

# 层流洁净手术室对腹部手术应用效果的系统评价与Meta分析



付璐<sup>1</sup>, 李素英<sup>1</sup>, 李小兰<sup>1</sup>, 严敏<sup>2</sup>

1. 简阳市人民医院麻醉手术部 (四川简阳 641400)
2. 简阳市人民医院感染管理部 (四川简阳 641400)

**【摘要】目的** 探讨层流洁净手术室与普通手术室在腹部手术中的应用效果。**方法** 检索中国知网、万方、维普、PubMed、Web of Science、The Cochrane Library 及 Embase 数据库, 搜集层流洁净手术室与普通手术室在腹部手术中应用效果的临床研究, 检索时限为建库至 2025 年 7 月 25 日。**结果** 共纳入 9 篇文献, 涉及 59 449 例患者。Meta 分析结果显示, 层流洁净手术室显著降低患者手术部位感染 (SSI) 发生率 [OR=0.50, 95%CI (0.34, 0.73),  $P < 0.001$ ] 和手术室空气菌落数 [MD=-47.32, 95%CI (-66.36, -28.29),  $P < 0.001$ ]。亚组分析表明, 层流洁净手术室在降低平均年龄  $< 60$  岁 [OR=0.45, 95%CI (0.25, 0.83),  $P=0.01$ ]、平均手术时长  $\geq 150$  min [OR=0.41, 95%CI (0.31, 0.55),  $P < 0.001$ ] 和 III/IV 级手术占比  $\geq 50\%$  [OR=0.41, 95%CI (0.21, 0.80),  $P=0.01$ ] 亚组 SSI 发生率方面效果更为显著; 在术中开门次数  $< 10$  次 [MD=-65.43, 95%CI (-94.47, -36.40),  $P < 0.001$ ] 亚组中对降低空气菌落数效果更为显著。**结论** 当前证据显示, 层流洁净手术室在腹部手术中对预防 SSI 和降低空气菌落数的效果优于普通手术室, 尤其在特定患者群体和手术条件下优势更为明显。

**【关键词】** 层流手术室; 腹部手术; 手术部位感染; 空气菌落数; Meta 分析

**【中图分类号】** R656; R197.39 **【文献标识码】** A

## The impact of laminar flow clean operating room on abdominal surgery: a systematic review and Meta-analysis

FU Lu<sup>1</sup>, LI Suying<sup>1</sup>, LI Xiaolan<sup>1</sup>, YAN Min<sup>2</sup>

1. Department of Anesthesiology and Surgery, Jianyang People's Hospital, Jianyang 641400, Sichuan Province, China

2. Department of Infection Management, Jianyang People's Hospital, Jianyang 641400, Sichuan Province, China

Corresponding author: FU Lu, Email: 15183771771@163.com

**【Abstract】Objective** To evaluate the application effect of laminar flow clean operating room and ordinary operating room in abdominal surgery. **Method** Search CNKI, WanFang, VIP, PubMed, Web of Science, The Cochrane Library and Embase databases to collect clinical studies on the application of laminar flow clean operating rooms and general operating rooms in abdominal surgery. The search period was from the establishment to July 25, 2025. **Results** A total of 9 studies

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202510074

基金项目: 成都市医学科研课题 (2023181)

通信作者: 付璐, 主管护师, Email: 15183771771@163.com

were included, involving 59,449 patients, showing that compared with a regular operating room, laminar flow clean operating rooms significantly reduced the surgical site infection (SSI) incidence [OR=0.50, 95%CI (0.34, 0.73),  $P<0.001$ ] and the number of airborne bacteria [MD=-47.32, 95%CI (-66.36, -28.29),  $P<0.001$ ]. Subgroup analysis showed that laminar flow clean operating rooms more significantly decreased the SSI incidence in patients <60 years old [OR=0.45, 95%CI (0.25, 0.83),  $P=0.01$ ], patients with surgery duration  $\geq 150$  minutes [OR=0.41, 95%CI (0.31, 0.55),  $P<0.001$ ], and patients with a proportion of grade III/IV surgery  $\geq 50\%$  [OR=0.41, 95%CI (0.21, 0.80),  $P=0.01$ ]. The decrease in airborne bacterial counts was more significant in the subgroup with less than 10 door openings during surgery [MD=-65.43, 95%CI (-94.47, -36.40),  $P<0.001$ ]. Conclusion Current evidence shows that laminar flow clean operating rooms are more effective in preventing SSI and reducing airborne bacterial count during abdominal surgery than regular operating rooms, especially in specific patient populations and surgical conditions.

**【Keywords】** Laminar flow operating room; Abdominal surgery; Surgical site infection; Airborne bacterial count; Meta-analysis

腹部手术是外科领域最常见的手术类型之一，广泛应用于治疗胃肠道肿瘤、胆囊疾病、肝脏疾病和疝气等多种疾病<sup>[1]</sup>。然而，腹部手术后手术部位感染（surgical site infection, SSI）仍是术后的主要并发症，大大增加了患者的住院时间和医疗成本<sup>[2-4]</sup>。多项研究报道，SSI发生率在不同类型腹部手术中差异较大，通常在5%至20%之间，但在某些高风险手术中甚至更高<sup>[5-7]</sup>。SSI不仅加重患者痛苦与经济压力，还可能进展为败血症等危重情况<sup>[8-9]</sup>。因此，预防SSI的发生是外科手术管理中的重要环节。

手术室环境是影响SSI发生的重要因素之一。传统手术室通过高效空气过滤系统和正压通风系统维持洁净的空气环境，而层流洁净手术室则通过层流技术提供更高等级的空气净化，以减少手术区域的微生物污染<sup>[10]</sup>。理论上，层流洁净手术室能显著降低空气中细菌菌落数，从而减少SSI发生风险<sup>[11]</sup>。然而，其在实际临床应用中对SSI发生率和空气菌落数的影响存在争议<sup>[12]</sup>。研究表明，层流洁净手术室能显著降低SSI发生率，但也有研究未能发现显著差异<sup>[13-15]</sup>。此外，不同类型的手术、手术持续时间、患者年龄和手术室管理等因素也可能影响层流洁净手术室的效果<sup>[16]</sup>。因此，本研究针对层流洁净手术室在腹部手术中的应用效果进行系统评价，重点关注SSI发生率和空气菌落数两个关键结局指标，并通过亚组分析探讨不同患者特征和手术条件对结局的影响，以期优化手术室管理策略、降低术后感染风险和提供患者术后恢复质量提供循证依据。

## 1 资料与方法

本研究根据系统评价和Meta分析报告规范PRISMA声明<sup>[17]</sup>进行报告。

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准：①研究类型为病例对照研究；②研究对象为接受腹部手术的患者；③研究组为在层流洁净手术室进行手术，对照组为在普通手术室进行手术；④结局指标包括SSI发生率和（或）空气菌落数<sup>[18]</sup>；⑤研究发表语言限定为中文或英文。排除标准：①无法获取所需关键数据；②未明确区分层流洁净手术室与普通手术室；③研究设计存在严重缺陷（如无对照组、非临床研究等）；④组间基线指标差异具有统计学意义；⑤文献质量存在高偏倚风险；⑥动物实验、综述、Meta分析或个案报道类文献。

### 1.2 文献检索策略

系统检索PubMed、Web of Science、The Cochrane Library、Embase、中国知网、万方、维普数据库，检索时间为建库至2025年7月25日，检索时未设定回溯日期限制<sup>[19]</sup>。中文检索词包括手术室、操作室、层流手术室、手术、手术操作、腹部等；英文检索词包括Operating Room、Laminar flow、Surgery、Surgical Procedure、Abdomen等。以PubMed为例，检索策略见附件框1。

### 1.3 文献筛选与资料提取

由两名研究者独立进行文献筛选并提取相关信息，包括作者、发表日期、研究地区、患者年龄、

性别、样本大小、干预措施与结局指标等。上述过程中如遇分歧协商讨论解决或由第 3 名研究者裁定。

### 1.4 纳入研究的偏倚风险评价

采用纽卡斯尔-渥太华量表 (Newcastle-Ottawa Scale, NOS) 对纳入文献进行质量评估<sup>[20-21]</sup>, 总分为 0~9 分。评分  $\geq 6$  分为高质量研究, 表明研究在设计、实施和结果测量方面控制良好; 4~5 分为中等质量;  $\leq 3$  分则存在明显偏倚, 予以排除。

### 1.5 统计学分析

采用 RevMan 5.1 软件进行 Meta 分析。计数资料采用比值比 (odds ratio, OR) 及 95% 置信区间 (confidence interval, CI) 表示, 计量资料以均数差 (mean difference, MD) 为统计效应量。采用  $Q$  检验结合  $I^2$  值判断异质性<sup>[22]</sup>, 当  $I^2 > 50\%$  或  $P < 0.1$  时, 表示研究间异质性较大, 选择随机效应模型, 并根据实际情况采取亚组分析或敏感性分析<sup>[23]</sup>, 反之则采用固定效应模型。采用漏斗图对纳入研究  $\geq 10$  篇的结局指标进行发表偏倚评估。

## 2 结果

### 2.1 文献筛选流程及结果

共检索获得文献 6 409 篇, 经逐层筛选后最终纳入文献 9 篇<sup>[15, 24-31]</sup>, 文献筛选流程见图 1。

### 2.2 纳入研究基本特征和偏倚风险评估

共纳入 9 项<sup>[15, 24-31]</sup> 研究, 研究地区包括英国、德国、韩国和中国, 涉及 59 449 例患者, 其中试验组 28 140 例 (均在层流洁净手术室进行手术), 对照组 31 309 例 (均在普通手术室进行手术);

纳入文献 NOS 评分为 7~9 分, 其他基本特征见表 1。

## 2.3 Meta分析结果

### 2.3.1 SSI发生率

9 项研究<sup>[15, 24-31]</sup> 均报告了 SSI 发生率, 研究间存在异质性 ( $I^2=81\%$ ,  $P < 0.001$ ), 采用随机效应模型进行分析。层流手术室组 SSI 发生率显著低于普通手术室组, 差异具有统计学意义 [ $OR=0.50$ ,  $95\%CI (0.34, 0.73)$ ,  $P < 0.001$ ], 见附件图 1。

### 2.3.2 空气菌落数

8 项研究<sup>[15, 24-27, 29-31]</sup> 报告了空气菌落数, 研究间存在异质性 ( $I^2=100\%$ ,  $P < 0.001$ ), 采用

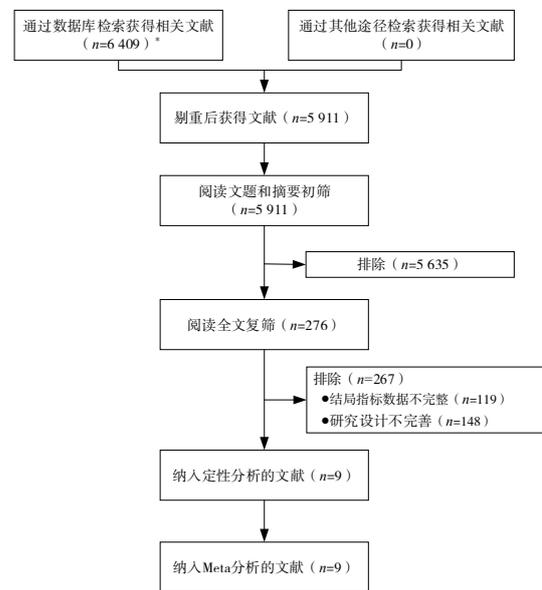


图1 文献筛选流程图

Figure 1. Flow chart of literature screening

注: \*检索的数据库及检出文献数具体为中国知网 (n=270)、万方 (n=1 640)、维普 (n=309)、PubMed (n=629)、Web of Science (n=281)、Embase (n=3 142)、The Cochrane Library (n=138)。

表1 纳入研究基本特征和偏倚风险评估

Table 1. Basic characteristics and risk of bias assessment of included studies

纳入研究	国家	手术类型	例数		年龄 (岁)		平均手术时间 (min)		III/IV级手术 占比 (%)	结局指标	质量评估
			T	C	T	C	T	C			
Bosanquet 2013 <sup>[15]</sup>	英国	腹部手术	56	114	68.1	64.8	124.7	123.2	-	①②	8
Brandt 2008 <sup>[24]</sup>	德国	结肠手术	6 201	2 495	65	68	91.5	113.3	32.2	①②	8
Jeong 2013 <sup>[25]</sup>	韩国	胃部手术	1 919	172	60.1	62.5	180	176	-	①②	7
成昌霞 2009 <sup>[26]</sup>	中国	腹部手术	2 832	2 421	57.2	53.3	175.3	181.4	54.2	①②	8
成昌霞 2016 <sup>[27]</sup>	中国	腹部手术	4 979	4 986	61.1	64.7	182.2	189.3	66.5	①②	9
傅小芳 2007 <sup>[28]</sup>	中国	腹部手术	8 931	17 707	55	57	121.1	116.3	25.3	①	9
黄彩燕 2015 <sup>[29]</sup>	中国	胃部手术	1 730	1 760	59.3	58.5	147.3	152.3	44.3	①②	8
吴亚林 2014 <sup>[30]</sup>	中国	肝脏手术	1 430	1 592	44.8	49.2	221.4	210.8	67.5	①②	7
肖越 2019 <sup>[31]</sup>	中国	腹部手术	62	62	41.5	41.9	127.6	121.5	25.9	①②	7

注: T.试验组; C.对照组; ①SSI发生率; ②空气菌落数。

随机效应模型分析。层流手术室组空气菌落数显著低于普通手术室组,差异具有统计学意义 [MD=-47.32, 95%CI (-66.36, -28.29),  $P < 0.001$ ], 见附件图 2。

### 2.3.3 亚组分析

亚组分析结果如表 2 所示。在 SSI 发生率方面,根据患者年龄、手术时长和 III/IV 级手术占比进行亚组分析,结果显示,各组内仍存在统计学异质性。其中,平均年龄  $< 60$  岁 [OR=0.45, 95%CI (0.25, 0.83),  $P=0.01$ ]、平均手术时长  $\geq 150$  min [OR=0.41, 95%CI (0.31, 0.55),  $P < 0.001$ ]、III/IV 级手术占比  $\geq 50\%$  [OR=0.41, 95%CI (0.21,

0.80),  $P=0.01$ ] 亚组中层流手术室组 SSI 发生率显著低于普通手术室组,见附件图 3 至图 5。在空气菌落数方面,根据术中开门次数进行亚组分析,结果显示,亚组内仍存在统计学异质性,且术中开门次数  $\geq 10$  次 [MD=-5.59, 95%CI (-10.40, -0.78),  $P=0.02$ ] 和术中开门次数  $< 10$  次 [MD=-65.43, 95%CI (-94.47, -36.40),  $P < 0.001$ ] 亚组中层流手术室组空气菌落数均显著低于普通手术室组,见附件图 6。

### 2.4 发表偏倚分析

因两项结局指标纳入文献数均少于 10 篇,未进行发表偏倚检验。

表2 不同亚组对腹部手术患者的疗效

Table 2. Results of subgroup analysis on the efficacy of patients undergoing abdominal surgery

结局指标	亚组组别	纳入研究	异质性检验		合并效应量	
			I <sup>2</sup> 值	P值	OR/MD值 (95%CI)	P值
SSI发生率	平均年龄 $\geq 60$ 岁	4 <sup>[15, 24-25, 27]</sup>	88%	$< 0.001$	0.49 (0.23, 1.06)	0.070
	平均年龄 $< 60$ 岁	5 <sup>[26, 28-31]</sup>	71%	0.008	0.45 (0.25, 0.83)	0.010
	平均手术时长 $\geq 150$ min	4 <sup>[25-27, 30]</sup>	66%	0.030	0.41 (0.31, 0.55)	$< 0.001$
	平均手术时长 $< 150$ min	5 <sup>[15, 24, 28-29, 31]</sup>	59%	0.050	0.89 (0.77, 1.02)	0.090
	III/IV级手术占比 $\geq 50\%$	3 <sup>[26-27, 30]</sup>	65%	0.060	0.41 (0.21, 0.80)	0.010
	III/IV级手术占比 $< 50\%$	4 <sup>[24, 28-29, 31]</sup>	58%	0.070	0.81 (0.60, 1.10)	0.180
空气菌落数	术中开门次数 $\geq 10$ 次	2 <sup>[15, 31]</sup>	32%	0.230	-5.59 (-10.40, -0.78)	0.020
	术中开门次数 $< 10$ 次	3 <sup>[25, 29-30]</sup>	100%	$< 0.001$	-65.43 (-94.47, -36.40)	$< 0.001$

## 3 讨论

本研究 Meta 分析结果显示,层流洁净手术室能显著减少腹部手术患者 SSI 发生率与手术室空气菌落数,与层流洁净手术室通过高效空气过滤和单向气流设计减少空气中微生物污染的理论预期一致<sup>[32]</sup>。

然而,研究间存在显著异质性,进一步亚组分析结果显示,在平均年龄  $< 60$  岁亚组中,层流手术室组 SSI 预防效果更为显著,而在  $\geq 60$  岁亚组中差异未达到统计学意义。此年龄相关效应差异可能与以下机制有关:首先,年轻患者免疫系统活性较强,皮肤黏膜屏障功能更完善,而老年患者常合并糖尿病、慢性肾病等基础疾病,其天然免疫和适应性免疫均存在不同程度的衰退,可能削弱了层流技术对感染风险的保护效能。其次,腹部手术涉及的肠道菌群具有快速定植能力,年轻患者术后活动能力较强,可能通过咳嗽、翻身等动作促进层流气流对手术部位的冲刷作用,而老年患者术后制动时间更长,局部微环境更易

形成生物膜,导致层流空气动力学干预效果受限<sup>[33]</sup>。手术时长亚组分析发现,平均手术时长  $\geq 150$  min 亚组中层流手术室显著降低 SSI 发生率,而手术时长  $< 150$  min 的亚组未观察到统计学差异。可能原因是层流系统通过定向气流持续清除术野周围悬浮菌,但短时间手术的微生物暴露负荷相对较低,层流的“保护窗口期”可能未被完全激活,而在长时间手术中,层流对持续产生的细菌稀释和冲刷作用随时间推移逐渐显现优势,且长时间手术往往伴随更高的操作复杂度和更多的术者轮换,导致潜在污染机会增加,而层流系统通过维持正压环境和高效过滤,在此类场景中更能体现对空气菌落数的主动控制能力<sup>[34]</sup>。同样,按手术复杂度分层时亦发现,III/IV 级手术占比  $\geq 50\%$  亚组中,层流手术室可显著降低 SSI 发生率。这可能和 III/IV 级手术通常伴随空腔脏器切开、组织坏死或植入物置入有关,导致术野持续释放高浓度病原体,而层流系统通过定向气流可更有效地稀释并排出此类污染负荷,而低风险手术的微生物暴露量本身处于较低水平,因

此导致层流干预的效果并不明显<sup>[35]</sup>。

本研究还发现,当术中开门次数 $< 10$ 次时,层流对空气菌落数的清除效率显著提升,而开门次数 $\geq 10$ 次时,尽管菌落数仍较普通手术室显著下降,但层流对外源性污染的缓冲能力被削弱。这可能是由于层流系统通过定向气流形成动态无菌屏障,但频繁开门会破坏气流的“活塞效应”,导致微生物随开门动作瞬时涌入术野,强调了手术过程中维持层流环境稳定性的重要性<sup>[36]</sup>。空气菌落数作为直接反映手术室环境清洁度的客观指标,其显著降低为层流洁净手术室降低 SSI 风险提供了机制性解释,即通过减少手术区域悬浮微生物负荷来预防感染<sup>[37]</sup>。

本研究存在一定局限性。首先,纳入研究均为回顾性观察研究,尽管其方法学质量均符合纳入标准,但仍存在潜在的混杂因素倚倚风险,如不同医院的患者选择标准、手术团队经验水平、围手术期管理差异等可能影响结果。其次,由于纳入文献数较少,可能导致统计效力不足,结果可信度和推广性受限。此外,本研究仅选择了 SSI 发生率和空气菌落数作为结局指标,未纳入其他潜在相关指标如住院时间、抗生素使用情况、术后并发症等,这一选择主要基于以下考虑:SSI 发生率是评价手术室环境对感染预防效果的直接临床终点,具有明确的临床意义和广泛认可的重要性;而空气菌落数是直接反映手术室洁净度的客观环境指标,能为 SSI 风险差异提供机制性解释<sup>[38]</sup>;其他结局指标如住院时间等虽然也受手术室环境影响,但更容易受到术后管理、患者基础疾病等多重因素干扰。

综上,现有研究显示层流洁净手术室在腹部手术中能显著降低 SSI 发生率和手术室空气菌落数,尤其在长时间、高难度手术以及手术过程中较少开门的情况下效果更为显著,为优化手术室资源配置、制定基于手术风险的层流洁净手术室使用策略提供了重要参考依据。未来研究应采用前瞻性设计,控制更多混杂因素,并探索层流洁净技术与患者个体特征、手术操作细节之间的交互作用,以进一步细化层流洁净手术室的应用指征。

附件见《医学新知》官网附录 (<https://yxxz.whuznhmedj.com/futureApi/storage/appendix/202510074.pdf>)

伦理声明:不适用

作者贡献:研究设计、数据提取、核查与分析、论文撰写:付璐;研究设计、论文审定:李素英、李小兰;基金支持:严敏

数据获取:本研究中使用和(或)分析的所有数据均包含在本文中

利益冲突声明:无

致谢:不适用

#### 参考文献

- 1 Alam R, Figueiredo SM, Balvardi S, et al. Development of a patient-reported outcome measure of recovery after abdominal surgery: a hypothesized conceptual framework[J]. *Surg Endosc*, 2018, 32(12): 4874-4885.
- 2 Cheadle WG. Risk factors for surgical site infection[J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2006, 7 Suppl 1: S7-11.
- 3 Poirot K, Le Roy B, Badrikian L, et al. Skin preparation for abdominal surgery[J]. *J Visc Surg*, 2018, 155(3): 211-217.
- 4 Ahmed K, Bashar K, Connelly TT, et al. Reducing surgical site infections in abdominal surgery: are ring retractors effective? a systematic review and Meta-analysis[J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2016, 17(2): 138-151.
- 5 Leaper D, Ousey K. Evidence update on prevention of surgical site infection[J]. *Curr Opin Infect Dis*, 2015, 28(2): 158-163.
- 6 Willis MA, Toews I, Soltau SL, et al. Preoperative combined mechanical and oral antibiotic bowel preparation for preventing complications in elective colorectal surgery[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023, 2(2): Cd014909.
- 7 Owens CD, Stoessel K. Surgical site infections: epidemiology, microbiology and prevention[J]. *J Hosp Infect*, 2008, 70 Suppl 2: 3-10.
- 8 Hastings S, Myles PS, Medcalf RL. Plasmin, immunity, and surgical site infection[J]. *J Clin Med*, 2021, 10(10): 2070.
- 9 Liu Z, Dumville JC, Norman G, et al. Intraoperative interventions for preventing surgical site infection: an overview of Cochrane reviews[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 2(2): Cd012653.
- 10 Haslam KR. Laminar air-flow conditioning in the operating room: a review[J]. *Anesth Analg*, 1974, 53(2): 194-199.
- 11 Dharan S, Pittet D. Environmental controls in operating theatres[J]. *J Hosp Infect*, 2002, 51(2): 79-84.
- 12 McHugh SM, Hill AD, Humphreys H. Laminar airflow and the prevention of surgical site infection. More harm than good?[J]. *Surgeon*, 2015, 13(1): 52-58.
- 13 Bridges E, Whitney J, Metter D, et al. Prevention of pressure injuries during military aeromedical evacuation or prolonged field care: a randomized trial[J]. *Nurs Outlook*, 2022, 70(6 Suppl 2): S115-S126.
- 14 Breier AC, Brandt C, Sohr D, et al. Laminar airflow ceiling size: no impact on infection rates following hip and knee prosthesis[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2011, 32(11): 1097-1102.
- 15 Bosanquet DC, Jones CN, Gill N, et al. Laminar flow reduces cases of surgical site infections in vascular patients[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2013, 95(1): 15-19.
- 16 Dai R, Liu S, Li Q, et al. A systematic review and Meta-analysis of indoor bioaerosols in hospitals: the influence of heating, ventilation, and air conditioning[J]. *PLoS One*, 2021, 16(12): e0259996.
- 17 Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and Meta-analyses: the PRISMA statement[J]. *BMJ (Clinical research ed)*, 2009, 339: b2535.
- 18 Hong W, Zhang X, Liu Z, et al. MRI assessment of the relationship between cortical morphological features and hemiparetic motor-related outcomes in chronic subcortical stroke patients[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2023, 58(2): 571-580.

- 19 Lee YH. An overview of Meta-analysis for clinicians[J]. *Korean J Intern Med*, 2018, 33(2): 277-283.
- 20 Zeng X, Zhang Y, Kwong JS, et al. The methodological quality assessment tools for preclinical and clinical studies, systematic review and Meta-analysis, and clinical practice guideline: a systematic review[J]. *J Evid Based Med*, 2015, 8(1): 2-10.
- 21 曾宪涛, S.W.Kwong J, 田国祥, 等. Meta 分析系列之二: Meta 分析的软件 [J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2012, 4(2): 89-91. [Zeng XT, S.W.Kwong J, Tian GX, et al. Meta analysis series 2: Meta-analysis software[J]. *Chinese Journal of Evidence Based Cardiovascular Medicine*, 2012, 4(2): 89-91.]
- 22 杨娟, 郑青山. Meta 分析的统计学方法 [J]. *中国临床药理学与治疗学*, 2005, 10(11): 1309-1314. [Yang J, Zheng QS. Statistical methods for Meta-analysis[J]. *Chinese Journal of Clinical Pharmacology and Therapeutics*, 2005, 10(11): 1309-1314.]
- 23 Choi JH, Grimsley EA, Read MD, et al. Meta-analysis in surgical research: methodology and statistical application[J]. *Am Surg*, 2024, 90(11): 3092-3101.
- 24 Brandt C, Hott U, Sohr D, et al. Operating room ventilation with laminar airflow shows no protective effect on the surgical site infection rate in orthopedic and abdominal surgery[J]. *Ann Surg*, 2008, 248(5): 695-700.
- 25 Jeong SJ, Ann HW, Kim JK, et al. Incidence and risk factors for surgical site infection after gastric surgery: a multicenter prospective cohort study[J]. *Infect Chemother*, 2013, 45(4): 422-430.
- 26 成昌霞, 陈兆杰, 周学颖, 等. 两种手术室空气质量对腹部手术切口感染的影响 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2009, 19(24): 3360-3361. [Cheng CX, Chen ZJ, Zhou XY, et al. The impact of two types of operating room air quality on abdominal surgical incision infection[J]. *Chinese Journal of Hospital Infection*, 2009, 19(24): 3360-3361.]
- 27 成昌霞, 周学颖, 李福玮, 等. 手术时间对手术切口感染影响的研究 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2016, 26(5): 1111-1112, 1123. [Cheng CX, Zhou XY, Li FW, et al. Study on the influence of surgical time on surgical incision infection[J]. *Chinese Journal of Hospital Infection*, 2016, 26(5): 1111-1112, 1123.]
- 28 傅小芳, 刘金妹, 顾崎, 等. 普通手术室和层流洁净手术室对手术切口感染率的影响 [J]. *中国感染控制杂志*, 2007, 6(1): 24-26. [Fu XF, Liu JM, Gu Q, et al. The impact of ordinary operating rooms and laminar flow clean operating rooms on surgical incision infection rates[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2007, 6(1): 24-26.]
- 29 黄彩燕, 黎春慧. 层流净化手术室对手术感染的预防效果分析[J]. *中华实验和临床感染病杂志 (电子版)*, 2015, (1): 53-56. [Huang CY, Li CH. Preventive effect of laminar flow operating room for surgical site infections[J]. *Chinese Journal of Experimental and Clinical Infectious Diseases (Electronic Edition)*, 2015, (1): 53-56.]
- 30 吴亚林, 王航平, 许爱珍, 等. 腹部切口感染手术室环境因素分析与预防措施 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2014, (7): 1728-1729, 1735. [Wu YL, Wang HP, Xu AZ, et al. Analysis of operating room environmental factors and preventive measures for abdominal incision infection[J]. *Chinese Journal of Hospital Infection*, 2014, (7): 1728-1729, 1735.]
- 31 肖越. 层流手术室预防手术切口感染的效果 [J]. *实用临床医学*, 2019, 20(4): 98-99. [Xiao Y. The effect of laminar flow operating room on preventing surgical incision infection[J]. *Practical Clinical Medicine*, 2019, 20(4): 98-99.]
- 32 Botzenhart K, Hoppenkamps G. Wound contamination in conventionally air-conditioned operating rooms as compared to laminar-flow-operating-rooms (author's transl)[J]. *Zentralbl Bakteriologie*, 1978, 167(1-2): 29-37.
- 33 Pinder EM, Bottle A, Aylin P, et al. Does laminar flow ventilation reduce the rate of infection? an observational study of trauma in England[J]. *Bone Joint J*, 2016, 98-b(9): 1262-1269.
- 34 Özdemiir ED, Uslu Y, Karabacak U, et al. Pressure injuries in the operating room: who are at risk?[J]. *J Wound Care*, 2023, 32(Sup7a): cxxviii-cxxxvi.
- 35 Beckert S, Struller F, Horvath P, et al. Overall morbidity but not mortality is increased in elderly patients following cytoreductive surgery and HIPEC[J]. *Langenbecks Arch Surg*, 2015, 400(6): 693-698.
- 36 Wanta BT, Glasgow AE, Habermann EB, et al. Operating room traffic as a modifiable risk factor for surgical site infection[J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2016, 17(6): 755-760.
- 37 Albertini P, Mainardi P, Bagattini M, et al. Risk influence of some environmental and behavioral factors on air contamination in the operating room: an experimental study[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2023, 20(16): 6592.
- 38 Pokrywka M, Byers K. Traffic in the operating room: a review of factors influencing air flow and surgical wound contamination[J]. *Infect Disord Drug Targets*, 2013, 13(3): 156-161.

收稿日期: 2025 年 10 月 17 日 修回日期: 2025 年 12 月 29 日  
本文编辑: 桂裕亮 曹越

引用本文: 付璐, 李素英, 李小兰, 等. 层流洁净手术室对腹部手术应用效果的系统评价与Meta分析[J]. 医学新知, 2026, 36(3): 329-334. DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202510074.

Fu L, Li SY, Li XL, et al. The impact of laminar flow clean operating room on abdominal surgery: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Yixue Xinzhi Zazhi*, 2026, 36(3): 329-334. DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202510074.