趋势。如果没有一致的变化,则CUSUM图会在零线附近散发,没有明显的偏差。

**1.5.2 学习曲线的拟合** 对所有纳入的病例按时间顺序进行排列,应用SPSS 25.0统计分析软件进行分析。为了检测手术时间(operation time, OT)趋势的变化,使用CUSUM分析法。CUSUM1是指第1例手术时间(OT1)与平均手术时间(OTmean)之间的差值,即 $CUSUM1 = OT1 - OTmean$ 。CUSUM2是指第2例手术时间(OT2)与平均手术时间OTmean之间的差值再加上CUSUM1,即 $CUSUM2 = (OT2 - OTmean) + CUSUM1$ ,以此类推。具体公式如下: $CUSUM_n = (OT_n - OTmean) + CUSUM(n-1)$ ;  $n$ 表示手术例数,  $OT_n$ 表示第 $n$ 例手术时间,  $OTmean$ 表示全部手术的平均手术时间。

使用SPSS 25.0软件对所有手术病例的CUSUM值进行统计,绘制出CUSUM散点图,进行曲线拟合。拟合优度由拟合系数 $R^2$ 来判断, $R^2$ 值越接近1,证明拟合曲线的拟合程度越好。分别行线性、二次、三次曲线拟合,取 $R^2$ 最大者作为最佳拟合曲线, $P < 0.05$ 时曲线拟合有意义。当最佳拟合曲线斜率 $K$ 值由正转负时表示跨越学习曲线,即CUSUM拟合曲线最高点对应的手术例数 $n$ 为跨越学习曲线所需要的最少手术例数。根据CUSUM拟合曲线的趋势,确定临界点,并以此为分界线将学习曲线分为三个阶段,并将相对应的手术例数分为A、B、C三组,A组表示学习探索阶段,B组表示熟练掌握阶段,C组表示难度挑战阶段。

**1.6 统计学方法** 运用SPSS 25.0软件进行统计分析。计量资料服从正态分布的采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布需用中位数(第25百分位数,第75百分位数) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,组间比较使用单因素方差分析或Kruskal-Wallis  $H$ 检验。计数资料用百分比(%)表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验或Fisher确切概率检验,方差齐性检验采用Levene检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 手术例数与手术时间的关系** 65例患者均顺利行达芬奇机器人结直肠癌根治术,无术中中转开腹

病例,无围手术期死亡病例。随着手术例数的不断增加,手术时间呈缓慢下降的趋势,在第55例手术后又呈现一个上升的趋势。见图1。

**2.2 CUSUM学习曲线绘制** 使用SPSS 25.0软件对所有手术病例的CUSUM值进行统计,绘制出CUSUM趋势图(图2),进行曲线拟合。得到最佳拟合曲线模型为三次方曲线(图2),最佳拟合曲线方程为: $y = 0.02x^3 - 1.73x^2 + 35.31x + 39.72$ ,  $R^2 = 0.956$ ,  $P < 0.05$ 。CUSUM曲线在手术进行到11例时达到顶点,此后斜率由正转负,在55例时到达最低点,随后斜率由负转正。分别以11例和55例为临界点,将学习曲线分为学习探索阶段、稳定掌握阶段和难度挑战阶段,分别对应A、B、C组。

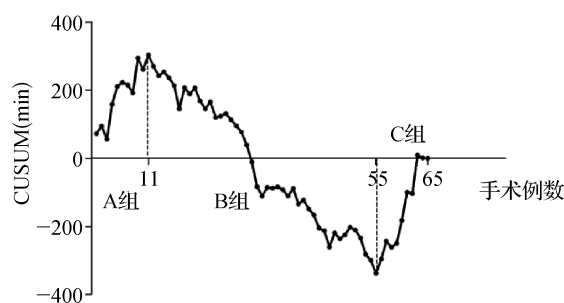


图1 CUSUM趋势图

Fig. 1 The trend chart of CUSUM

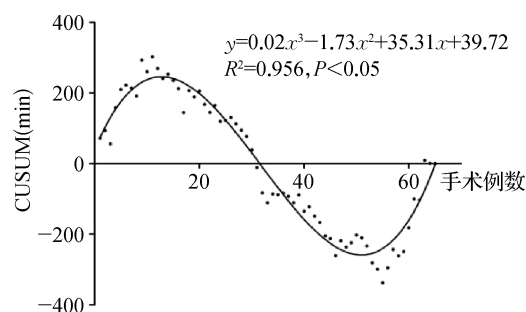


图2 最佳拟合曲线

Fig. 2 Optimal fitting curve

**2.3 一般临床资料分析** 三组病例年龄、性别、ASA分级、肿瘤距肛门距离差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), C组BMI显著高于A组和B组,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。见表1。

**2.4 围手术期资料分析** 三组患者均行达芬奇机器人手术。A组、C组手术时间较B组显著延长( $P < 0.05$ )。A组和C组手术时间差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。A组术中出血量较B组显著增多( $P < 0.05$ )。3组在手术方式、术中出血量、淋巴结清扫数目、术后排气时间、术后排便时间、术后进食时间、术后住院时间等方面,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。全部65例

患者中,12 例行右半结肠癌根治术,13 例行左半或乙状结肠癌根治术,40 例行直肠癌根治术(28 例 Dixon 手术,4 例行直肠 Bacon 手术,8 例行直肠 Miles 手术),无中转开腹及围手术期死亡患者。术后 13 例患者出现并发症,其中 3 例患者出现多个并发症(术后 1 例出现术后出血,6 例出现尿路感染,1 例出现坠积性肺炎,1 例出现吻合口瘘,3 例出现胸腔积液,

2 例患者出现肠梗阻,1 例患者出现心力衰竭,1 例患者出现腹腔感染),所有并发症患者均行对症支持治疗后治愈,顺利出院,3 组术后并发症发生率差异无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 2。

2.5 病理资料 A、B、C 三组在肿瘤直径大小、肿瘤病理分化程度、清扫淋巴结、病理分期(TNM 分期)等差异无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 3。

表 1 三组一般资料比较

Tab. 1 Comparison of general data among three groups

组别	例数	年龄(岁, $\bar{x}\pm s$ )	性别(例)		BMI( $\bar{x}\pm s$ )	ASA 分级(例)		肿瘤距肛门距离 [cm, $M(P_{25}, P_{75})$ ]
			男	女		II	III	
A 组	11	64.45±8.47	5	6	22.08±3.20	10	1	11(7.0, 18.5)
B 组	43	59.98±10.71	24	19	23.32±2.94	38	5	11(6.5, 19.5)
C 组	11	56.09±7.61	4	7	28.07±2.66 <sup>ab</sup>	9	2	30(12.5, 70.0)
$F/x^2/Z$ 值		1.956	1.475		13.944			3.723
$P$ 值		0.150	0.478		0.000	0.854		0.155

注:与 A 组比较,<sup>a</sup> $P<0.05$ ;与 B 组比较,<sup>b</sup> $P<0.05$ 。

表 2 三组围手术期资料比较 [ $M(P_{25}, P_{75})$ ]

Tab. 2 Comparison of perioperative data among three groups [ $M(P_{25}, P_{75})$ ]

组别	例数	手术方式(例)			手术时间(min)	出血量(ml, $\bar{x}\pm s$ )	术后排气 时间(d)	术后排便 时间(d)	术后进食 时间(d)	术后住院 时间(d)	术后并发症 [例(%)]
		直肠	乙状/左半	右半							
A 组	11	7	3	1	160(115, 210)	226.36±66.67	2(2, 4.5)	3(3, 6)	7(5.5, 7.5)	9(7, 10)	3(27.0)
B 组	43	29	8	6	120(105, 146) <sup>a</sup>	161.72±66.23 <sup>a</sup>	3(2, 3)	4(3, 5)	6(4.5, 8.0)	9(8, 11)	7(16.3)
C 组	11	4	2	5	150(130, 205) <sup>b</sup>	192.73±62.14	3(2, 3.5)	3(3, 4.5)	7(5.5, 7.5)	10(10, 3)	3(27.3)
$F/Z$ 值					11.121	4.580	0.517	0.820	0.882	1.354	
$P$ 值		0.159			0.004	0.010	0.772	0.664	0.643	0.508	0.470

注:与 A 组比较,<sup>a</sup> $P<0.05$ ;与 B 组比较,<sup>b</sup> $P<0.05$ 。

表 3 三组病理资料比较

Tab. 3 Comparison of pathological data among three groups

组别	例数	肿瘤直径(cm, $\bar{x}\pm s$ )	病理分化(例)			清扫淋巴结 [枚, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	TNM 分期(例)		
			低	中	高		I	II	III
A 组	11	5.11±2.25	1	10	0	15(12, 20)	3	5	3
B 组	43	3.91±1.75	2	40	1	15(15, 19)	12	20	11
C 组	11	4.19±1.12	0	11	0	18(15, 24)	2	5	4
$F/Z$ 值		2.048				2.266			
$P$ 值		0.138	0.818			0.322	0.966		

### 3 讨论

3.1 达芬奇机器人手术学习曲线分析 在本研究中,对一位在腹腔镜直肠切除术方面有着丰富经验的外科医生的机器人手术学习曲线进行分析。在应用 CUSUM 方法拟合学习曲线后,可以清晰地发现该外科医师的学习曲线分为 3 个阶段。在第一阶段,手术医师刚开始进行达芬奇机器人手术操作,并不太熟悉达芬奇机器人系统的技术特点,如机械臂的对接、人体工程学和手术操作等。因此在这一阶段,手术时间较长,术中出血量较多。但随着手术例数的不断增

加,术中的经验不断积累,对机器人操作的熟练程度也不断增加,手术时间总体上呈不断下降的趋势(图 1)。体现在学习曲线上是一条不断增长的陡峭曲线。在经历 11 例手术后,学习曲线出现拐点,表明进入下一阶段。在第二阶段,随着手术例数的增加,手术时间在一定的范围内波动,呈稳步降低的趋势,进入一个“平台期”。在此阶段,手术时间较上一个阶段明显减少,术中出血量明显降低,表明手术医师在经历了第一阶段的学习后,获得一定程度的熟练度,减少了手术操作时间及术中出血量,即成功跨越了学习曲线,达到熟练掌握阶段。有趣的是,在经过 55 例

手术后,学习曲线再次呈上升趋势。通过研究发现,在这一阶段中,手术患者的BMI要显著高于前两个阶段。众所周知,对于肥胖患者的手术,尤其是内脏脂肪丰富的患者中,手术范围被脂肪所覆盖,造成解剖结构不易辨别。另外,脂肪组织较脆,可能在术中操作时易于破裂造成手术层面的不延续<sup>[12]</sup>,这些都加大了手术难度,使手术时间延长。乔磊<sup>[13]</sup>在一项80名患者的腹腔镜右半结肠癌根治术回顾性研究中指出,肥胖患者的手术难度要高于正常体质的患者,手术时间显著长于非肥胖患者。此外,在本阶段中的11例手术中,有5例为右半结肠癌根治术,占总数的45%。腹腔镜右半结肠癌根治术范围大、需要处理的血管多、解剖变异大<sup>[14]</sup>,手术难度往往较直肠和乙状结肠癌手术大。因此,本研究将55~65例手术阶段定义为“难度挑战阶段”。在这一阶段中,术者因为有前两阶段的铺垫,手术更加成熟,倾向于选择难度更大的手术。相关研究表明,经验丰富的外科医生倾向于将越来越多的困难病例纳入其病例系列的后部分<sup>[15]</sup>,这种趋势在研究中也得到验证。在此阶段,手术操作时间较前一阶段略有上升,其他参数变化差异无统计学意义。随着学习曲线的上升,预测可能会出现第二个平台期,达到稳定的状态。但遗憾的是,本研究并没有得到第二个平台期,可能是纳入的手术例数有限,随着手术例数的增加可能会再次出现一个拐点,表明术者在进行高难度手术时达到熟练稳定的状态。

**3.2 达芬奇机器人系统的优势** 相比于传统的开腹及腹腔镜手术,达芬奇机器人手术系统在人体工程学上进行重大的升级改进。外科医生可以舒适地坐在控制台上,有利于缓解手术疲劳,集中注意力,使外科医生的表现在更长时间内保持最佳状态。Intuitive直觉运动控制技术能够消除手术震颤,提高了手术操作的稳定性和精确性,避免误触。达芬奇机器人系统的3D视野更加开阔,可以发现腹腔镜不易发现的神经和微小血管,避免了血管和神经的损伤。且对血管周围的淋巴结脂肪组织的清扫更为干净彻底,具有更高的安全性<sup>[16]</sup>。传统腹腔镜在面对肥胖、骨盆狭窄、肿瘤位置低等情况时无法获得足够的手术视野和操作空间,而机器人在灵活性机械手臂可以克服这些困难<sup>[17-18]</sup>,可以很轻松的进入狭小的空间内进行各种手术操作。在保护腹腔血管神经和彻底清扫淋巴结等方面也具有明显的优势。

**3.3 学习曲线意义** 相关研究表明,新的外科技术存在学习曲线。一个外科医生需要一定的病例数量

的经验积累来跨越学习曲线,这取决于手术的复杂性<sup>[19]</sup>。腹腔镜结直肠癌手术技术难度相对较大,因此学习曲线较长<sup>[20]</sup>。有研究表明,腹腔镜结直肠癌手术达到学习曲线,所需要的学习的手术例数为30~60例<sup>[21]</sup>。池畔等<sup>[22]</sup>回顾性分析福建医科大学附属协和医院50例腹腔镜结直肠癌根治术临床资料,认为经过40例腹腔镜手术后可以熟练掌握腹腔镜结直肠癌手术。Hwang等<sup>[23]</sup>的一项研究结果表明,外科医师在完成30~40例腹腔镜结直肠癌根治术后,可稳定掌握腹腔镜结直肠癌手术,即达到学习曲线。然而,多项研究表明,相比于传统的腹腔镜手术,达芬奇机器人手术系统有着更短的学习曲线。原因可能为高清的3D视野、灵活的机械臂以及更舒适的直觉操控系统,更有利于初学者掌握这项技术。在行结直肠癌根治术时,达芬奇机器人手术系的机械手体积小、动作灵活,便于在深部狭窄盆腔中进行操作<sup>[24]</sup>。高分辨率的3D视野,使术者能够清晰的观察到手术部位的血管走行、神经分布等解剖层次。这些都有利于缩短外科医师的学习曲线<sup>[25]</sup>。有研究表明,外科医师经过21~23例机器人辅助结直肠癌根治术的学习,达芬奇机器人手术技术可以跨越学习曲线,达到熟练掌握机器人结直肠癌手术的阶段<sup>[26]</sup>。本研究对不断增长的机器人在结直肠癌领域的应用具有重要指导意义。也有助于评估过渡期或刚开始学习机器人技术的外科医生的进展,使其顺利度过学习曲线,为机器人结直肠癌手术的培训提供指导和借鉴。

综上所述,达芬奇机器人手术学习曲线分为学习探索阶段、稳定掌握阶段和难度挑战阶段。有丰富腹腔镜手术经验的外科医师,达到熟练掌握达芬奇结直肠癌根治术的最少病例数即跨越学习曲线的手术例数为11例。到达学习曲线后,手术时间显著缩短,术中出血量显著减少。

**利益冲突** 无

#### 参考文献

- [1] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. CA Cancer J Clin, 2018, 68(6): 394-424.
- [2] Li PL, Zhang X, Wang LL, et al. microRNA-218 is a prognostic indicator in colorectal cancer and enhances 5-fluorouracil-induced apoptosis by targeting BIRC5 [J]. Carcinogenesis, 2015, 36(12): 1484-1493.
- [3] 唐义虎, 吴延虎, 周景昕, 等. 达芬奇系统下改良不停跳房间隔缺损修补及学习曲线的临床研究 [J]. 中国临床研究, 2020, 33(10): 1314-1319.

- Tang YH, Wu YH, Zhou JX, et al. The improved Da Vinci robot-assisted atrial septal defect repair under beating-heart cardiopulmonary bypass and its learning curve[J]. *Chin J Clin Res*, 2020, 33(10): 1314-1319.
- [4] Dekker E, Tanis PJ, Vleugels JLA, et al. Colorectal cancer[J]. *Lancet*, 2019, 394(10207): 1467-1480.
- [5] Reitano E, de'Angelis N, Schembari E, et al. Learning curve for laparoscopic cholecystectomy has not been defined: a systematic review [J]. *ANZ J Surg*, 2021, 91(9): E554-E560.
- [6] 孙嘉敏, 韩丽萍, 刘哲颖, 等. 达芬奇机器人宫颈癌广泛子宫切除术的学习曲线研究[J]. *肿瘤基础与临床*, 2020, 33(2): 113-117.
- Sun JM, Han LP, Liu ZY, et al. Study of learning curve for Da Vinci robot-assisted cervical cancer radical hysterectomy[J]. *J Basic Clin Oncol*, 2020, 33(2): 113-117.
- [7] 刘津杉, 吴立然, 敬国敏, 等. 纳米碳示踪剂在腹腔镜结肠癌手术中的应用价值[J]. *河北医药*, 2019, 41(19): 2955-2957, 2961.
- Liu JS, Wu LR, Jing GM, et al. Application value of nano-carbon tracer in laparoscopic colorectal cancer surgery[J]. *Hebei Med J*, 2019, 41(19): 2955-2957, 2961.
- [8] 程晓锋. 经膀胱入路机器人辅助腹腔镜根治性前列腺切除术的学习曲线及影响因素分析[D]. 南昌: 南昌大学, 2021.
- Cheng XF. Learning curve and influencing factors analysis of robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy via bladder approach [D]. Nanchang: Nanchang University, 2021.
- [9] 汪凯红. 单术者机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术学习曲线分析[D]. 南昌: 南昌大学, 2019.
- Wang KH. The learning curve analysis of robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy by A single surgeon [D]. Nanchang: Nanchang University, 2019.
- [10] Guend H, Widmar M, Patel S, et al. Developing a robotic colorectal cancer surgery program: understanding institutional and individual learning curves[J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(7): 2820-2828.
- [11] Lenfant L, Corrigan D, Beksac AT, et al. Learning curve analysis of single-port robot-assisted extraperitoneal prostatectomy using the cumulative sum (CUSUM) method[J]. *BJU Int*, 2021, 128(6): 688-691.
- [12] 林达佳, 吴健生, 薛芳沁, 等. 体质量指数对结肠癌切除术中淋巴结检测数目的影响[J]. *中国肿瘤临床*, 2019, 46(16): 822-826.
- Lin DJ, Wu JS, Xue FQ, et al. Effect of body mass index on the number of lymph nodes harvested in patients who underwent colorectal cancer resection [J]. *Chin J Clin Oncol*, 2019, 46(16): 822-826.
- [13] 乔磊. 肥胖对腹腔镜右半结肠癌完整结肠系膜切除术手术疗效的影响[J]. *中国肛肠病杂志*, 2021, 41(8): 14-15.
- Qiao L. Influence of patients' overweight on the surgical efficacy of laparoscopic complete mesocolic excision for right-side colonic cancer[J]. *Chin J Coloproctology*, 2021, 41(8): 14-15.
- [14] 池畔, 黄胜辉. 中国腹腔镜右半结肠癌手术 20 年回顾与展望[J]. *中华普外科手术学杂志(电子版)*, 2021, 15(5): 473-476.
- Chi P, Huang SH. Reviews and prospects of laparoscopic surgery for right-sided colon cancer in China in the past two decades[J]. *Chin J Oper Proc Gen Surg Electron Ed*, 2021, 15(5): 473-476.
- [15] Jiménez-Rodríguez RM, Díaz-Pavón JM, Portilla de Juan F, et al. Learning curve for robotic-assisted laparoscopic rectal cancer surgery [J]. *Int J Colorectal Dis*, 2013, 28(6): 815-821.
- [16] 李来元, 张维胜, 杨熊飞. 达芬奇机器人在结直肠癌手术中的应用进展[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2020, 1(5): 338-344.
- Li LY, Zhang WS, Yang XF. Application progress of Da Vinci robot in colorectal cancer surgery[J]. *Chin J Robotic Surg*, 2020, 1(5): 338-344.
- [17] 吴延华, 肖蕾, 徐昌霞, 等. 改良体位在达芬奇 Xi 机器人胃癌手术中的应用效果[J]. *中国临床研究*, 2022, 35(3): 436-440.
- Wu YH, Xiao L, Xu CX, et al. Application of modified position in gastric cancer surgery with da Vinci Xi robotic system[J]. *Chin J Clin Res*, 2022, 35(3): 436-440.
- [18] 李书原, 楼征, 张卫. 机器人辅助腹腔镜与传统腹腔镜行结肠癌手术的安全性和有效性比较[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2021, 2(4): 277-286.
- Li SY, Lou Z, Zhang W. Comparison of safety and efficacy between robotic and conventional laparoscopic surgery for colorectal cancer [J]. *Chin J Robotic Surg*, 2021, 2(4): 277-286.
- [19] Eyers T. Laparoscopic and other colorectal trials: ethics of the learning curve[J]. *ANZ J Surg*, 2017, 87(11): 859.
- [20] Aly EH. Laparoscopic colorectal surgery: summary of the current evidence[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2009, 91(7): 541-544.
- [21] Lee SW. Laparoscopic procedures for colon and rectal cancer surgery [J]. *Clin Colon Rectal Surg*, 2009, 22(4): 218-224.
- [22] 池畔, 林惠铭. 腹腔镜结肠癌根治术学习曲线[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2004(5): 372-374.
- Chi P, Lin HM. Learning curve of laparoscopic assisted radical operation for colorectal cancer[J]. *Chin J Gastrointest Surg*, 2004(5): 372-374.
- [23] Hwang MR, Seo GJ, Yoo SB, et al. Learning curve of assistants in laparoscopic colorectal surgery: overcoming mirror imaging[J]. *Surg Endosc*, 2010, 24(10): 2575-2580.
- [24] Hellan M, Anderson C, Ellenhorn JDI, et al. Short-term outcomes after robotic-assisted total mesorectal excision for rectal cancer[J]. *Ann Surg Oncol*, 2007, 14(11): 3168-3173.
- [25] Abodeely A, Lagares-Garcia JA, Duron V, et al. Safety and learning curve in robotic colorectal surgery[J]. *J Robot Surg*, 2010, 4(3): 161-165.
- [26] Bokhari MB, Patel CB, Ramos-Valadez DI, et al. Learning curve for robotic-assisted laparoscopic colorectal surgery[J]. *Surg Endosc*, 2011, 25(3): 855-860.