·综　　述·

腹腔镜手术技能评价工具的发展与现状

张波[1,2]，孙博[2]，梁宗康[1,2]，武少杰[2]，何显力[2]
1. 西安医学院研究生工作部，陕西 西安 710021；2. 空军军医大学第二附属医院普通外科，陕西 西安 710038

［摘要］ 如何客观衡量外科手术完成质量一直是困扰研究者的一大难题。外科医生技术能力是临床结果的一个重要影响因素，评价手术技能不仅对医生的教育、培训以及专业成长至关重要，而且对提高手术质量、保障病人安全和促进医学领域的发展具有深远的影响。多年来，外科手术技能评价逐渐由最初的外科专家组经验性评价模式发展到了数据化客观评估工具评价模式，如：整体评价量表、特定手术评价工具、基于错误的评价工具。近年来随着医工领域的交叉融合，一些具有自动识别功能的自动评价工具也初具雏形。此文结合文献对以上不同类型的腹腔镜手术技能评价工具的发展现状以及优缺点进行了综述。

［关键词］ 质量控制；外科技能；腹腔镜手术；评价工具；人工智能
［中图分类号］R656；R615　［文献标识码］A　**DOI**：10.3969/j.issn.1003-5591.2024.05.014

Evolutions and current status of laparoscopic skill assessment tools

Zhang Bo[1,2], *Sun Bo*[2], *Liang Zongkang*[1,2], *Wu Shaojie*[2], *He Xianli*[2]
1. *Gradate Studies, Xi'an Medical University, Shaanxi Xi'an* 710021, *China*; 2. *Department of General Surgery, Second Affiliated Hospital, Air Force Medical University, Shaanxi Xi'an* 710038, *China*
Corresponding author: *He Xianli*, *Email*: *wanghe@fmmu.edu.cn*

［**Abstract**］ An objective measurement of surgical outcome quality has long been a daunting challenge for researchers. Technical skill of a surgeon is a crucial influencing factor of clinical outcomes. Assessing surgical skills is not only vital for education, training and professional growth of surgeons but also has profound implications for enhancing surgical quality, ensuring patient safety and advancing medicine. Gradually the assessment of surgical skills has evolved from an initial experiential evaluation model by panels of surgical experts to a data-based objective assessment tool model, including global rating scales, procedure-specific assessment tools and error-based evaluation instruments. In recent years, with a growing integration of medical and engineering fields, some automated assessment tools equipped with automatic recognition capabilities have started to emerge. This article summarized the development, current status, advantages and limitations of different types of laparoscopic skill assessment tools in conjunctions with a literature review.

［**Key words**］ Quality control; Surgical skills; Laparoscopy; Assessment tools; Artificial intelligence

外科学是一门以手术为主的综合性学科[1]。自1987年，开展了世界首例腹腔镜胆囊切除术以来[2]，腹腔镜技术以其创伤小、痛苦轻、恢复快等优点，在全世界范围内广泛开展。我国引进腹腔镜技术至今30余年，已经在全国各地各级医院广泛普及[3]。然而，相比于传统开放手术，腹腔镜手术其操作性和专业性极强，并且存在较长的学习曲线[4]，因此不同地域、不同中心以及个人之间手术技能存在差异[5]。

手术质量与病人预后密切相关，严格的质量控制是决定手术质量高低的重要影响因素。一个完善的质量控制体系应包括术前、术中、术后等各个关键环节：术前的精准分期、手术风险及手术指征；术中应遵循肿瘤外科基本原则，进行规范标准的淋巴结清扫及合理消化道重建；术后应建立质量

基金项目：陕西省重点产业创新链（群）-社会发展领域（2022ZDLSF04-05）
作者简介：张波，硕士研究生在读，主要从事胃肠外科方面的研究，Email：13572213103@163.com
通信作者：何显力，Email：wanghe@fmmu.edu.cn

监控体系和随访数据[6]。对一项手术而言，对于手术指征的把控和掌握是质量控制的源头，而术中各个关键步骤的高质量操作，是真正落实质量控制的基础[7]。而术中各个关键步骤的高质量操作取决于外科医生的技术水平，大量研究表明，外科医生的术中技能表现直接关系到病人的术后结果[8]。

一、手术技能评价的意义

评价手术质量对病人预后的影响一直是多年来讨论和研究的主题。手术室是一个高风险的环境，之前有研究表明，39.5%～54.2%的不良事件与外科手术有关，而这些不良事件中有1/3～1/2是可以避免的[9-10]，这凸显了认识和管理术中错误、客观评价手术质量以提高病人安全的重要性。一台娴熟的手术75%是决策，25%取决于技术，尤其是在微创手术领域，其技术的特殊性和较长的学习曲线体现了手术技能的重要性[11]。

对病人而言，首先，在手术过程中外科医生的技术技能与病人术后的短期结果密切相关。一项大样本前瞻性研究通过对腹腔镜胃分流手术视频的同行观察结果显示，外科医生的手术技能差异很大，并且与临床结果密切相关，与技能评分于下四分位数的外科医生相比，上四分位数的外科医生术后并发症发生率少（14.5%比5.2%，$P<0.05$），再手术率（3.4%比1.6%，$P<0.001$）、30 d再入院率（6.3%比2.7%，$P<0.004$）的比例也更低[12]。近期研究也显示，在腹腔镜胃袖状切除术中，吻合口漏发生率与外科医生的技术操作显著相关[13]。其次，另有研究表明，外科技术技能与癌症手术后的长期生存之间也存在着关联，高分组与低分组5年生存率差异有统计学意义（79%比55%，$P=0.04$）[14]。最后，通过建立风险预测模型来预测手术的短期结果，可以识别术后并发症风险增加的病人，以便对这一高危人群进行早期干预，从而改善病人的预后[15]。一项回顾性研究结果显示，在腹腔镜胃癌根治术中，手术技能评分是术后并发症发生的独立预测因素（$OR=6.49$，95%CI：1.60～26.34，$P=0.009$），技能评分越低术后并发症发生率越高[16]。

对外科医生而言，使用现代循证策略对手术技能进行持续评估不仅可以帮助提高手术质量，而且可以为外科医生提供更细致的个性化反馈，外科医生可以总结自己的术中表现，分析自己的错误与不足，以提高自身技能。在一项探索结肠癌手术技能与长期生存关系的研究中发现，随着技能评分增高，淋巴结检出率有增高趋势，这从侧面也反映了外科医生对指南的依从性[14]。因此，建立外科手术技能评价体系是提高外科医生手术技术进而提高手术质量、改善病人预后的重要途径，对于提升手术水平和强化手术过程质量控制具有十分重要的意义。

二、手术技能表现评价工具的发展

最初对外科手术技能的评估很大程度上依赖于资深外科医生通过直接观察手术来完成，虽然这种方法仍然沿用至今，但是这种评估方法是主观的、有歧义的并且效率不高[17]。在临床实践中，手术短期结果经常被认为是手术技能表现的替代变量，如术后并发症发生率和围手术期死亡率等。然而使用并发症发病率和死亡率作为替代变量来衡量外科医生的技术技能其结果是片面的，因为在手术过程中还有许多其他影响因素，如病人的特征和围手术期的管理等[18]。当使用其他替代变量如外科医生的经验[19]、手术例数[20]和手术时长[21]等来衡量手术技能时，这些评价指标难以真正体现外科医生在手术中的技能表现，也不能客观识别技能缺陷并提供准确的反馈。一项关于结直肠手术技术技能与病人结果的研究显示，对于结肠切除术，技术技能评分每增加1分手术并发症发生率减少3.1%（$\beta=-3.1$，95%CI：-5.6～0.7，$P=0.01$）[22]。因此以更直接的方法（如在手术室直接观察，或审查手术录像，和使用评估工具）进行术中技能表现评价，是更可靠和更有效的手段。

一系列客观评价手术技能的工具已经在各种外科专业中被开发和验证。它们可以分为以下几个主要类别：整体评价量表（global rating scale，GRS）、特定手术评价工具（procedure specific tools，PST）、基于错误的评价工具（error based rating scales，ERS）、自动化评估和其他特殊评估方式。

（一）GRS

GRS是最早用于评价手术技能的工具，它通常用来评价一名外科医生在手术过程中的整体表现。1997年，Martin等[23]开发了客观结构化技术技能评估（the objective structured assessment of technical skill，OSATS），这是最早开发的用于客观技能评价的方法之一，也是最经典、应用最为广泛的工具。该工具是一个包含7个评估项目的Likert5级评分量表，其主要评估一般外科技术技能：组织处理、时间和动作、器械的辨识及操作、助手的使用以及外科医生对手术流程和具体步骤的认知程度。例如：对于组织处理的评价，在手术过程中能够始终如一地对组织进行适当的处理，并且能将组织损伤降到最低，则在组织处理方面得5分；如频繁对力度把握不好且对组织造成损伤，则在组织处理方面得1分，OSATS满分35分，得分≥29分被认为是具有较高的技术水平。最初，它是为模拟场景而设计的，但是它已经被广泛应用于真实手术室中开放和腹腔镜手术技能评价。大量研究证明了OSATS可以准确评价外科医生的手术技能，一项关于外科手术评估工具的荟萃分析结果显示，纳入的303项研究中有63.4%的研究使用了OSATS来评价技术技能，OSATS通常被用作基准来比较，这可能意味着他被视为目前评估技术技能的金标准[24]。Aggarwal等[25]采用OSATS评价了由新手外科医生完成的14例和由经验丰富的外科医生完成的33例腹腔镜胆囊切除术，结果显示两组评分差异有统计学意义（$P=0.031$）。近期，我国一项回顾性研究使用OSATS来对腹腔镜胃癌根治术技术表现进行评价，其中一项结果显示，OSATS较高的评分是术后发生严重并发症的独立保护因素[15]。该工具的可靠性和有效性在大量的研究中得到了证实。

随着微创技术的普及，2005年，Vassiliou等[26]基于OSATS开发并且验证了专门用于评价腹腔镜手术技能的工

具（the global operative assessment of laparoscopic skills，GOALS）；虽然OSATS也在多数研究中被用来评价腹腔镜手术技能，但是它缺少对腹腔镜手术特有技能的评估，如深度知觉和双手灵活性。而GOALS则弥补了这方面的缺陷，它主要评价深度知觉、双手灵活性、效率、组织处理和自主性5个方面，评估标准以Likert5级评分量表表示，例如对于深度知觉的评估，其主要评估术者能否将器械在正确的平面上精确地对准目标，若能够快速准确对准目标得分5分，若需要不断调整、摆动以及缓慢修正则得1分。研究结果显示，在腹腔镜胆囊切除术中初学者和有经验的主刀医师GOALS平均得分之间差异有统计学意义（13比19.4，P=0.000 6）[26]。该工具目前广泛应用于腹腔镜手术技能的评价以及作为标准化评估工具来衡量新评估工具的有效性[27-28]。为了能够常驻手术室评估手术技能，Doyle等[29]结合OSATS和GOALS开发了一个由9个项目组成的可以同时用于开放手术和腹腔镜手术的评价工具（global rating index for technical skills，GRITS），其在各种普外科手术技能评价的可靠性和有效性表明，GRITS也是一种易于实施的技术技能评估手段。

GRS主要是对外科医生在整个手术过程中手术技能整体表现的总结性评估，其并不侧重于对手术操作细节以及手术步骤评估，因此可以广泛应用于不同类型的腹腔镜手术技能的评价。其优点在于，评价工具易于设计、使用方便并且同一个工具可以用来评估不同的手术方式。然而GRS在使用过程中也存在一些问题，在评价术中的技术技能时其评估方式依赖于专业人员的全程跟随，使用过程耗时耗力而且无法完全避免主观评分偏见。其评价结构的宽泛也导致了GRS缺乏特异性和专业性，所提供的反馈更多是针对外科医生一般技能的缺陷，无法就手术本身为术后干预措施提供有效的指导反馈。有研究显示，腹腔镜胃旁路手术的GRS得分不能用来预测腹腔镜胃袖状切除术的预后，因此针对不同手术需要建立特定的手术技能评价体系[30]。

（二）PST

随着对手术精确化评估和细致化反馈的需求，出现了PST，这种评价工具是针对某单一病种和某一特定手术建立的独有的评估表。常见的PST包括Likert量表形式评价工具和多维度评价工具。

1. Likert量表形式评价工具　在PST中Likert量表是使用最多的一种技术技能评估方法，这种评价工具首先通过德尔菲法或专家讨论等方法来确定每个手术所需要评价的关键手术步骤，然后以5分制的Likert量表形式对每个手术步骤进行评价。（1）Sarker等[31]通过专家讨论的方法首次建立了的腹腔镜右半结肠切除术、乙状结肠切除术和直肠前切除术的PST，其中腹腔镜乙状结肠切除术评价内容包括：戳卡置入；解剖、显露肠系膜下动脉（inferior mesenteric artery，IMA）根部；IMA离断；沿结肠左侧的Toldt′s间隙游离结肠；识别左侧输尿管；切断结肠；标本取出；消化道重建。研究评估了由14名外科医生（6名高级医师和8名初级医师）完成的84例腹腔镜结直肠切除术，结果显示不同年资医师之间手术技能评分存在显著差异。（2）Palter等[32]采用德尔菲法建立了腹腔镜乙状结肠切除术和右半结肠切除术技能评价工具，相比于Sarker等学者的工具，其评估内容更加全面详细，如在腹腔镜乙状结肠切除术中包括在直视下置入戳卡、病人体位、显露水平、左侧输尿管识别、IMA根部的识别、在正确的平面切开、游离脾曲、检查游离结肠长度有无张力等18个项目。并且在随后的研究表明初级外科医生和专家医生手术技能评分之间差异有统计学意义，特别是在腹腔镜乙状结肠切除术中游离脾曲、检查结肠张力以及检查吻合口方向几个步骤评分中，专家比初级外科医生做得更好。（3）Haug等[33]通过德尔菲法建立了Likert量表形式的评估工具（complete mesocolic excision competency assessment tool，CMECAT），CMECAT包含48个评估项目的腹腔镜右半结肠切除术和包含40个项目的左半结肠切除术。相比于之前评价工具，CMECAT纳入了肿瘤切除质量评估，评估结肠系膜、解剖平面和切缘的完整性。然而该工具尚未进行验证，其可靠性和有效性未知。

类似的评价工具还有腹腔镜胃旁路手术客观结构化技能评估工具[34]和腹腔镜阑尾切除术评价量表[35]。其他特定Likert量表通过对已开发的GRS进行修改来建立，如结直肠癌手术客观结构化技能评估工具[36]、美国结直肠外科医师协会结直肠评估工具[37]和腹腔镜子宫切除术评价工具[38]等。

2. 多维度手术技能评价工具　多维度评价工具通常是从术中错误、基本手术技能和手术完成质量等多个方面来评价手术技能。（1）能力评估工具（competency assessment tool，CAT）：2013年，英国腹腔镜结直肠外科培训计划项目组采用半结构化访谈和德尔菲法来获取专家意见，建立了CAT，用来评估腹腔镜结肠手术的技术表现[39]。CAT由4个任务组成部分：手术入路和术野显露、血管识别和解剖、结肠的游离以及肠道切除或吻合。每个手术任务从4个领域评价：器械的使用、组织处理、错误和任务完成质量，对应的每个任务领域均有相应的评分标准。研究显示，专家的得分显著高于受训学员（3.19比2.60，P=0.004），CAT评分与观察到的操作错误计数之间呈负相关（Spearman等级相关系数为－0.520，P<0.001），其敏感度为94.4%，特异度为84.6%，阳性预测值为93.8%，阴性预测值为10.9%。CAT经过一系列信度和效度研究的验证，已经投入英国腹腔镜结直肠外科培训计划使用[40]。（2）视频评估工具：类似的工具还有2019年美国胃肠道和内镜外科协会开发用于评价腹腔镜胃底折叠术的基于视频的评价工具（video-based assessment，VBA）[41]和2020年Curtis等[42]开发的腹腔镜直肠全系膜切除术术中表现评价工具。Curtis等[42]的工具由4个代表手术步骤的竖栏和4个代表技能领域的横栏组成，创建了16个单独项目，按1至4的标准进行评分。该工具用于评价34名具备资质的医生实施的以治愈为目标的腹腔镜直肠全系膜切除术的组织病理学结果和术后30 d的并发症发生率，采用评估工具评分定义的外科医生四分位数对终点进行分析。结

果显示，手术技能表现在评分前1/4外科医生和后1/4外科医生之间存在巨大差异（直肠肠系膜筋膜平面93%比59%，30 d的并发症发生率23%比50%）。进而提示：在肿瘤手术临床实践中手术技能表现需得到足够的关注。

3. 其他特定手术技能评价工具　2019年，日本Kurashima等[43]通过使用认知任务分析法和德尔菲法开发一种工具用来评价腹腔镜远端胃切除术的技术技能——日本腹腔镜远端胃切除术评价表（Japanese operative rating scale for laparoscopic distal gastrectomy，JORS-LDG）。与其他工具不同之处在于，该工具不仅评估了远端胃切除术的关键步骤手术技能表现，而且从手术安全性和肿瘤学结果两个角度评价手术技能，手术安全性包括病人合适的体位、在直视下置入戳卡、肝脏显露保证可视化、确认避免损伤横结肠、确保吻合口无张力；肿瘤安全性包括保证距离胃网膜弓3 cm切大网膜、胰十二指肠上前动脉的识别和第6组淋巴结下缘的确定、确认病变切缘距离等。在后续的研究中发现随着外科医生手术例数的逐渐增多，JORS-LDG分数呈递增趋势[44]，并且发现JORS-LDG得分与术中并发症发生率（P=0.01）、术后并发症发生率（P=0.002）以及手术时间（P<0.001）显著相关[45]。

4. PST的优缺点　经典的通用技能评价工具如OSATS和GOALS等主要侧重评价基本的手术技能，主要针对初级外科医生。有研究对比了OSATS和PST，结果显示PTS相比OSATS有着更高的可靠性，并且受训人员更倾向于使用PST来评价手术技能[46]。而现代评价工具如CAT和腹腔镜直肠全系膜切除术术中表现评价工具等除了评价基本的手术技能，更强调了手术完成质量作为手术最终结果的重要性（如解剖和显露质量：代表着外科医生对手术的认知程度）[47]。特别是对于肿瘤外科，手术的肿瘤学结果关系到病人的术后生存与复发，因此对手术完成质量的评价是至关重要的。PTS的优点在于有着更加详细的评估项目，以及随着对手术质量、安全性以及肿瘤学结果评价的加入，PTS不仅可以为外科医生提供更加精细化的、个性化的反馈以提高手术技术，甚至可以识别高风险病人进行早期干预。然而，PTS的缺点在于不同的手术需要单独开发评价工具，且开发工具的过程复杂；其次对评估者的专业性有着很高的要求，需要经过系统的培训才能保证评估结果的准确性和客观性。

（三）ERS

1. 观察性临床人因可靠性分析法（observational clinical human reliability analysis，OCHRA）　评价手术技能表现也可以通过检测和识别手术错误来实现。人因可靠性分析（human reliability analysis，HRA）是常用的错误分析法，它可以识别人为错误及其原因，从而减少人为错误的发生[48]。1998年，Joice等[49]首次将HRA应用于腹腔镜手术，将其命名为OCHRA。OCHRA通过分析手术视频来识别手术过程中的错误来评价外科医生的手术技能表现，其过程包括分解手术步骤、定义错误模式、人为错误识别以及错误量化分析。常见的错误模式包括程序性错误和执行错误。程序性错误指不能以正确的步骤顺序进行手术（包括：未完成步骤；部分完成步骤；重复步骤；添加步骤；不按顺序完成步骤）。执行错误是指无效或创伤性的操作（包括：操作的速度、力、距离、时间、角度、深度太多或太少；在错误的方向操作；在错误的对象上操作）；同时根据执行错误是否导致不良事件或者需要采取额外补救措施将错误分为后果性错误和非后果性错误[49]。

Foster等[50]首次研究了OCHRA在腹腔镜直肠全系膜切除术（laparoscopic total mesorectal excision，LTME）中的应用，将LTME分为腹部任务（术野显露；血管处理；游离结肠；游离脾曲）和盆腔任务（分离直肠系膜后壁；分离直肠系膜前壁；分离直肠系膜外侧壁；完成LTME；吻合），研究采用执行错误模式，最终结果：在20例手术中，最常见的错误机制是“在错误的组织平面上操作”，与腹部任务相比盆腔每次手术出现错误数显著增加（中位数5比12，P<0.001），且右侧盆腔错误数量（n=118）明显多于左侧盆腔错误数量（n=92）（P=0.03）。一个可能的解释是术者在病人右侧操作，握持器械的操作角度比左侧更窄，因此增加了操作难度。研究观察到的错误分布提示LTME盆腔任务更加复杂，且在术中关注盆腔右侧的解剖过程，减少错误的发生。van Rutte等[51]使用OCHRA识别腹腔镜胃袖状切除术中的技术错误和危险区域，定义了13个关键步骤，错误被定义为手术过程中任何具有非预期结果的操作，结果发现大部分错误发生在胃大弯的解剖和吻合过程中。Tang等[52]采用OCHRA对26名医生进行的200例腹腔镜胆囊切除术进行分析，发现了2 242个错误，平均每次手术总错误数为（11±8）个，其中有684个（30%）后果性错误。研究将腹腔镜胆囊切除术分为3个任务阶段：分解胆囊与邻近器官/大网膜之间的粘连；解剖胆囊三角，分离胆囊动脉和胆囊管；从肝床分离胆囊。解剖胆囊三角过程中有着更高的错误概率（6.9%）。

2. 通用错误评价工具（generic error rating tool，GERT）　Bonrath等[53]学者开发并验证了用于客观评价腹腔镜手术术中错误的GERT，该工具定义了4种错误模式（力或距离太大；力或距离太小；可视化不足；器械或解剖平面定位错误）以及9个适用于腹腔镜手术的任务组（如能量设备的使用、抓取、切割、缝合等），将9个任务组与4种错误模式组合产生了错误检查表，与OCHRA相比，GERT不需要将手术步骤分解，增加了其可行性和普及性。通过对未经编辑的腹腔镜Roux-en-Y胃旁路手术视频进行分析，结果显示GERT具有很高的可靠性和有效性，即OSATS得分较高的外科医生错误越少[53]。然而Fecso等[16]研究显示，错误频率在无术后并发症组或Clavien-Dindo Ⅰ/Ⅱ级组与Clavien-Dindo Ⅲ级组之间差异无统计学意义（P=0.331），但错误数量有增加趋势。其可能的一个解释是GERT没有考虑到错误的严重性，所有错误的权重相同是导致这个结果的原因。近期有研究对GERT进行了修改，将原有腹腔镜手术任务组增加到了12个，并将其用于腹腔镜胃癌根治术的技术表现

评价，结果显示总错误数在发生术中不良事件组与未发生术中不良事件组之间存在显著差异[15]。

3. ERS的优缺点　错误识别是手术质量的直接反映，也证实了其在手术质量评估方面的临床意义。基于错误的技能评价工具，其优点在于可以详细记录术中发生的每一个技术错误，可以通过剖析错误机制对外科医生的具体技能和弱点来进行深入分析。另一方面，可以通过分析错误频率来识别手术过程中的困难和危险区域，以提高术者的警惕性，从而间接提高手术安全性并且减少术中并发症的发生；其次对手术技术错误的详细记录可以为术后发生手术并发症病人提供可回溯性依据，同时分析原因，采取相应的干预以及改进措施。然而同样基于视频的人工评价存在耗时耗力的特点，并且只分析错误数量没有考虑错误权重可能是导致无法得出有效结论的原因之一。

（四）自动化评估

近年来，人工智能（artificial intelligence，AI）医疗健康领域的融合不断加深，随着AI领域、计算机视觉和认知计算等技术的逐渐成熟，AI的应用场景越丰富，AI技术也逐渐成为影响医疗行业发展、提升医疗服务水平的重要因素。腹腔镜手术技能的评价也逐渐向AI领域迈进，常见的有基于物联网和计算机视觉技术的手术技能自动化评估工具。自动化评估过程通常包括：使用物联网技术或计算机视觉技术收集相关手术数据，利用机器学习开发模型，最后使用新的手术数据来进行验证评价。

基于物联网技术的腹腔镜手术技能自动化评估其本质是将OSATS或GOALS所定义的一般外科技术技能量化为可以客观测量的数据，然后由外科医生佩戴传感器或将传感器添加到手术器械中，通过跟踪手术过程中手术器械或外科医生的手在时间和空间上的运动特征来获取相关自动化评价指标（automated performance metrics，APMs）[54]。例如，通过测量器械尖端沿着器械轴线方向移动的距离来量化深度知觉[55]。研究显示，这种APMs不仅可以用来区分不同水平的外科医生[56]，而且Hung等[57]的研究显示，采用机器学习方法处理AMPs来评估手术技能表现可以预测手术短期结果，准确率高达87. 2%。然而这种技术存在几个局限性，首先，这种研究通常都是在模拟环境中完成的，其难以复刻到真实手术室当中，其原因在于不确定额外佩戴的传感器设备是否会对手术过程产生不利的影响（如手术区污染或干扰操作）；其次，通过传感器收集到的客观数据并不能直接代表外科技术技能，因此其提供的信息反馈价值有限，仍需要研究其与传统的技能评价量表的相关性来进行验证[58]。

基于计算机视觉技术的手术技能自动化评估相比于物联网技术，它不需要额外的传感器设备并且可以应用于真实手术室环境，因此成为目前主流的研究方向。通过使用计算机对手术视频进行识别和处理，提取相关参数来评估手术技能。2018年，Baghadi等[59]是第一个采用计算机视觉技术开发和验证手术技能自动评估工具，并且用于评价机器人辅助根治性膀胱切除术中盆腔淋巴结清扫的质量，他们根据计算机视觉技术处理获得的特征来评估淋巴结清扫质量，特征包括神经和血管检测、脂肪淋巴组织面积、平均熵（衡量图像中的混乱程度），将自动评分与由9名专家组成的评分小组的评分进行比较，其准确率可高达83. 3%。2023年，Yang等[60]的研究结果显示，基于AI和计算机视觉的自动化评估工具与传统评估工具的评估结果之间有很强的相关性。近期，Igaki等[61]采用深度学习模型构建了腹腔镜乙状结肠切除术自动化手术技能评价工具，并且将AI得分与日本内镜手术技能资格认证系统（endoscopic surgical skill qualification system，ESSQS）得分比较，其研究结果显示，AI得分与ESSQS得分显著相关（Spearman等级相关系数为0. 81，$P<0.001$）。大量研究均证明了基于计算机视觉技术的外科技能自动化评估的可行性。Kitaguchi等[62]开发了一套基于深度学习的经肛门全直肠系膜切除术荷包缝合的自动技能评估系统，从连续的经肛门全直肠系膜切除术视频中提取的荷包缝合视频片段，由两名专家使用先前制定的技能评分表[63]进行手动评分，然后将评分输入到深度学习模型中作为训练数据进行基于深度学习的图像回归分析，将训练好的深度学习模型预测的荷包缝合技能得分（AI得分）作为连续变量输出，结果显示AI评分与荷包缝合时间（Spearman等级相关系数为-0. 728，$P<0.001$）显著相关；专家外科医生的AI得分与中级外科医生（$P<0.001$）和初级外科医生（$P<0.0001$）AI得分之间差异有统计学意义。但是目前这种基于计算机视觉的自动化评估存在一些挑战：首先，这种技术只适用于腹腔镜手术和机器人手术，对于开放手术视频获取成为一个阻碍；其次，手术过程中的血迹和烟雾污染镜头、抖动模糊镜头和浆膜组织强反光等因素可能会影响对手术的识别。

这种基于AI的自动化评估已经显示出良好的应用前景，自动化评估不仅消除了人为评估的主观偏见，而且可以节省人力和时间成本，从而实现客观、快速、实时和广泛化评估。甚至在临床研究中，通过标准化手术技能来控制入组手术的质量使得临床研究结果更加严谨[64]。但是目前自动化评估仍然处于发展阶段，首先大部分研究集中于评价基本的手术任务或手术片段，很少有研究来评估整个手术过程；并且目前的自动化评估模型只能简单区分新手和专家外科医生；其次目前自动化评估缺乏公认统一的评价标准，此也是目前亟需解决的问题；最后基于AI的自动化评价模型需要大量的数据集支撑，手术室缺乏数字化和基础设施成为手术数据大量获取的一个阻碍[65]。

（五）其他评价方式

2022年，Ma等[66]提出了一种新颖的基于手术动作的客观技能评估方法：手术手势，即有目的的外科活动的基本功能单位（如抓取、切割等）。通过研究在腹腔镜胆囊切除术中不同手术手势的持续时间的频次可以有效区分不同经验水平的外科医生，并且与GOALS得分存在显著相关性。同年，Ma等[67]研究了手术手势对根治性前列腺切除术预后的影响，结果显示不同的解剖手势与勃起功能恢复时间相关并且手术手势的选择与外科医生的经验水平有关。基于手术

手势的技能评价方法展现出良好的应用前景，但是目前基于手术手势的技能评估方法是通过手动注释来完成的，其过程非常耗时。因此，Kiyasseh等[68]初步通过结合计算机视觉技术和深度学习等AI技术来自动识别缝合的手术手势，为实现完整的腹腔镜手术技能的自动化评估奠定基础。

三、展望

腹腔镜手术技能评价体系在世界各国均相继展开。2004年，日本制定了内镜手术技能资格认证系统ESSQS用以评价外科医生的腹腔镜手术技能[69]，经过大量研究发现，在胃癌和结直肠癌手术中[70]，与未通过ESSQS的外科医生相比，通过ESSQS认证的外科医生所进行的手术，术后病人可以达到更好的短期结果[71]。腹腔镜外科基础计划是一个旨在评估腹腔镜外科基础知识和技术技能的教育系统，为外科医生设计以学习和练习腹腔镜基础技能，并且自20世纪90年代末建立以来已经成为北美腹腔镜外科的既定认证工具[72]。2021年，我国建立了符合中国国情的中国腹腔镜技术考核与评价标准体系[4]，但是由于我国地域辽阔，医疗资源分布不均，使得该体系的推广和普及进度缓慢，然而近年来AI自动化评估的出现，使得这一进度提上日程。

目前，腹腔镜手术技能评价工具已经经历了从人工的手动评估向基于AI的自动化评估的转变，通过客观衡量手术技能，可以提升外科医生的技术水平，从而使越来越多的病人可获得“规范化、同质化”的手术，进而改进近、远期结果。得益于AI技术的快速进步，手术技能的评估将会朝着自动化和智能化的方向发展，在过去几年，AI技术已经发展到可以自动识别手术器械[73]和手术阶段，且准确率高达90%[74]，这为实现完整的手术技能评估提供了技术支撑。未来，基于AI的自动化评估不仅可以实现术中实时评价提供即时反馈，甚至可以通过建立外科技能数据库汇集手术经验，实现术中智能实时指导[75]。对于手术技能的评价不应拘泥于区分手术技能的优劣，更应该着眼于对手术质量的控制，为外科医生提供高效的反馈以及对预后的预测。因此理想的评价工具应该具备客观公正、内容专业、结构细化、可细化和可重复等条件。相信在不久的将来，随着自动化手术技能评价完善和普及，外科医生的手术质量控制问题将得到极大的解决。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

参　考　文　献

[1] 刘婷，王冉，王林，等. 手术共享决策研究现状及展望[J]. 中国病案，2023，24(1)：18-21. DOI：10.3969/j.issn.1672-2566.2023.01.008.

[2] Spaner SJ, Warnock GL. A brief history of endoscopy, laparoscopy, and laparoscopic surgery[J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 1997, 7(6): 369-373. DOI: 10.1089/lap.1997.7.369.

[3] 徐大华. 从腹腔镜手术展望蓬勃发展的微创外科技术[J]. 中华外科杂志，2008，46(23)：1764-1765. DOI：10.3321/j.issn：0529-5815.2008.23.002.

[4] 胡建昆，周总光，杨昆，等. 中国腹腔镜技术考核与评价标准体系(CLSTA)[J]. 中国实用外科杂志，2021，41(9)：993-996. DOI：10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2021.09.02.

[5] 陈韬，刘权萌，陈尔浩，等. 腹腔镜手术培训方式的现状与展望[J]. 中华医学教育杂志，2022，8(5)：463-467.

[6] 中国医师协会腹腔镜外科医师培训学院，中国抗癌协会胃癌专业委员会，中国研究型医院学会机器人与腹腔镜外科专业委员会，等. 中国腹腔镜胃癌根治手术质量控制专家共识(2022版)[J]. 中华消化外科杂志，2022，21(5)：573-585. DOI：10.3760/cma.j.cn115610-20220328-00170.

[7] 郑民华，马君俊，潘睿俊，等. 腹腔镜结直肠癌根治手术质量控制要点[J]. 中国实用外科杂志，2022，42(11)：1209-1212. DOI：10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2022.11.03.

[8] Fecso AB, Szasz P, Kerezov G, et al. The effect of technical performance on patient outcomes in surgery: a systematic review[J]. Ann Surg, 2017, 265(3): 492-501. DOI: 10.1097/SLA.0000000000001959.

[9] de Vries EN, Ramrattan MA, Smorenburg SM, et al. The incidence and nature of in-hospital adverse events: a systematic review[J]. Qual Saf Health Care, 2008, 17(3): 216-223. DOI: 10.1136/qshc.2007.023622.

[10] Zegers M, de Bruijne MC, Wagner C, et al. Adverse events and potentially preventable deaths in Dutch hospitals: results of a retrospective patient record review study[J]. Qual Saf Health Care, 2009, 18(4): 297-302. DOI: 10.1136/qshc.2007.025924.

[11] Darzi A, Smith S, Taffinder N. Assessing operative skill. Needs to become more objective[J]. BMJ, 1999, 318(7188): 887-888. DOI: 10.1136/bmj.318.7188.887.

[12] Birkmeyer JD, Finks JF, O'Reilly A, et al. Surgical skill and complication rates after bariatric surgery[J]. N Engl J Med, 2013, 369(15): 1434-1442. DOI: 10.1056/NEJMsa1300625.

[13] Varban OA, Thumma JR, Carlin AM, et al. Evaluating the impact of surgeon self-awareness by comparing self versus peer ratings of surgical skill and outcomes for bariatric surgery[J]. Ann Surg, 2022, 276(1): 128-132. DOI: 10.1097/sla.0000000000004450.

[14] Brajcich BC, Stulberg JJ, Palis BE, et al. Association between surgical technical skill and long-term survival for colon cancer[J]. JAMA Oncol, 2021, 7(1): 127-129. DOI: 10.1001/jamaoncol.2020.5462.

[15] Liu ZY, Chen QY, Zhong Q, et al. Intraoperative adverse events, technical performance, and surgical outcomes in laparoscopic radical surgery for gastric cancer: a pooled analysis from 2 randomized trials[J]. Ann Surg, 2023, 278(2): 222-229. DOI: 10.1097/sla.0000000000005727.

[16] Fecso AB, Bhatti JA, Stotland PK, et al. Technical performance as a predictor of clinical outcomes in laparoscopic gastric cancer surgery[J]. Ann Surg, 2019, 270(1): 115-120. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002741.

[17] Moorthy K, Munz Y, Sarker SK, et al. Objective assessment of technical skills in surgery[J]. BMJ, 2003, 327(7422): 1032-1037. DOI: 10.1136/bmj.327.7422.1032.

[18] Szasz P, Louridas M, Harris KA, et al. Assessing technical competence in surgical trainees: a systematic review[J]. Ann Surg, 2015, 261(6): 1046-1055. DOI: 10.1097/SLA.0000000000000866.

[19] Duclos A, Peix JL, Colin C, et al. Influence of experience on performance of individual surgeons in thyroid surgery:

prospective cross sectional multicentre study [J]. BMJ, 2012, 344: d8041. DOI: 10.1136/bmj.d8041.

[20] Rutegård M, Lagergren J, Rouvelas I, et al. Surgeon volume is a poor proxy for skill in esophageal cancer surgery [J]. Ann Surg, 2009, 249(2): 256-261. DOI: 10.1097/SLA.0b013e318194d1a5.

[21] Woelk JL, Casiano ER, Weaver AL, et al. The learning curve of robotic hysterectomy [J]. Obstet Gynecol, 2013, 121(1): 87-95. DOI: 10.1097/aog.0b013e31827a029e.

[22] Stulberg JJ, Huang R, Kreutzer L, et al. Association between surgeon technical skills and patient outcomes [J]. JAMA Surg, 2020, 155(10): 960-968. DOI: 10.1001/jamasurg.2020.3007.

[23] Martin JA, Regehr G, Reznick R, et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents [J]. Br J Surg, 1997, 84(2): 273-278. DOI: 10.1046/j.1365-2168.1997.02502.x.

[24] Vaidya A, Aydin A, Ridgley J, et al. Current status of technical skills assessment tools in surgery: a systematic review [J]. J Surg Res, 2020, 246: 342-378. DOI: 10.1016/j.jss.2019.09.006.

[25] Aggarwal R, Grantcharov T, Moorthy K, et al. Toward feasible, valid, and reliable video-based assessments of technical surgical skills in the operating room [J]. Ann Surg, 2008, 247(2): 372-379. DOI: 10.1097/SLA.0b013e318160b371.

[26] Vassiliou MC, Feldman LS, Andrew CG, et al. A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills [J]. Am J Surg, 2005, 190(1): 107-113. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2005.04.004.

[27] van Zwieten TH, Okkema S, Kramp KH, et al. Procedure-based assessment for laparoscopic cholecystectomy can replace global rating scales [J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2022, 31(6): 865-871. DOI: 10.1080/13645706.2021.1995000.

[28] Balvardi S, Semsar-Kazerooni K, Kaneva P, et al. Validity of video-based general and procedure-specific self-assessment tools for surgical trainees in laparoscopic cholecystectomy [J]. Surg Endosc, 2023, 37(3): 2281-2289. DOI: 10.1007/s00464-022-09466-6.

[29] Doyle JD, Webber EM, Sidhu RS. A universal global rating scale for the evaluation of technical skills in the operating room [J]. Am J Surg, 2007, 193(5): 551-555; discussion555. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2007.02.003.

[30] Varban OA, Greenberg CC, Schram J, et al. Surgical skill in bariatric surgery: does skill in one procedure predict outcomes for another? [J]. Surgery, 2016, 160(5): 1172-1181. DOI: 10.1016/j.surg.2016.04.033.

[31] Sarker SK, Kumar I, Delaney C. Assessing operative performance in advanced laparoscopic colorectal surgery [J]. World J Surg, 2010, 34(7): 1594-1603. DOI: 10.1007/s00268-010-0486-4.

[32] Palter VN, Grantcharov TP. A prospective study demonstrating the reliability and validity of two procedure-specific evaluation tools to assess operative competence in laparoscopic colorectal surgery [J]. Surg Endosc, 2012, 26(9): 2489-2503. DOI: 10.1007/s00464-012-2220-9.

[33] Haug TR, Miskovic D, Ørntoft MB W, et al. Development of a procedure-specific tool for skill assessment in left- and right-sided laparoscopic complete mesocolic excision [J]. Colorectal Dis, 2023, 25(1): 31-43. DOI: 10.1111/codi.16317.

[34] Zevin B, Bonrath EM, Aggarwal R, et al. Development, feasibility, validity, and reliability of a scale for objective assessment of operative performance in laparoscopic gastric bypass surgery [J]. J Am Coll Surg, 2013, 216(5): 955-965. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2013.01.003.

[35] Sirimanna P, Boyce S, Gunanayagam P, et al. Development of a rating scale for objective assessment of performance in laparoscopic appendicectomy surgery [J]. ANZ J Surg, 2022, 92(7/8): 1724-1730. DOI: 10.1111/ans.17601.

[36] de Montbrun SL, Roberts PL, Lowry AC, et al. A novel approach to assessing technical competence of colorectal surgery residents: the development and evaluation of the Colorectal Objective Structured Assessment of Technical Skill (COSATS) [J]. Ann Surg, 2013, 258(6): 1001-1006. DOI: 10.1097/SLA.0b013e31829b32b8.

[37] Champagne BJ, Steele SR, Hendren SK, et al. The American society of colon and rectal surgeons assessment tool for performance of laparoscopic colectomy [J]. Dis Colon Rectum, 2017, 60(7): 738-744. DOI: 10.1097/DCR.0000000000000817.

[38] Savran MM, Hoffmann E, Konge L, et al. Objective assessment of total laparoscopic hysterectomy: development and validation of a feasible rating scale for formative and summative feedback [J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2019, 237: 74-78. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2019.04.011.

[39] Miskovic D, Ni M, Wyles SM, et al. Is competency assessment at the specialist level achievable? A study for the national training programme in laparoscopic colorectal surgery in England [J]. Ann Surg, 2013, 257(3): 476-482. DOI: 10.1097/SLA.0b013e318275b72a.

[40] MacKenzie H, Ni M, Miskovic D, et al. Clinical validity of consultant technical skills assessment in the English National Training Programme for Laparoscopic Colorectal Surgery [J]. Br J Surg, 2015, 102(8): 991-997. DOI: 10.1002/bjs.9828.

[41] Feldman LS, Pryor AD, Gardner AK, et al. SAGES Video-Based Assessment (VBA) program: a vision for life-long learning for surgeons [J]. Surg Endosc, 2020, 34(8): 3285-3288. DOI: 10.1007/s00464-020-07628-y.

[42] Curtis NJ, Foster JD, Miskovic D, et al. Association of surgical skill assessment with clinical outcomes in cancer surgery [J]. JAMA Surg, 2020, 155(7): 590-598. DOI: 10.1001/jamasurg.2020.1004.

[43] Kurashima Y, Watanabe Y, Hiki N, et al. Development of a novel tool to assess skills in laparoscopic gastrectomy using the Delphi method: the Japanese operative rating scale for laparoscopic distal gastrectomy (JORS-LDG) [J]. Surg Endosc, 2019, 33(12): 3945-3952. DOI: 10.1007/s00464-019-06681-6.

[44] Shinichiro K, Yo K, Kengo K, et al. Surgical assessment system reflexes and facilitates the developing the surgical skills of trainees for the laparoscopic distal gastrectomy [J]. Acta Med Nagasaki, 2022, 65(2): 45-55.

[45] Kurashima Y, Kitagami H, Teramura K, et al. Validation study of a skill assessment tool for education and outcome prediction of laparoscopic distal gastrectomy [J]. Surg Endosc, 2022, 36(12): 8807-8816. DOI: 10.1007/s00464-022-09305-8.

[46] Beard JD, Marriott J, Purdie H, et al. Assessing the surgical

skills of trainees in the operating theatre: a prospective observational study of the methodology [J]. Health Technol Assess, 2011, 15(1): i-xxi, 1-162. DOI: 10.3310/hta15010.

[47] Igaki T, Takenaka S, Watanabe Y, et al. Universal meta-competencies of operative performances: a literature review and qualitative synthesis [J]. Surg Endosc, 2023, 37(2): 835-845. DOI: 10.1007/s00464-022-09573-4.

[48] Tang BJ, Cuschieri A. Objective assessment of surgical operative performance by observational clinical human reliability analysis (OCHRA): a systematic review [J]. Surg Endosc, 2020, 34(4): 1492-1508. DOI: 10.1007/s00464-019-07365-x.

[49] Joice P, Hanna GB, Cuschieri A. Errors enacted during endoscopic surgery: a human reliability analysis [J]. Appl Ergon, 1998, 29(6): 409-414. DOI: 10.1016/s0003-6870(98)00016-7.

[50] Foster JD, Miskovic D, Allison AS, et al. Application of objective clinical human reliability analysis (OCHRA) in assessment of technical performance in laparoscopic rectal cancer surgery [J]. Tech Coloproctology, 2016, 20(6): 361-367. DOI: 10.1007/s10151-016-1444-4.

[51] van Rutte P, Nienhuijs S, Jakimowicz J, et al. Identification of technical errors and hazard zones in sleeve gastrectomy using OCHRA [J]. Surg Endosc, 2017, 31(2): 561-566. DOI: 10.1007/s00464-016-4997-4.

[52] Tang B, Hanna GB, Joice P, et al. Identification and categorization of technical errors by Observational Clinical Human Reliability Assessment (OCHRA) during laparoscopic cholecystectomy [J]. Arch Surg, 2004, 139(11): 1215-1220. DOI: 10.1001/archsurg.139.11.1215.

[53] Bonrath EM, Zevin B, Dedy NJ, et al. Error rating tool to identify and analyse technical errors and events in laparoscopic surgery [J]. Br J Surg, 2013, 100(8): 1080-1088. DOI: 10.1002/bjs.9168.

[54] Castillo-Segura P, Fernández-Panadero C, Alario-Hoyos C, et al. Objective and automated assessment of surgical technical skills with IoT systems: a systematic literature review [J]. Artif Intell Med, 2021, 112: 102007. DOI: 10.1016/j.artmed.2020.102007.

[55] Våpenstad C, Fagertun Hofstad E, Eivind Bernstein T, et al. Optimal timing of assessment tasks depending on experience level of surgical trainees [J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2020, 29(3): 161-169. DOI: 10.1080/13645706.2019.1612441.

[56] Winkler-Schwartz A, Yilmaz R, Mirchi N, et al. Machine learning identification of surgical and operative factors associated with surgical expertise in virtual reality simulation [J]. JAMA Netw Open, 2019, 2(8): e198363. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2019.8363.

[57] Hung AJ, Chen J, Che ZP, et al. Utilizing machine learning and automated performance metrics to evaluate robot-assisted radical prostatectomy performance and predict outcomes [J]. J Endourol, 2018, 32(5): 438-444. DOI: 10.1089/end.2018.0035.

[58] Oropesa I, Escamirosa FP, Sánchez-Margallo JA, et al. Interpretation of motion analysis of laparoscopic instruments based on principal component analysis in box trainer settings [J]. Surg Endosc, 2018, 32(7): 3096-3107. DOI: 10.1007/s00464-018-6022-6.

[59] Baghdadi A, Hussein AA, Ahmed Y, et al. A computer vision technique for automated assessment of surgical performance using surgeons' console-feed videos [J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2019, 14(4): 697-707. DOI: 10.1007/s11548-018-1881-9.

[60] Yang JH, Goodman ED, Dawes AJ, et al. Using AI and computer vision to analyze technical proficiency in robotic surgery [J]. Surg Endosc, 2023, 37(4): 3010-3017. DOI: 10.1007/s00464-022-09781-y.

[61] Igaki T, Kitaguchi D, Matsuzaki H, et al. Automatic surgical skill assessment system based on concordance of standardized surgical field development using artificial intelligence [J]. JAMA Surg, 2023, 158(8): e231131. DOI: 10.1001/jamasurg.2023.1131.

[62] Kitaguchi D, Teramura K, Matsuzaki H, et al. Automatic purse-string suture skill assessment in transanal total mesorectal excision using deep learning-based video analysis [J]. BJS Open, 2023, 7(2): zrac176. DOI: 10.1093/bjsopen/zrac176.

[63] Teramura K, Imai S, Watanabe Y, et al. Development of a performance rubric for transanal endoscopic rectal purse-string sutures [J]. Tech Coloproctol, 2022, 26(2): 109-115. DOI: 10.1007/s10151-021-02545-1.

[64] Grüter AAJ, Van Lieshout AS, van Oostendorp SE, et al. Video-based tools for surgical quality assessment of technical skills in laparoscopic procedures: a systematic review [J]. Surg Endosc, 2023, 37(6): 4279-4297. DOI: 10.1007/s00464-023-10076-z.

[65] Lam K, Chen JH, Wang ZY, et al. Machine learning for technical skill assessment in surgery: a systematic review [J]. NPJ Digit Med, 2022, 5(1): 24. DOI: 10.1038/s41746-022-00566-0.

[66] Ma RZ, Vanstrum EB, Nguyen JH, et al. A novel dissection gesture classification to characterize robotic dissection technique for renal hilar dissection [J]. J Urol, 2021, 205(1): 271-275. DOI: 10.1097/JU.0000000000001328.

[67] Ma RZ, Ramaswamy A, Xu JS, et al. Surgical gestures as a method to quantify surgical performance and predict patient outcomes [J]. NPJ Digit Med, 2022, 5(1): 187. DOI: 10.1038/s41746-022-00738-y.

[68] Kiyasseh D, Ma R, Haque TF, et al. Quantification of Robotic Surgeries with Vision-Based Deep Learning [Z]. Ithaca: Cornell University Library, arXiv.org, 2022.05.03028. DOI: 10.48550/arxiv.2205.03028.

[69] Mori T, Kimura T, Kitajima M. Skill accreditation system for laparoscopic gastroenterologic surgeons in Japan [J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2010, 19(1): 18-23. DOI: 10.3109/13645700903492969.

[70] Akagi T, Endo H, Inomata M, et al. Clinical impact of Endoscopic Surgical Skill Qualification System (ESSQS) by Japan Society for Endoscopic Surgery (JSES) for laparoscopic distal gastrectomy and low anterior resection based on the National Clinical Database (NCD) registry [J]. Ann Gastroenterol Surg, 2020, 4(6): 721-734. DOI: 10.1002/ags3.12384.

（下转封三）