DOI: 10.12235/E20220112
文章编号：1007-1989（2023）01-0044-11

论 著

人工智能辅助结肠镜检查对息肉检出率影响的Meta分析

冯夕纹[1]，李素贞[1]，向鹏飞[2]，史广蒙[1]，綦利平[1]
（武汉科技大学附属武汉亚心总医院 1.消化内科；2.普外科，湖北 武汉 430056）

摘要：目的 定量分析人工智能（AI）辅助结肠镜检查对息肉检出率的影响。**方法** 检索自建库至2021年5月Cochrane Library、PubMed、Embase、Web of Science、中国知网（CNKI）、万方数据（Wanfang Data）和维普网（VIP）中关于AI辅助结肠镜检查的研究，并对文章进行质量评价，采用RevMan 5.4软件进行Meta分析。**结果** 纳入8篇文献，共6 217例患者（3 095/3 122）。与没有AI辅助的结肠镜检查相比，AI辅助结肠镜检查增加了腺瘤检出率（ADR）（$\hat{R}R$ = 1.43，95%CI：1.33～1.55，P = 0.000），提高了息肉检出率（PDR）（$\hat{R}R$ = 1.40，95%CI：1.30～1.51，P = 0.000）。左半结肠、右半结肠、< 10 mm和无蒂的ADR和PDR明显增加（P < 0.01）；AI辅助结肠镜与常规结肠镜检查退镜观察时间无明显差异。**结论** AI辅助肠镜检查可以增加腺瘤和息肉的检出率，与腺瘤及息肉的位置、大小及形态学相关，与退镜时间无关。

关键词： 人工智能；结肠镜；息肉；腺瘤；深度学习；计算机辅助检测
中图分类号： R574.62

Impact of artificial intelligence assisted colonoscopy on polyp detection rate: a Meta-analysis

Xi-wen Feng[1], Su-zhen Li[1], Peng-fei Xiang[2], Guang-meng Shi[1], Li-ping Qi[1]
(1.Department of Gastroenterology; 2.Department of General Surgery, Wuhan Asia General Hospital, Affiliated to Wuhan University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430056, China)

Abstract: Objective To make a quantitative analysis of the influence of artificial intelligence (AI) assisted colonoscopy on polyp detection. **Methods** As of May 2021, the research related to AI-assisted colonoscopy in Cochrane Library, PubMed, Embase, Web of Science, CNKI, Wanfang Data, and VIP were searched, and the quality of the articles was evaluated. RevMan 5.4 software was used for Meta-analysis. **Results** 8 literatures were included, including 6 217 cases (3 095/3 122). Compared with colonoscopy without AI, colonoscopy with AI increased the detection rate of adenoma (ADR) ($\hat{R}R$ = 1.43, 95%CI: 1.33～1.55, P = 0.000); Improved polyp detection rate (PDR) ($\hat{R}R$ = 1.40, 95%CI: 1.30~1.51, P = 0.000). ADR and PDR were significantly increased in left and right colon, < 10 mm and pedunculated colon (P < 0.01); There was no significant difference in the observation time between AI assisted colonoscopy and routine colonoscopy. **Conclusion** AI assisted enteroscopy can increase the detection rate of adenomas and polyps, which is related to the location, size and morphology of adenomas and polyps, and has nothing to do with the time of withdrawal.

Keywords: artificial intelligence (AI); colonoscopy; polyps; adenoma; deep learning; computer-aided detection

收稿日期：2022-03-03
[通信作者]綦利平，E-mail：15327193988@163.com

腺瘤性息肉已被证明是结直肠癌的癌前病变[1]，结肠镜检查是目前发现并切除腺瘤性息肉的主要方法之一[2]，但结肠镜检查质量却有所差异。判断结肠镜检查质量高低的指标分为术前质量指标（肠道准备）、手术质量指标[盲肠插管率、退镜时间和腺瘤检出率（adenoma detection rate，ADR）]和术后质量指标（监测间隔）[3]。虽然临床不断改进结肠镜检查的方法，以提高检查质量，但结肠镜检查中的腺瘤漏诊率仍高达27%[4]。人工智能（artificial intelligence，AI）已在医学领域广泛应用，深度学习（deep learning，DL）是一种机器学习方法，是AI应用领域的一个重要组成部分[5]，在成像应用方面有着巨大的发展前景。DL是应用神经网络结构的机器学习模式，与传统的机器学习相比，DL拥有更强大的学习能力，无需进行大量数据的预处理和手动提取，即可自动提取特征，还可进行多任务学习[6]。在医学成像方面，DL可应用于病变检测及分类，同时进行辅助诊断，从而提高临床工作的准确性和效率[7]。因此，DL模型在胃肠内镜检查领域中发展迅速。最近的研究[8]表明，计算机辅助检测（computer-aided detection，CADe）可以准确检测大肠息肉，降低漏检率。但现有的研究在评估息肉检测效能（如：息肉大小、形态、位置和组织学等）上数据比较分散。为此，本研究系统总结了AI辅助结肠镜对结直肠息肉检测率的影响，以及其与病变特征之间的关系。

1　资料和方法

1.1　文献检索策略

检索自建库至2021年5月Cochrane Library、PubMed、Embase、Web of Science、中国知网（CNKI）、万方数据（Wanfang Data）和维普网（VIP）中关于AI辅助结肠镜检查的研究。采用主题词与自由词相结合的方法进行检索：artificial intelligence、colonoscopes、colonoscopy、人工智能和结肠镜。

1.2　纳入与排除标准

1.2.1　纳入标准　①研究对象：行结肠镜检查的门诊或住院患者，年龄≥18岁；②研究类型：随机对照试验（randomized controlled trial，RCT）；③干预措施：AI组采用AI辅助结肠镜检查，对照组采用常规结肠镜检查；④肠镜检查质量：波士顿肠道准备评估量表（Boston bowel preparation scale，BBPS）≥6分，退镜时间≥6 min，盲肠插管率≥85%。

1.2.2　排除标准　①重复发表的文献；②无全文、信息不全或无法进行数据提取的文献；③会议论文、综述和个案报告；④非中文或英文文献。

1.3　结局指标

1.3.1　主要指标　①ADR；②息肉检出率（polyp detection rate，PDR）。

1.3.2　次要指标　①腺瘤位置（左半结肠、右半结肠）；②腺瘤大小（≤5 mm、6～9 mm和≥10 mm）；③腺瘤形态（有蒂腺瘤和无蒂腺瘤）；④息肉位置（左半结肠和右半结肠）；⑤息肉大小（≤5 mm、6～9 mm和≥10 mm）；⑥息肉形态（有蒂息肉和无蒂息肉）；⑦退镜时间（不包括活组织检查或治疗时间）。

1.3.3　相关定义　结直肠息肉定义：任何已经切除并进行组织学检查的内镜下病变。腺瘤定义：组织学证实为腺瘤成分的息肉。

1.4　文献筛选与资料提取

1.4.1　文献筛选　剔除重复文献后，依据纳入与排除标准进行文献筛选。由两名研究者根据纳入与排除标准，独立进行文献筛选、提取资料与核对，如遇分歧，则咨询第三方协助判断。文献筛选时，首先阅读文题和摘要，在排除明显不相关的文献后，进一步阅读全文，以确定是否纳入。

1.4.2　资料提取　主要包括：①文献的一般特征：第一作者、发表时间、国家、研究类型、样本量、性别和年龄；②结局指标；③文献质量评价。

1.5　质量评价

由两名研究者按照Cochrane偏倚风险评估对纳入的文献进行质量评价。对于RCT，评价标准包括：随机序列产生、分配隐藏、实施者及研究者是否盲法、研究结果盲法评价、不完整的数据结果、选择性报道和其他偏倚等7项，每项均采用“是”“否”和“不清楚”进行评价，“是”为低度偏倚，“否”为高度偏倚，“不清楚”为缺乏相关信息或偏倚情况不确定。

1.6　统计学方法

采用RevMan 5.4软件进行Meta分析。二分类变量采用相对危险度$\hat{RR}$值和95%CI计算；连续型变量采用加权均数WMD值和95%CI计算。$P<0.05$为差异有统计学意义。结合I^2和P值进行异质性检验，若$P>0.1$或$I^2<50\%$，提示研究间异质性较小，采用固定效应模型；若$P\leq0.1$和$I^2\geq50\%$，提示研究间异质性较大，采用随机效应模型进行合并分析。

2 结果

2.1 文献检索结果及特征

在计算机上手动检索查询，共获得文献 865 篇，逐层筛选后，最终纳入 8 篇[9-16]RCT，共 6 217 例（AI 组 3 095 例，对照组 3 122 例），个体研究样本量为 669～1 058 例。文献筛选流程见图 1。纳入研究的基本特征见表 1。

2.2 纳入文献的质量评价

8 篇 RCT 偏倚风险评价中，1 篇文献[10]未描述随机序列产生的方法和分配隐藏；6 篇文献[9-14]未对实施者或参与者实施盲法，7 篇文献[9-12, 14-16]未对结局指标实施盲法，8 篇文献均无不完整数据及选择性报道。见图 2。

2.3 主要结局 Meta 分析结果

2.3.1 ADR 纳入的 8 篇[9-16]研究均报道了 ADR，各研究间异质性小（$P=0.090$，$I^2=43\%$），采用固定效应模型分析。根据使用的 AI 系统，分为 Wision AI 系统和其他系统两个亚组。结果显示：AI 组的 ADR 均高于对照组（$\hat{RR}=1.43$，95%CI：1.33～1.55，$P=0.000$）；亚组分析中，Wision AI 系统（$\hat{RR}=1.31$，95%CI：1.17～1.46，$P=0.000$）和其他系统（$\hat{RR}=1.58$，95%CI：1.41～1.77，$P=0.000$）的 ADR 均高于对照组。见图 3。敏感性分析：将随机效应模型转换，并逐一去除每篇文献后，对异质性进行检验，转换前后各项指标结果基本一致，表明 Meta 分析结果稳定。

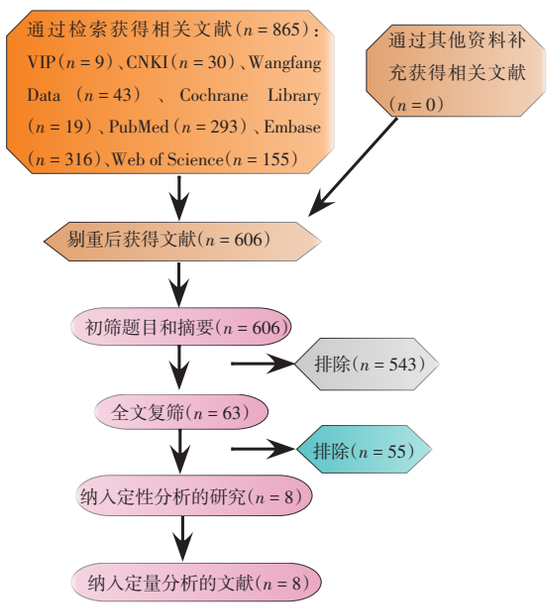


图 1 文献筛选流程图

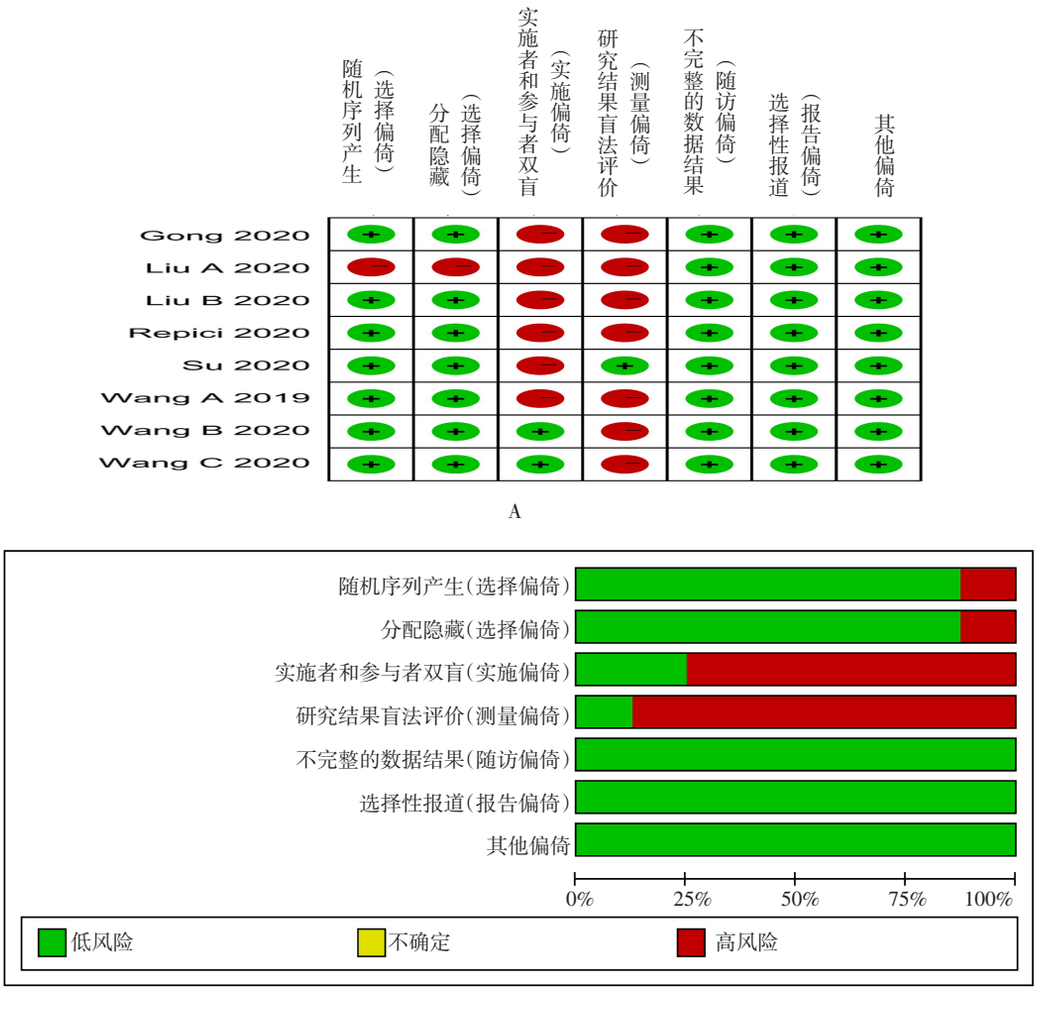
Fig.1 Flow chart of literature screening

2.3.2 PDR 纳入的 8 篇[9-16]研究均报道了 PDR。根据使用的 AI 系统，分为 Wision AI 系统和其他系统

表 1 纳入研究的基本特征

Table 1 Basic features of the included studies

纳入文献	发表年份	国家	研究类型	样本量/例		性别（男/女）/例	平均年龄/岁		AI 系统
				AI 组	对照组		AI 组	对照组	
GONG[9]	2020 年	中国	RCT	355	349	345/359	50	49	ENDOANGEL system（Wuhan，Hubei）
LIU-A[10]	2020 年	中国	RCT	508	518	551/475	51.02	50.13	CADe system（Henan Xuanweitang Medical Information Technology）
LIU-B[11]	2020 年	中国	RCT	393	397	374/416	49.84	48.79	CADe system EndoScreener（Wision AI，Shanghai）
REPICI[12]	2020 年	意大利	RCT	341	344	337/348	61.5	61.1	CADe system（GI-Genius Medtronic）
SU[13]	2020 年	中国	RCT	308	315	307/316	50.5	51.6	AQCS model（Jinan，Shandong）
WANG-A[14]	2019 年	中国	RCT	522	536	512/546	51.07	49.94	Wision AI，Shanghai
WANG-B[15]	2020 年	中国	RCT	484	478	495/467	49	49	CADe system EndoScreener（Wision AI，Shanghai）
WANG-C[16]	2020 年	中国	RCT	184	185	179/190	47.72	47.19	CADe system EndoScreener（Wision AI，Shanghai）



A：纳入研究的偏倚评估；“+”为低度偏倚，“–”为高度偏倚；B：柱状图

图 2　风险评估

Fig.2　Risk assessment

两个亚组。4项使用Wision AI系统的研究[11，14–16]异质性大（$P=0.090$，$I^2=54\%$），采用随机效应模型分析。结果显示：AI组的PDR均比对照组高（$\hat{RR}=1.40$，95%CI：1.30～1.51，$P=0.000$）；亚组分析中，Wision AI系统（$\hat{RR}=1.38$，95%CI：1.22～1.55，$P=0.000$）和其他系统（$\hat{RR}=1.45$，95%CI：1.31～1.61，$P=0.000$）的PDR高于对照组。见图4。敏感性分析：将随机效应模型转换并逐一去除每篇文献后，对异质性进行检验，转换前后各项指标结果基本一致，表明Meta分析结果稳定。

2.4　次要结局Meta分析结果

2.4.1　腺瘤位置　共7篇文献[9–15]报道了腺瘤位置。各研究间异质性小（$P=0.230$，$I^2=20\%$），采用固定效应模型分析。根据腺瘤的位置，分为左半结肠腺瘤和右半结肠腺瘤两个亚组。结果显示：AI组，左半结肠（$\hat{RR}=1.57$，95%CI：1.42～1.73，$P=0.000$）和右半结肠（$\hat{RR}=1.72$，95%CI：1.55～1.91，$P=0.000$）的ADR均高于对照组。见图5。

2.4.2　腺瘤大小　共6篇文献[9–12，14–15]报道了腺瘤大小。根据腺瘤大小，分为≤5 mm、6～9 mm和≥10 mm 3个亚组。6项腺瘤≤5 mm的研究[9–12，14–15]异质性大（$P=0.040$，$I^2=57\%$），采用随机效应模型分析。结果显示：AI组＜10 mm的ADR均高于对照组，即：≤5 mm（$\hat{RR}=1.74$，95%CI：1.52～1.99，$P=0.000$）和6～9 mm（$\hat{RR}=1.35$，95%CI：1.08～1.69，$P=0.008$）的ADR均高于对照组，≥10 mm

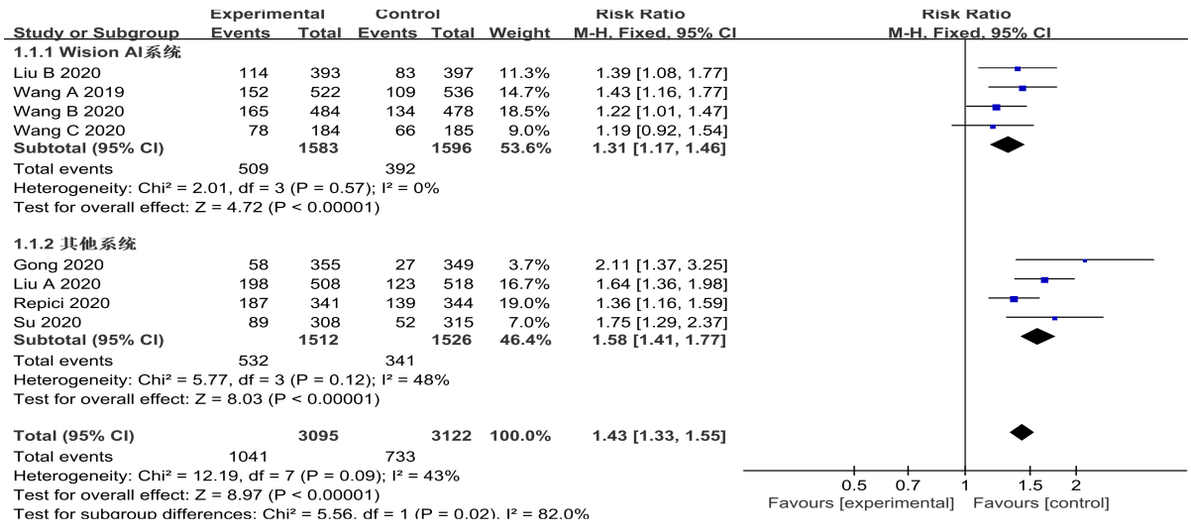


图 3 两组ADR比较的森林图

Fig.3 Forest plot of comparison of adenoma detection rate between the two groups

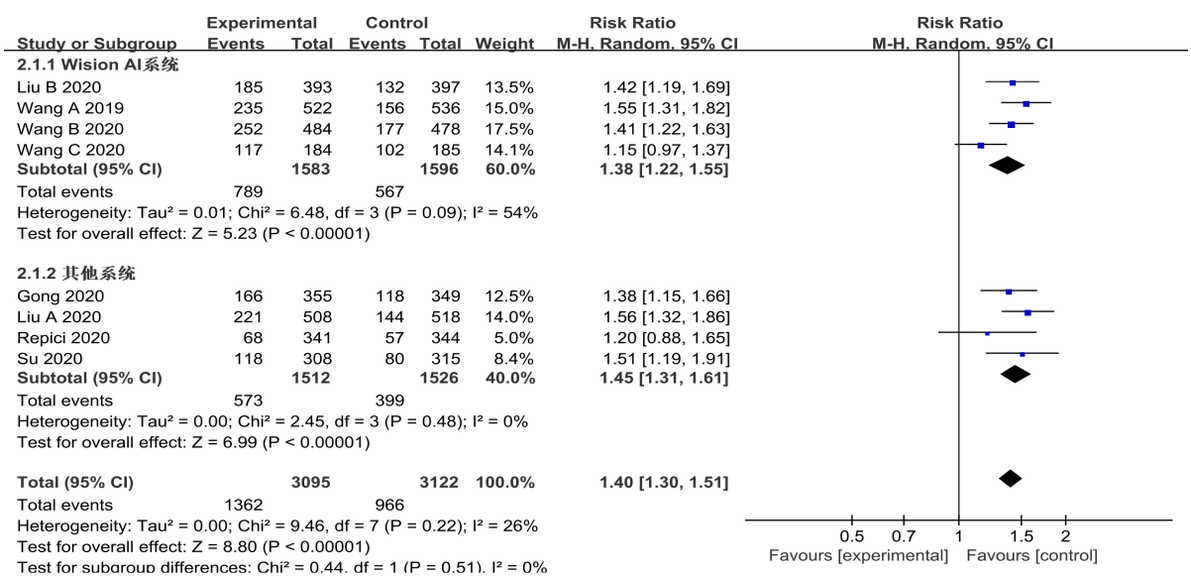


图 4 两组PDR比较的森林图

Fig.4 Forest plot of comparison of polyp detection rate between the two groups

（$\hat{RR}$ = 1.39，95%CI：1.01～1.93，P = 0.050）的ADR差异无统计学意义。见图6。

2.4.3 腺瘤形态 共5篇文献[10-11, 13-15]报道了腺瘤形态。根据腺瘤形态，分为有蒂腺瘤和无蒂腺瘤两个亚组。5项有蒂腺瘤的研究[10-11, 13-15]异质性小（P = 0.980，I^2 = 0%），5项无蒂腺瘤的研究[10-11, 13-15]异质性小（P = 0.160，I^2 = 39%），采用固定效应模型分析。结果显示：AI组中无蒂的ADR高于对照组（$\hat{RR}$ = 1.81，95%CI：1.66～1.98，P = 0.000），AI组有蒂的ADR与对照组相比，差异无统计学意义（$\hat{RR}$ = 1.13，95%CI：0.89～1.43，P = 0.330）。见图7。

2.4.4 息肉位置 纳入的6篇[9-11, 13-15]研究报道了息肉位置。根据息肉位置，分为左半结肠息肉和右半结肠息肉两个亚组。6项右半结肠息肉的研究[9-11, 13-15]异质性大（P = 0.005，I^2 = 71%），采用随机效应模型分析。结果显示：AI组左半结肠（$\hat{RR}$ = 1.68，95%CI：1.54～1.83，P = 0.000）和右半结肠（$\hat{RR}$ = 2.02，95%CI：1.73～2.36，P = 0.000）的PDR均高于对照组。见图8。

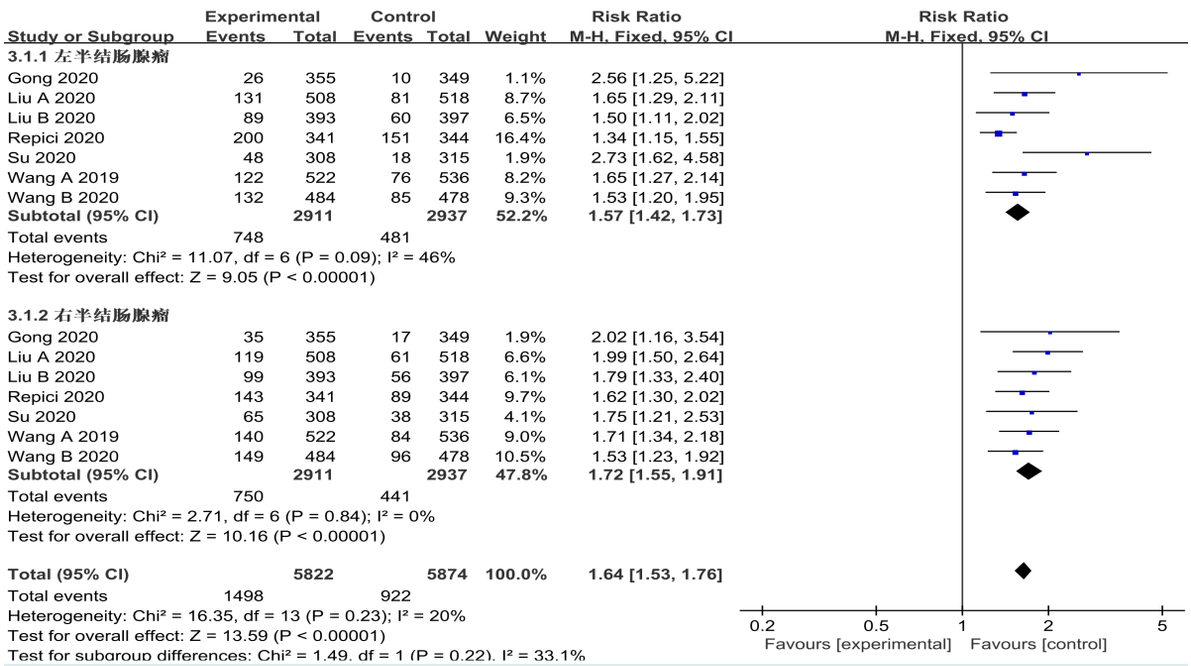


图 5　两组不同位置ADR比较的森林图

Fig.5　Forest plot of comparison of ADR at different locations polyp detection rate between the two groups

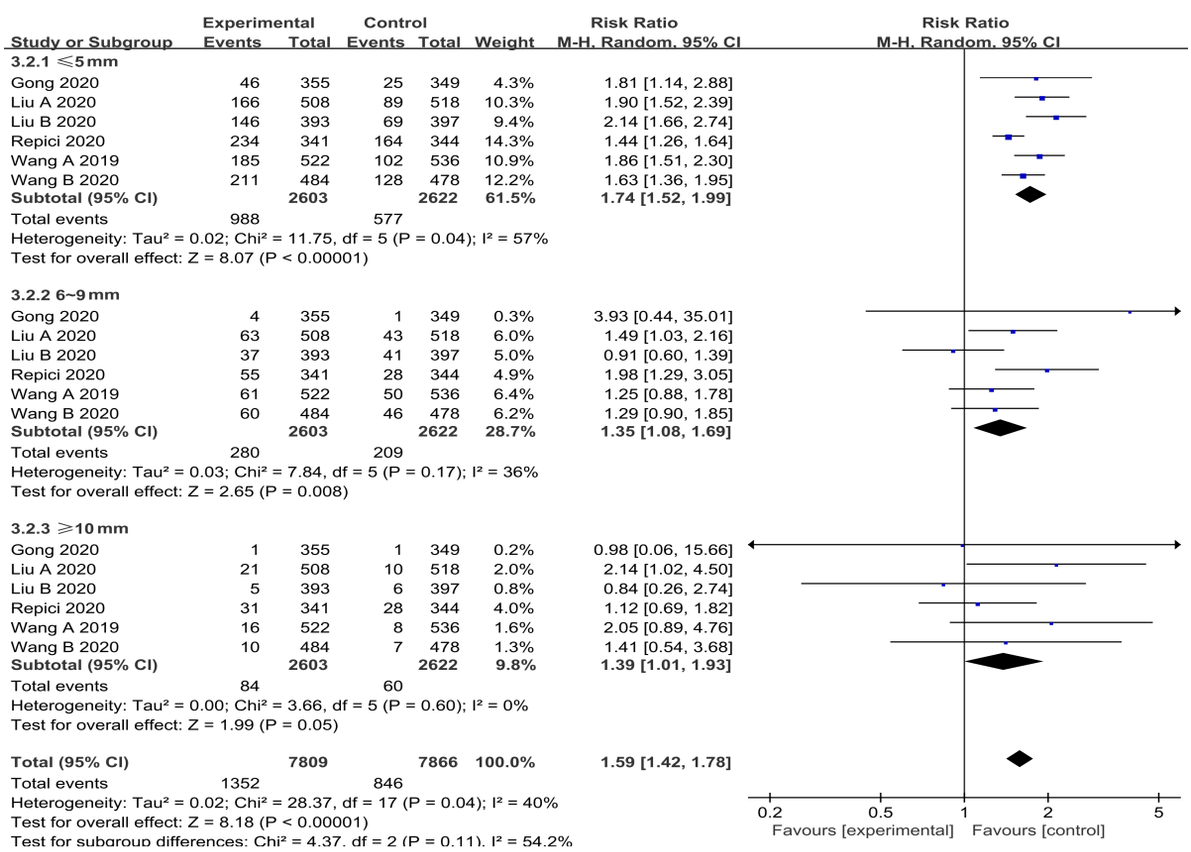


图 6　两组不同大小ADR比较的森林图

Fig.6　Forest plot of comparison of ADR in different sizes between the two groups

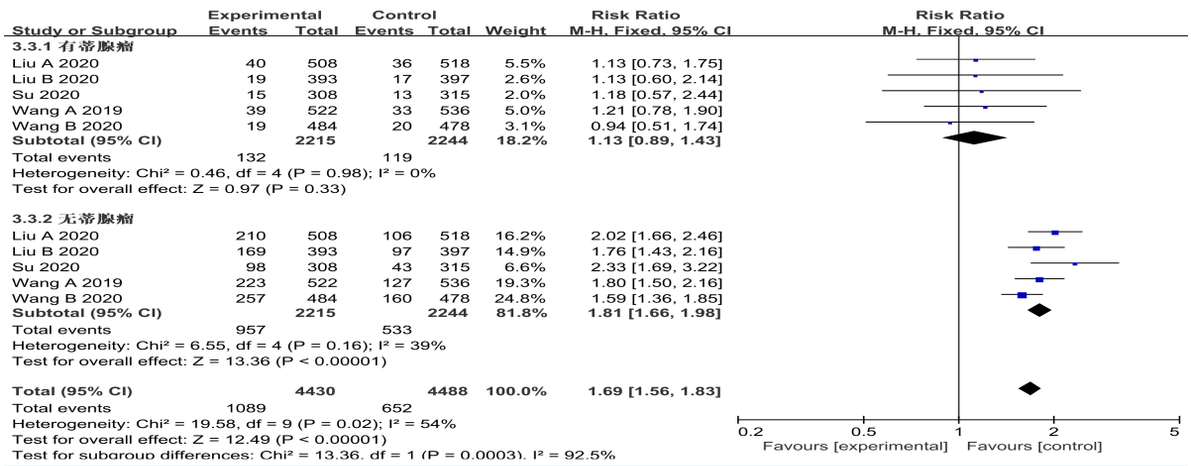


图 7　两组不同形态 ADR 比较的森林图

Fig.7　Forest plot of comparison of ADR with different morphology between the two groups

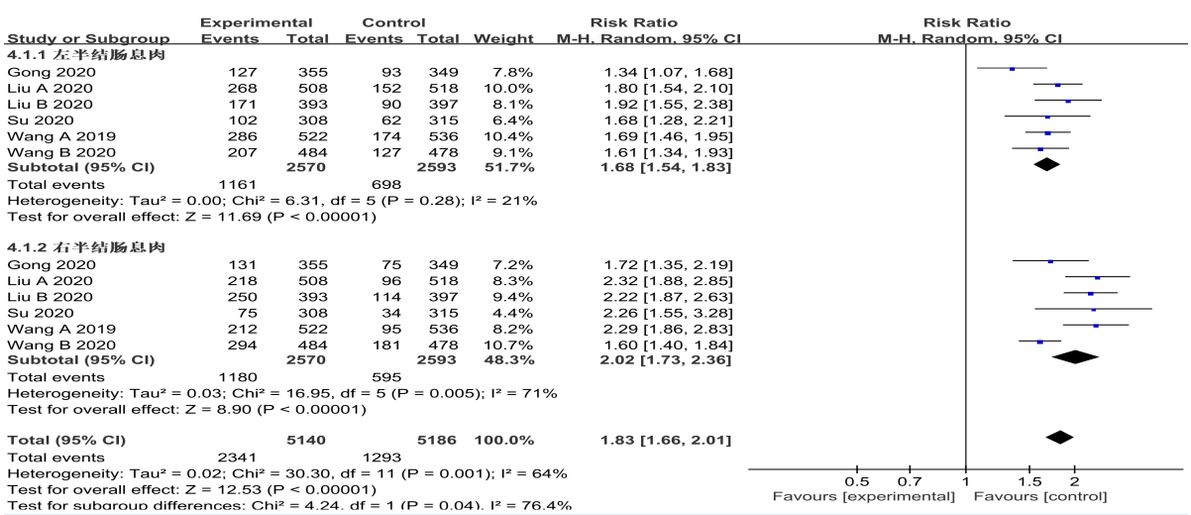


图 8　两组不同位置 PDR 比较的森林图

Fig.8　Forest plot of comparison of PDR at different locations between the two groups

2.4.5　息肉大小　共 5 篇文献[9–11, 14–15]报道了息肉大小。。根据息肉大小，分为≤5 mm、6～9 mm 和≥10 mm 3 个亚组。5 项息肉≤5 mm 的研究[9–11, 14–15]异质性大（P = 0.000，I^2 = 88%），采用随机效应模型分析。结果显示：AI 组 < 10 mm 的 PDR 高于对照组，即：≤5 mm（$\hat{RR}$ = 1.96，95%CI：1.65～2.32，P = 0.000）和 6～9 mm（$\hat{RR}$ = 1.30，95%CI：1.11～1.52，P = 0.000）的 PDR 均高于对照组，两组≥10 mm（$\hat{RR}$ = 1.36，95%CI：0.92～2.01，P = 0.120）的 PDR 比较，差异无统计学意义。见图 9。

2.4.6　息肉形态　共 5 篇文献[10–11, 13–15]报道了息肉形态。根据息肉形态，分为有蒂息肉和无蒂息肉两个亚组。5 项无蒂息肉的研究[10–11, 13–15]异质性大（P = 0.002，I^2 = 79%），采用随机效应模型分析。结果显示：AI 组中无蒂的 PDR 高于对照组（$\hat{RR}$ = 1.92，95%CI：1.69～2.18，P = 0.000），两组有蒂的 PDR 比较，差异无统计学意义（$\hat{RR}$ = 1.24，95%CI：0.99～1.54，P = 0.060）。见图 10。

2.4.7　退镜时间　共 6 篇文献[9–11, 13–15]报道了退镜时间。各研究[9–11, 13–15]间异质性大（P = 0.000，I^2 = 93%），采用随机效应模型分析。结果显示：AI 组与对照组的退镜时间无差异（MD = 0.27，95%CI：–0.01～0.55，P = 0.060）。见图 11。

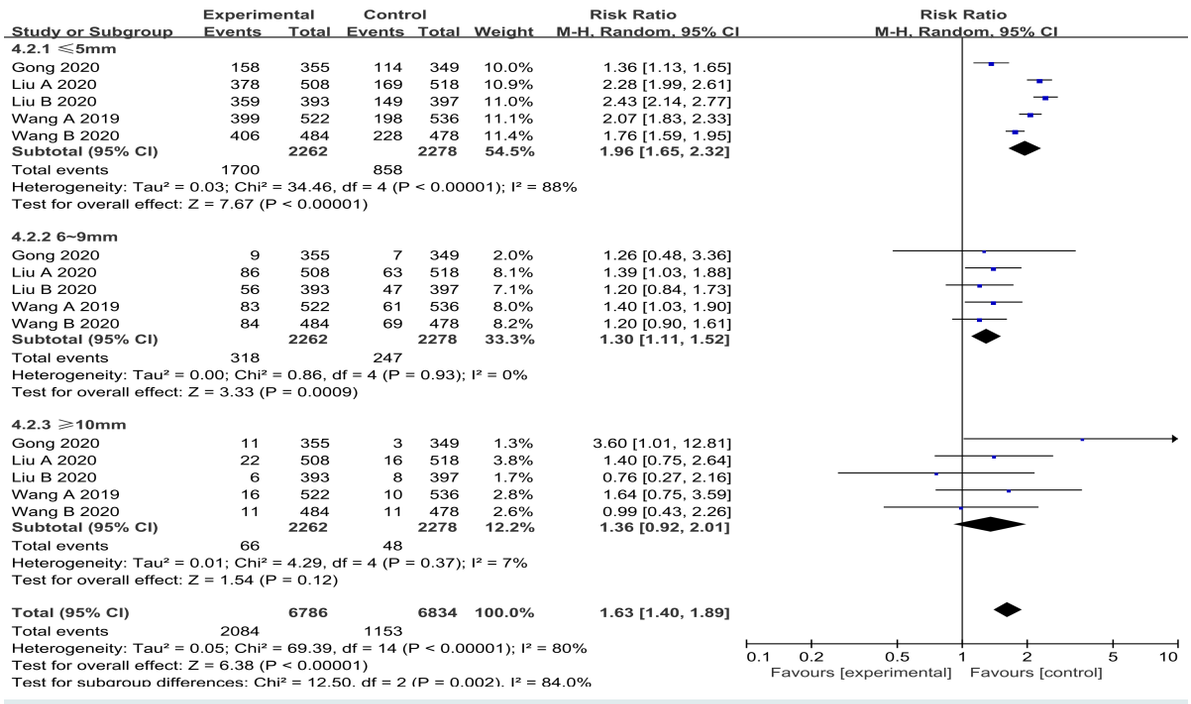


图 9　两组不同大小PDR比较的森林图

Fig.9　Forest plot of comparison of PDR in different sizes between the two groups

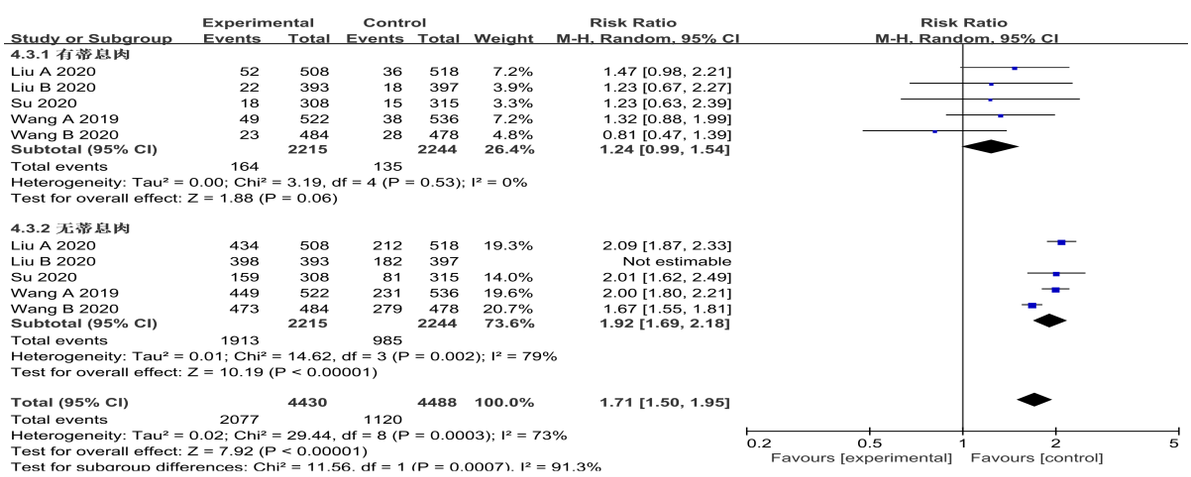


图 10　两组不同形态PDR比较的森林图

Fig.10　Forest plot of comparison of PDR with different morphology between the two groups

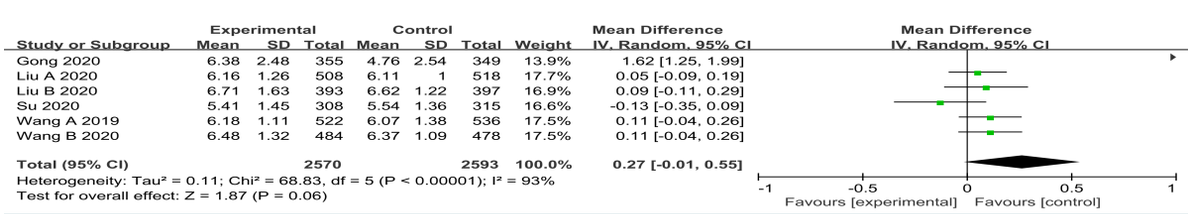
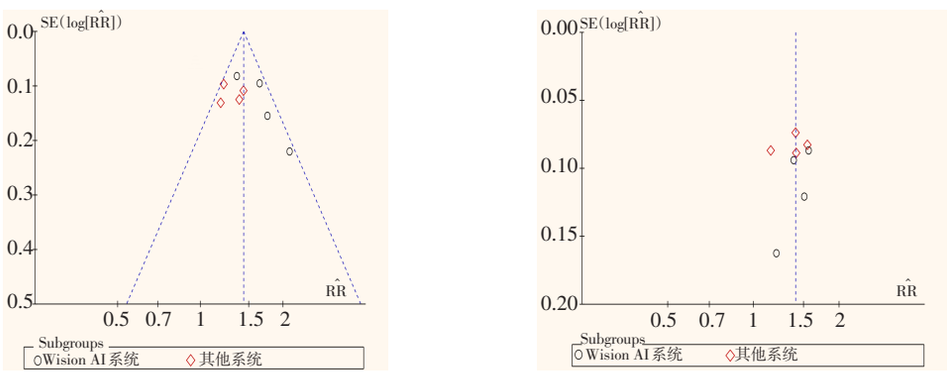


图 11　两组退镜时间比较的森林图

Fig.11　Forest plot of comparison of exit time between the two groups

2.5 发表偏倚

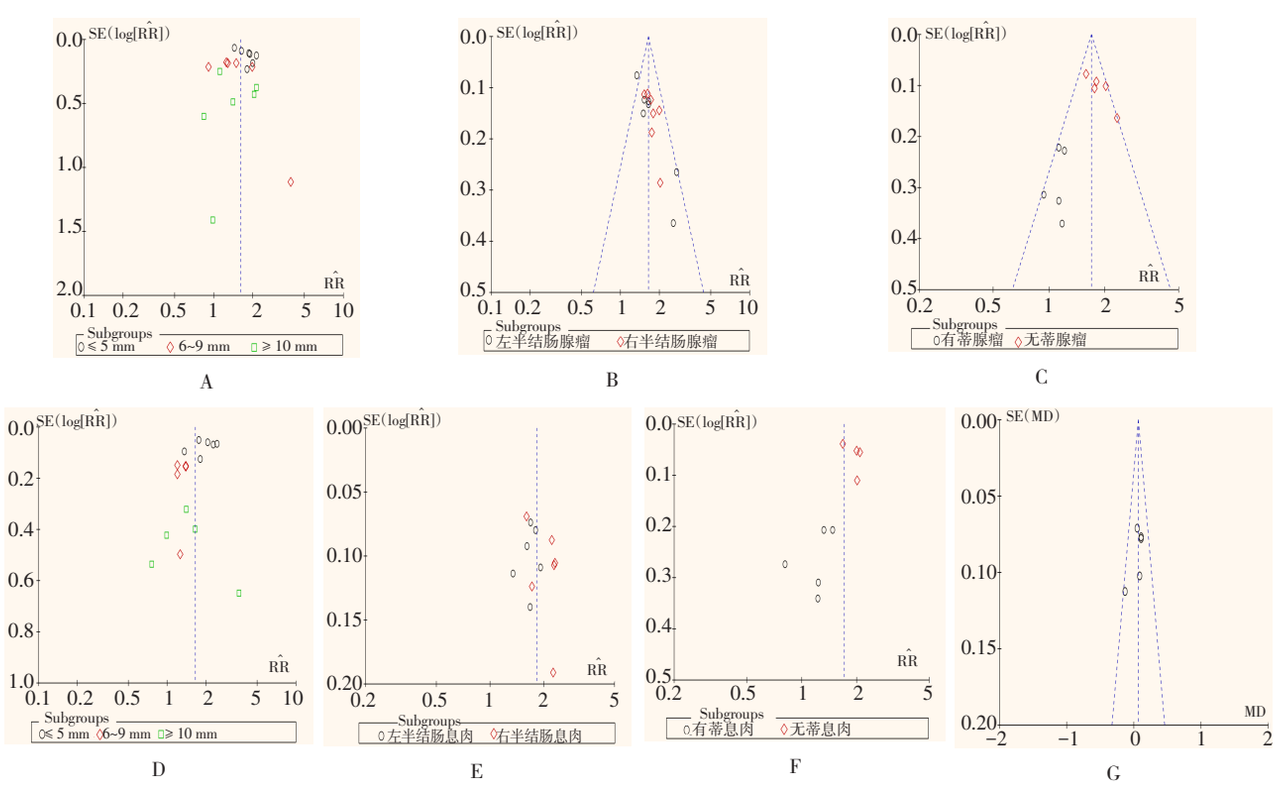
采用漏斗图评估发表偏倚，结果显示：主要结局指标中的ADR和PDR漏斗图左右基本对称，提示发表偏倚较小。次要结局指标中的腺瘤大小、腺瘤位置、腺瘤形态、息肉大小、息肉位置和息肉形态漏斗图左右不对称，提示有一定的偏倚；退镜时间漏斗图左右基本对称，提示发表偏倚较小。见图12和13。



A：ADR；B：PDR

图 12 主要结局指标漏斗图

Fig.12 Funnel chart of primary outcome indicator



A：腺瘤大小；B：腺瘤位置；C：腺瘤形态；D：息肉大小；E：息肉位置；F：息肉形态；G：退镜时间

图 13 次要结局指标漏斗图

Fig.13 Funnel plot of secondary outcome indicators

3　讨论

3.1　结直肠癌的临床现状

结直肠癌是全球第三大常见癌症，其发病率在逐年上升[17-18]，结肠镜检查是公认的最有效的筛查方法之一[19]。目前，结肠镜检查质量在不断提高，但腺瘤漏诊时有发生，主要原因有：内镜医师的注意力或识别能力有差异，进镜过程中未完全暴露结直肠黏膜，腺瘤切除不完全[20-21]等。虽然黏膜暴露取决于内镜医师的检查技术、肠道准备的质量和内镜本身的旋转角度，但可以通过AI辅助来改善息肉在内镜屏幕上可见却不能识别的问题。AI系统可以根据图像之间的特征差异来识别病变，并对图像进行快速处理[6]，可以在内镜检查期间实时使用[22]。因此，AI系统可以在内镜检查期间标记可疑区域，从而辅助内镜医生识别息肉。

3.2　AI辅助的结肠镜检查

本文共纳入8篇RCT，Meta分析结果显示：AI辅助结肠镜检查提高了ADR和PDR；次要结果中，AI组与对照组相比，腺瘤和息肉的检出率与位置、大小和形态相关。AI组＜10 mm腺瘤和息肉的检出率提高，考虑原因是：腺瘤和息肉直径越小，肉眼越不容易观察到，利用AI可以帮助识别病变；无蒂腺瘤和息肉的检出率增加，考虑原因为：无蒂的腺瘤和息肉基底部较宽，呈扁平状，内镜医师肉眼不容易识别。AI辅助可以弥补人眼的识别缺陷，增加检出率。此外，两组患者的退镜观察时间比较，差异无统计学意义。由此可见，即使用AI辅助结肠镜检查，亦不会增加时间效率。

近年来，LIU等[11]、WANG等[14]、WANG等[15]和WANG等[16]均使用Shanghai Wision AI DL系统，结果均显示：AI辅助结肠镜检查增加了ADR和PDR，且有较高的灵敏度和特异度。REPICI等[23]报道了一项前瞻性RCT，该研究由10名非资深的内镜医师（操作＜2 000例）使用DL CADe系统，将660名患者随机分组，结果显示：CADe能明显提高ADR（53.3%和44.5%，$P<0.01$），且AI辅助结肠镜的PDR稳定，不受内镜医师的经验影响。

3.3　AI的临床应用

AI在临床实践中实施时，还有许多问题需要解决。AI和DL模型的算法仍在不断发展[24]，不同模型和训练数据之间存在很大的差异，每个AI系统都需要独立的前瞻性验证。将DL应用于结肠镜检查时，仍然需要临床医生提供结肠镜诊断图像等临床数据，再让机器学习，最后才可做出诊断[5, 25]，可能会因无法识别系统中未包含的疾病亚型而导致漏诊，也有可能因数据不足，将较为罕见的疾病亚型识别为疾病常态，从而导致误诊的发生[26]。DL亦无法识别出新的病种，且DL依赖于高质量的图像数据，若患者肠道准备不足，或有出血灶等导致图像清晰度较低时，则可能无法准确识别[27]。因此，需完善统一各模型的数据，增加数据库的储备，提高DL对图像的处理功能；随着5G技术的普及以及与AI和大数据的结合，AI在肠镜中的应用将更标准化和规范化。

3.4　本研究的局限性

本研究具有一定的局限性。首先，纳入的部分研究未提及随机分组和分配隐藏的方法，文献质量有待提高；其次，部分文献的结局指标数据格式不统一，可能导致Meta分析产生偏倚，影响结果的可靠性。

综上所述，肠镜检查中应用AI辅助可以提高PDR和ADR，与息肉和腺瘤的位置、大小及形态相关，与退镜时间无关。

参 考 文 献：

[1] MURAKAMI T, SAKAMOTO N, NAGAHARA A. Clinicopathological features, diagnosis, and treatment of sessile serrated adenoma/polyp with dysplasia/carcinoma[J]. J Gastroenterol Hepatol, 2019, 34(10): 1685-1695.

[2] LAUBY-SECRETAN B, VILAHUR N, BIANCHINI F, et al. The IARC perspective on colorectal cancer screening[J]. N Engl J Med, 2018, 378(18): 1734-1740.

[3] KASTENBERG D, BERTIGER G, BROGADIR S. Bowel preparation quality scales for colonoscopy[J]. World J Gastroenterol, 2018, 24(26): 2833-2843.

[4] REX D K, CUTLER C S, LEMMEL G T, et al. Colonoscopic miss rates of adenomas determined by back-to-back colonoscopies[J]. Gastroenterology, 1997, 112(1): 24-28.

[5] MIN J K, KWAK M S, CHA J M. Overview of deep learning in gastrointestinal endoscopy[J]. Gut Liver, 2019, 13(4): 388-393.

[6] AHMAD O F, SOARES A S, MAZOMENOS E, et al. Artificial intelligence and computer-aided diagnosis in colonoscopy: current evidence and future directions[J]. Lancet Gastroenterol Hepatol, 2019, 4(1): 71-80.

[7] YANG Y J, CHO B J, LEE M J, et al. Automated classification of

colorectal neoplasms in white-light colonoscopy images via deep learning[J]. J Clin Med, 2020, 9(5): 1593.

[8] BYRNE M F, CHAPADOS N, SOUDAN F, et al. Real-time differentiation of adenomatous and hyperplastic diminutive colorectal polyps during analysis of unaltered videos of standard colonoscopy using a deep learning model[J]. Gut, 2019, 68(1): 94-100.

[9] GONG D X, WU L L, ZHANG J, et al. Detection of colorectal adenomas with a real-time computer-aided system (ENDOANGEL): a randomised controlled study[J]. Lancet Gastroenterol Hepatol, 2020, 5(4): 352-361.

[10] LIU W N, ZHANG Y Y, BIAN X Q, et al. Study on detection rate of polyps and adenomas in artificial-intelligence-aided colonoscopy[J]. Saudi J Gastroenterol, 2020, 26(1): 13-19.

[11] LIU P X, WANG P, GLISSEN BROWN J R, et al. The single-monitor trial: an embedded CADe system increased adenoma detection during colonoscopy: a prospective randomized study[J]. Therap Adv Gastroenterol, 2020, 13: 1756284820979165.

[12] REPICI A, BADALAMENTI M, MASELLI R, et al. Efficacy of real-time computer-aided detection of colorectal neoplasia in a randomized trial[J]. Gastroenterology, 2020, 159(2): 512-520.

[13] SU J R, LI Z, SHAO X J, et al. Impact of a real-time automatic quality control system on colorectal polyp and adenoma detection: a prospective randomized controlled study (with videos)[J]. Gastrointest Endosc, 2020, 91(2): 415-424.

[14] WANG P, BERZIN T M, GLISSEN BROWN J R, et al. Real-time automatic detection system increases colonoscopic polyp and adenoma detection rates: a prospective randomised controlled study[J]. Gut, 2019, 68(10): 1813-1819.

[15] WANG P, LIU X G, BERZIN T M, et al. Effect of a deep-learning computer-aided detection system on adenoma detection during colonoscopy (CADe-DB trial): a double-blind randomised study[J]. Lancet Gastroenterol Hepatol, 2020, 5(4): 343-351.

[16] WANG P, LIU P X, GLISSEN BROWN J R, et al. Lower adenoma miss rate of computer-aided detection-assisted colonoscopy vs routine white-light colonoscopy in a prospective tandem study[J]. Gastroenterology, 2020, 159(4): 1252-1261.

[17] BENSON A B, VENOOK A P, CEDERQUIST L, et al. Colon cancer, version 1.2017, NCCN clinical practice guidelines in oncology[J]. J Nati Compr Canc Netw, 2017, 15(3): 370-398.

[18] SUNG H, FERLAY J, SIEGEL R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(3): 209-249.

[19] PILONIS N D, BUGAJSKI M, WIESZCZY P, et al. Long-term colorectal cancer incidence and mortality after a single negative screening colonoscopy[J]. Ann Intern Med, 2020, 173(2): 81-91.

[20] KAMINSKI M F, REGULA J, KRASZEWSKA E, et al. Quality indicators for colonoscopy and the risk of interval cancer[J]. New Engl J Med, 2010, 362(19): 1795-1803.

[21] SÁNCHEZ A, ROOS V H, NAVARRO M, et al. Quality of colonoscopy is associated with adenoma detection and postcolonoscopy colorectal cancer prevention in lynch syndrome[J]. Clin Gastroenterol Hepatol, 2020, 20(3): 611-621.

[22] HOLME Ø, AABAKKEN L. Making colonoscopy smarter with standardized computer-aided diagnosis[J]. Ann Intern Med, 2018, 169(6): 409-410.

[23] REPICI A, SPADACCINI M, ANTONELLI G, et al. Artificial intelligence and colonoscopy experience: lessons from two randomised trials[J]. Gut, 2022, 71(4): 757-765.

[24] LUI T K L, LEUNG W K. Is artificial intelligence the final answer to missed polyps in colonoscopy[J]. World J Gastroenterol, 2020, 26(35): 5248-5255.

[25] WITTENBERG T, RAITHEL M. Artificial intelligence-based polyp detection in colonoscopy: where have we been, where do we stand, and where are we headed[J]. Visc Med, 2020, 36(6): 428-438.

[26] KUDO S E, MISAWA M, MORI Y, et al. Artificial intelligence-assisted system improves endoscopic identification of colorectal neoplasms[J]. Clin Gastroenterol Hepatol, 2020, 18(8): 1874-1881.

[27] VINSARD D G, MORI Y, MISAWA M, et al. Quality assurance of computer-aided detection and diagnosis in colonoscopy[J]. Gastrointest Endosc, 2019, 90(1): 55-63.

（彭薇 编辑）

本文引用格式：

冯夕纹, 李素贞, 向鹏飞, 等. 人工智能辅助结肠镜检查对息肉检出率影响的Meta分析[J]. 中国内镜杂志, 2023, 29(1): 44-54.

FENG X W, LI S Z, XIANG P F, et al. Impact of artificial intelligence assisted colonoscopy on polyp detection rate: a Meta-analysis[J]. China Journal of Endoscopy, 2023, 29(1): 44-54. Chinese