

精准外科时代人工智能赋能胃癌 R₀切除的再度审视及未来展望

张子臻 刘梓航 曹晖

上海交通大学医学院附属仁济医院胃肠外科, 上海 200127

通信作者: 张子臻, Email: zhangzizhen@renji.com

【摘要】 在肿瘤外科治疗中, 手术根治程度是决定患者预后的关键因素, 经典 R₀ 切除一直是胃癌手术的核心目标。然而, 精准外科时代的到来, 基因组学、蛋白质组学等技术以及大数据和人工智能的应用, 推动了胃癌治疗模式从“经验驱动”向“数字驱动”的变革, 沿用了近 50 年的 R₀ 切除概念面临新的挑战。笔者结合相关临床研究, 重新审视并展望在人工智能赋能精准外科时代, 临床经典 R₀ 切除概念如何适应分子病理学诊断、影像分析、人工智能辅助决策、围手术期综合治疗等领域最新研究进展。

【关键词】 胃肿瘤; 精准外科; R₀ 切除; 人工智能; 围手术期治疗

基金项目: 国家自然科学基金(82103510, 82473077); 上海市卫生健康委员会(2024ZZ2020); 上海市教育委员会(JWAIZD-6)

Re-evaluation and future prospect of artificial intelligence empowered of R₀ resection in gastric cancer under the precision surgical era

Zhang Zizhen, Liu Zihang, Cao Hui

Department of Gastrointestinal Surgery, Renji Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200127, China

Corresponding author: Zhang Zizhen, Email: zhangzizhen@renji.com

【Abstract】 In the surgical oncology, the prognosis of patients is mainly dependent on the surgical radicality, with conventional R₀ resection long regarded as the cornerstone of gastric cancer. However, under the precision surgical era, technologies such as genomics, proteomics, and the application of big data and artificial intelligence (AI) have driven the transformation of gastric cancer treatment from the "experience-driven" to the "data-driven" model. This thus poses novel challenges to the conventional R₀ resection, which has prevailed for nearly five decades. The authors combine relevant clinical research to review and anticipate how the classic concept of R₀ resection can adapt to the latest research advancements in molecular pathological diagnosis, imaging analysis, AI-assisted decision-making, and perioperative comprehensive treatment under the AI empowered precision surgical era.

【Key words】 Stomach neoplasms; Precision surgery; R₀ resection; Artificial intelligence; Perioperative treatment

Fund program: National Natural Science Foundation of China (82103510, 82473077); Project of Shanghai Municipal Health Commission (2024ZZ2020); Shanghai Municipal Education Commission (JWAIZD-6)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20250217-00059

收稿日期 2025-02-17

引用本文: 张子臻, 刘梓航, 曹晖. 精准外科时代人工智能赋能胃癌 R₀ 切除的再度审视及未来展望[J]. 中华消化外科杂志, 2025, 24(3): 337-342. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20250217-00059.



肿瘤外科治疗体系中,手术根治程度是决定患者预后的重要因素^[1]。经典的 R 分级将肿瘤的切除状态划分为 3 个层次:肿瘤完全切除(R_0)、显微镜下可见的残留(R_1)以及肿瘤肉眼可见的残留(R_2)^[2]。根治性手术切除作为目前胃癌治愈的主要有效治疗手段, R_0 切除的临床意义在胃癌外科治疗中的地位举足轻重。

精准外科治疗时代下, R_0 切除概念在部分瘤种中已经面临挑战,如在胃肠道间质瘤治疗中,由于其假性包膜特性,术后评估难以确定是否完全切除,使得 R_0 、 R_1 的判定变得困难。在部分权威胃肠道间质瘤临床研究中, R_1 切除的比例甚至>10%。然而,胃肠道间质瘤的 R_1 切除并不影响患者的无复发生存期(relapse-free survival, RFS)和总生存期(overall survival, OS)^[3-5]。值得注意的是, R_1 切除患者中存在肿瘤破裂人群。此外,在分子靶向治疗时代,总体疗效大幅提升的晚期结直肠癌中,局部 R_0 切除这一治疗目标早已淡化,取而代之的是对于全身转移病灶临床根治程度判断更为实用的无疾病状态(no evidence of disease, NED)作为治疗目标^[6]。

胃癌治疗正向个体化和精准化发展,得益于生命科学技术和前沿科技的交叉应用^[7]。在精准外科治疗时代,外科医师的角色定位已经发生转变,正逐步从传统意义上仅专注于手术操作的术者,转变为肿瘤综合治疗领域的决策者。近年来兴起的新辅助治疗和转化治疗,正是胃癌治疗个体化和精准化的具体体现。因此,胃外科医师亦需要重新审视经典 R_0 切除的概念是否能与当前治疗模式相匹配。笔者从胃癌精准外科治疗角度出发,结合相关临床研究,对围手术期治疗后实现 R_0 切除仍存在复发转移等预后不良现状及临床意义进行阐述,并展望 AI 赋能精准外科时代 R_0 切除的临床意义。

一、胃癌手术 R 分类概念提出及历史演进

1977 年, AJCC 正式推荐了 R 分类^[2]: R_0 为无残留肿瘤; R_1 为显微镜下残留肿瘤; R_2 为肉眼可见的残留肿瘤。鉴于早期对恶性肿瘤生物学特性的认知局限,未全面考虑淋巴结转移、血行转移及药物治疗后的病理演变, R_0 切除的初始定义仅依据肉眼观察与显微镜下切缘评估。随后, 1987 年 UICC 提出 R 分类体系以表征治疗后肿瘤残留状态,相较于 1977 年 AJCC 版本, UICC 创新性地将肿瘤 TNM 分期概念融入残留肿瘤分级中,从而拓展了 R 分类的范畴,使其能够涵盖原发肿瘤区域、区域淋巴结和(或)远处潜在的残留肿瘤^[8-10]。

Maruyama 等^[11]依据大样本队列数据,初步阐明胃癌根治术中系统性淋巴结清扫(D_2 淋巴结清扫或更广泛清扫)对提高进展期胃癌患者生存率的关键作用,并推广了胃癌根治术的淋巴结清扫标准。随着对淋巴结清扫认知的深化,胃癌根治性切除的标准不仅限于切缘阴性,还需综合考虑淋巴结清扫范围(D_1 、 D_2 、 D_3 淋巴结清扫)及远处转移状况^[12]。该经典的胃癌 R_0 切除理念,经大量临床实践验证,对胃癌手术疗效具有持久且重要的指导意义。

20 世纪末,随着胃癌新辅助治疗及分子病理学时代的到来,学术界提出胃癌 R_0 切除定义需扩展与细化,建议结合新辅助治疗后病理学完全缓解(pathological complete response, pCR)、肿瘤退缩分级(tumor regression grade, TRG)及微小残留病灶(minimal residual disease, MRD)检测结果。尽管共识尚未达成,但 R_0 切除概念已从单纯病理学评估切缘,逐步发展为结合影像学、分子病理学和免疫微环境的综合评估体系。这彰显了肿瘤学从宏观至微观、单一学科至多学科协作的进步。

二、经典 R_0 切除仍是可根治性切除胃癌手术的治疗目标

目前 R_0 切除仍被普遍认为是可根治性切除胃癌患者手术治疗后远期生存的获益条件,手术切缘阴性与不良预后之间存在相关性。多项研究均证明可根治性切除的胃癌患者,其 R_0 切除的 RFS 和 OS 均显著优于 R_1 、 R_2 患者^[13-15]。

当肿瘤侵犯周围脏器时,经充分评估在手术安全性保证并且排除远处转移的前提下,开展联合多脏器切除术具有可行性。其中, R_0 切除(即切除完整性)是影响胃癌多器官切除患者预后的关键因素^[16]。相较于单独的非根治性胃切除术,切缘阴性的联合多器官切除术能为患者带来显著的 6 个月生存获益($P<0.001$)^[17]。针对此类患者,应着重考虑实施有计划的根治性 R_0 切除,以避免不必要的姑息性手术^[18-19]。

近年来也出现了改良 R 分类的观点^[20]。T4 期胃癌患者肿瘤穿透浆膜,即使进行了标准的胃癌根治术,其根治性评价更倾向于 R_1 切除^[20]。鉴于 T4 期胃癌患者术后极易发生腹腔种植转移,依据“种子土壤”理论,其“环周切缘”难以通过显微镜检查确定是否存在微小残留,肿瘤细胞可能已在腹膜腔内广泛播散。基于此,国内外大多数指南将 cT4 期患者纳入新辅助治疗推荐人群。在多个版本的指南和专家共识中,腹腔灌洗液脱落细胞学检测阳性

(POCY1)被定义为远处转移(M1期),其预后介于POCY0与P1之间,这表明局部手术切除无法达到根治^[21]。因此,笔者认为:T4期胃癌根治手术可在经典R₀、R₁的基础上进行细分改良。

精准医学时代,MRD检测的突破性进展对于验证上述假说具有至关重要的意义。笔者中心开展基于术中腹腔灌洗液、循环肿瘤细胞和循环肿瘤DNA预测T4期胃癌患者异时性腹膜转移的临床研究,结果显示:对于部分传统脱落细胞学无法检出的POCY0患者,腹腔灌洗液MRD阳性预示着术后腹腔种植转移风险更高^[22]。这部分患者的根治性手术可能并未达到精准外科时代的R₀切除标准。

当前,AI联合影像组学技术与病理学图像识别技术正推动胃癌诊疗体系革新。通过构建基于AI的区域淋巴结转移预测模型^[23],为胃癌保功能手术的R₀切除和规范淋巴结清扫提供了辅助决策^[24]。AI图像识别技术显著提升了TNM分期精度和淋巴结转移评估能力,其与高灵敏度分子检测技术的协同应用,不仅能实现传统病理学难以识别的镜下残留病灶检测,而且助力R₀切除的微观判读。这种多模态智能技术的融合,既为制订精准手术策略提供可靠依据,又通过可视化淋巴引流路径优化清扫范围,有望实现肿瘤学疗效与功能保留的双重突破,推动胃癌外科治疗从宏观切除向分子层面根治演进。

三、精准外科时代新辅助治疗后R₀切除临床意义思考

根据中国临床肿瘤学会胃癌诊疗指南^[25]以及局部进展期胃癌围手术期治疗中国专家共识^[26],对cT3~4aN+M0期的非食管胃结合部腺癌、cT1~2N+M0期及cT3~4a伴任何N+/-M0期的食管胃结合部癌,I级推荐行新辅助化疗^[27]。

胃癌新辅助治疗在提升R₀切除率、pCR率以及肿瘤学预后方面的临床证据愈发充分^[28]。早期经典的MAGIC研究中,因D₂淋巴结清扫占比较低导致研究结果受到影响。但在精准外科时代背景下,系列化疗、化疗联合免疫治疗以及化疗联合靶向免疫治疗的新辅助临床研究(如RESOLVE研究^[29-30]、KEYNOTE-585研究^[31-33]、DRAGON IV研究^[34]等)的结果显示:不断优化的新辅助治疗方案在不同程度上提高了局部晚期胃癌的总体疗效。

值得关注的是,在众多胃癌新辅助治疗的临床研究中,R₀切除被普遍视为关键的研究终点之一。对此,笔者认为应采取科学的态度审视。首先,根

据新辅助治疗的定义,其目标人群本质上是可进行根治性切除的患者,因此,在这一群体的试验组和对照组中,R₀切除率均较高,从而使得对R₀切除的关注意义相对受限。根据目前大多数研究发布的数据,新辅助干预组中R₀切除率和pCR率的提高,是否能够转化为长期生存率的改善,尚需进一步验证^[29-32]。其次,在胃癌新辅助治疗后,肿瘤退缩可能导致原发肿瘤范围缩小或消失,这使得判断R₀切除(即显微镜下切缘阴性)的切缘边界存在争议。治疗后肿瘤中心区域可能完全消退,但周围区域仍存在微小残留病灶,肿瘤的退缩模式与初始肿瘤边界不完全一致,这增加了病理学检查确定R₀切除的难度^[35-36]。在未接受新辅助治疗的进展期胃癌患者中,NCCN指南和《日本胃癌治疗指南(第6版)》通常以距离肿瘤边缘的距离(≥ 5 cm)作为T2期或分期更靠后的浸润性生长类型胃癌R₀切除的标准^[12, 37],而对于新辅助治疗后的切缘距离标准尚未达成共识。再次,尽管R₀切除是手术治疗的重要目标,但其本身并不能完全反映新辅助治疗方案的效果。单纯R₀切除的病理学评估并未涵盖反映药物治疗效果(如病理学退缩等)信息,对于术后药物治疗方案选择的参考意义有限。因此,对于新辅助治疗后胃癌手术切除标本的根治程度判断,是否应结合多维度病理学指标(如TRG、淋巴结状态、pCR等),这将更加有利于治疗效果和预后的判断,指导术后临床治疗决策。

近来,在AI筛选新辅助优效人群的研究领域,已有研究者开发的分子病理学可解释模型,显示出较好的预测价值^[38]。基于iSCLM模型的精确预测能力,能够准确评估胃癌患者接受新辅助化疗的效果,以改善生存预后为治疗目标,筛选出高度获益的局部晚期胃癌患者^[38]。精准外科治疗时代,对于原本已有较高R₀切除率的局部晚期胃癌患者,传统经验性外科治疗仅关注于切缘的根治程度。然而,结合AI、分子病理学、影像组学等前沿技术,精确预测新辅助治疗的优效人群,指导个体化综合治疗的临床实践是未来该领域的重要研究方向。

四、精准外科时代转化治疗后R₀切除临床意义思考

与结直肠癌转化治疗概念的提出比较,胃癌转化治疗的发展起步较晚,这主要归因于以往晚期胃癌缺乏高效的全身治疗手段。随着晚期胃癌精准治疗效果的逐步提升,转化治疗概念也逐渐在胃癌领域得到认可^[25, 39-40]。靶向治疗和免疫检查点抑制

剂(如PD-1单克隆抗体)的引入,也进一步拓宽了晚期胃癌转化治疗模式。

依据Yoshida分型标准,Ⅳ期胃癌根据是否存在腹膜播散被细分为4种类型^[41]。胃癌转化治疗主要适用于1型,部分2型、3型和极少数4型患者。多项研究结果显示:对于Ⅳ期胃癌,能否实现转化治疗后根治性R₀切除是患者预后获益的关键^[25,39-40]。

然而,目前对于转化治疗后手术范围以及R₀切除定义较为模糊,并存在一定争议。例如经典的Yoshida分型研究中,1型与2型患者转化治疗后手术R₀切除的定义并不相同。对于1型患者,转化治疗后根治性切除包括胃原发病灶和技术上可切除的远处转移病灶;而对于2型患者,是否切除治疗后临床退缩的远处转移病灶并非必需。从最终转化治疗成功率、远期生存情况来看,这两型患者R₀切除的不同标准均有一定支持依据。

依据肿瘤是全身性疾病的传统理论,对于Ⅳ期胃癌患者而言,即便转化治疗取得成功,并且原发灶得以切除,能否达到传统意义上R₀根治,值得深入探讨。基于Halsted理论^[42]强调的局部根治与Fisher理论^[43]揭示的肿瘤全身播散特性,单纯追求手术R₀切除的局限性早已凸显。对于初始转移的Ⅳ期胃癌患者,即使通过转化治疗后实施多脏器联合切除达到所谓R₀切除,其本质仍属于局部治疗手段,难以根除隐匿性微转移病灶。

在精准外科治疗时代,对于晚期胃癌转化治疗,笔者认为:应淡化只考虑局部治疗效果的R₀切除概念,而突出以临床结果为导向的NED治疗目标。原因在于:(1)转移性胃癌作为全身性疾病,局部切除的“根治性”与肿瘤生物学控制无必然联系,以局部手术的R₀根治程度判断肿瘤是否根治,其意义有限。(2)NED概念突破单一手术路径,涵盖手术、射频、腹腔镜、放化免靶向治疗等多模式干预,且与转化治疗成功手术后的全身维持治疗形成闭环,便于后续维持治疗及密切随访。(3)NED标准以结果为导向,具有可操作性、临床可实施性以及疗效评估一致性。值得注意的是,MRD检测在胃癌预后分层中的作用尚需验证,但其与NED状态的动态联用可能为后续治疗提供精准锚点。

精准识别远处转移并预测转化治疗获益人群是目前的研究热点。AI在该领域的应用也展现出可喜前景。已有研究结果显示:AI辅助的腹腔镜探查系统能够识别胃癌腹膜种植病灶的不同转移范围和部位,在微小和隐匿病灶识别方面与新手外

科医师效力相当^[44]。北京大学肿瘤医院研究团队通过AI技术解析CT检查影像中肿瘤及周围区域特征,构建无创化腹膜转移诊断模型。其研究结果显示:基于多中心影像组学,通过提取形状、纹理等133个定量参数建模后,模型预测效能显著(曲线下面积>0.92),隐匿性腹膜转移检出率>85%,为早期精准识别提供新策略,有助于个体化治疗方案的决策^[45]。

五、AI赋能精准外科时代R₀切除临床意义展望

随着AI技术的快速发展,其在医学领域的应用日益广泛。尤其在精准外科时代,AI为R₀切除的实现提供了强有力的技术支持,展现出广阔应用前景。AI在大数据分析、影像识别、病理学诊断、分子成像^[46]和手术辅助等领域的应用,预计将显著提升胃癌外科手术的精确度和安全性。其中,病理学诊断是胃癌诊断的金标准,病理学诊断依赖于病理科医师的经验,存在一定主观性和误差。AI通过深度学习算法对病理切片进行训练和自动分析,挖掘亚视觉形态学表型(如微浸润、异型性分布)、捕获独特的形态学测量特征、识别用于精准肿瘤学的新型生物标志物。此外AI执行特定的分割、诊断或预测任务,辅助病理科医师提高诊断的准确性和效率,减少主观误差,确保根治性手术切缘的准确判断^[47]。

在影像组学领域中,AI可以协助外科医师更准确地评估肿瘤的范围和分期,为R₀切除提供精准的术前规划;通过提取大量影像组学特征定量分析,AI助力外科医师更加准确评估肿瘤分期、浸润深度和淋巴结转移情况,预测肿瘤生物学行为,从而帮助外科医师制订个性化的手术方案,判断是否适合根治性手术以及确保手术切除的彻底性^[48]。

在手术方式方面,AI与机器人手术系统相结合将进一步提升根治性手术的精准度。AI可通过术中导航、影像分析、风险预测和实时决策支持,分析术中影像数据辅助识别关键解剖结构,帮助外科医师更精确地定位肿瘤边界和识别切缘,规范彻底清扫淋巴结,同时避免损伤重要血管和神经以及识别术中可视化风险^[49]。

AI技术正在重塑胃癌外科的精准化治疗路径,涵盖术前精准分期、术中智能导航以及术后疗效预测,全程助力实现R₀切除。未来,随着算法优化、硬件升级和临床实践的深度融合,AI有望成为胃癌外科医师的超级助手,推动胃癌治疗从经验驱动

向数字驱动的范式转变,进而改善患者生命质量与长期预后。然而,技术的临床转化仍需克服数据壁垒、算法局限、伦理争议和标准化临床验证等困难,确保技术在不同人群和医疗场景中的可靠性,这需要跨学科合作与政策支持共同推进。

六、结语

在精准外科时代,胃癌围手术期治疗仍面临着 R_0 切除后复发的临床挑战。如何在 AI+精准医疗的生态模式下更好地将 R_0 切除理念应用于围手术期治疗,以及重视微小残留病灶监测对远期预后复发和转移的影响,是值得进一步研究的课题。最新发布基于华为 DCS AI 解决方案(分布式云存储与计算架构)构建的病理大模型预示 AI 医疗已经从辅助工具向核心诊断能力的转变。笔者预测:未来,精准外科与 AI 技术的深度融合将为胃癌诊疗的动态全病程管理模式带来变革,实现真正意义上的 R_0 切除,提升生存率和提高生命质量,引领胃癌综合治疗模式向新的发展方向。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 高歌,张志栋,贾楠,等.胃癌根治术后切缘阳性患者的临床病理特征和预后分析[J].中国肿瘤临床,2022,49(5):237-243. DOI:10.12354/j.issn.1000-8179.2022.20211705.
- [2] Beahrs O, Carr DT, Rubin P. Manual for Staging of Cancer [M]. Philadelphia, PA: J B Lippincott Co.,1977.
- [3] Cavnar MJ, Seier K, Curtin C, et al. Outcome of 1000 patients with gastrointestinal stromal tumor (GIST) treated by surgery in the pre- and post-imatinib eras[J]. Ann Surg, 2021,273(1):128-138. DOI:10.1097/SLA.0000000000003277.
- [4] Thibaut F, Veziant J, Warlaumont M, et al. Prognostic impact of positive microscopic margins (R1 resection) in patients with GIST (gastrointestinal stromal tumours): results of a multicenter European study[J]. Eur J Surg Oncol,2024,50(6):108310. DOI:10.1016/j.ejso.2024.108310.
- [5] 杨琳希,杨伟历,吴欣,等.非胃来源低复发风险胃肠间质瘤的远期预后及影响因素的全国多中心回顾性研究[J].中华胃肠外科杂志,2024,27(11):1123-1132. DOI:10.3760/cma.j.cn441530-20240904-00303.
- [6] Van Cutsem E, Cervantes A, Adam R, et al. ESMO consensus guidelines for the management of patients with metastatic colorectal cancer[J]. Ann Oncol,2016,27(8):1386-1422. DOI:10.1093/annonc/mdw235.
- [7] 中华医学会外科学分会腹腔镜与内镜外科学组,中国医师协会外科医师分会上消化道外科医师专家工作组,《中华消化外科杂志》编辑委员会.精准胃癌外科诊疗中国专家共识(2024版)[J].中华消化外科杂志,2024,23(3):323-333. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20240313-00152.
- [8] Hermanek P, Wittekind C. The pathologist and the residual tumor (R) classification[J]. Pathol Res Pract,1994,190(2):115-123. DOI:10.1016/S0344-0338(11)80700-4.
- [9] Hermanek P, Wittekind C. Residual tumor (R) classification and prognosis[J]. Semin Surg Oncol,1994,10(1):12-20. DOI:10.1002/ssu.2980100105.
- [10] Hermanek P, Scheibe O, Spiessl B, et al. TNM classification of malignant tumors: the new 1987 edition[J]. Rontgenblatter, 1987,40(6):200.
- [11] Maruyama K, Gunvén P, Okabayashi K, et al. Lymph node metastases of gastric cancer. General pattern in 1931 patients[J]. Ann Surg,1989,210(5):596-602. DOI:10.1097/0000658-198911000-00005.
- [12] Japanese Gastric Cancer Association. Japanese Gastric Cancer Treatment Guidelines 2021 (6th edition)[J]. Gastric Cancer, 2023,26(1):1-25. DOI:10.1007/s10120-022-01331-8.
- [13] Sato Y, Ohnuma H, Nobuoka T, et al. Erratum to: conversion therapy for inoperable advanced gastric cancer patients by docetaxel, cisplatin, and S-1 (DCS) chemotherapy: a multi-institutional retrospective study[J]. Gastric Cancer,2017,20(3):527. DOI:10.1007/s10120-016-0643-z.
- [14] Ministrini S, Bencivenga M, Solaini L, et al. Stage IV gastric cancer: the surgical perspective of the Italian Research Group on Gastric Cancer[J]. Cancers (Basel),2020,12(1):158. DOI:10.3390/cancers12010158.
- [15] Yoshida K, Yasufuku I, Terashima M, et al. International retrospective cohort study of conversion therapy for stage IV gastric cancer 1 (CONVO-GC-1)[J]. Ann Gastroenterol Surg,2022,6(2):227-240. DOI:10.1002/ags3.12515.
- [16] Yang Y, Hu J, Ma Y, et al. Multivisceral resection for locally advanced gastric cancer: a retrospective study[J]. Am J Surg,2021,221(5):1011-1017. DOI:10.1016/j.amjsurg.2020.09.037.
- [17] Aversa JG, Diggs LP, Hagerty BL, et al. Multivisceral resection for locally advanced gastric cancer[J]. J Gastrointest Surg,2021,25(3):609-622. DOI:10.1007/s11605-020-04719-y.
- [18] Biondi A, Persiani R, Cananzi F, et al. R_0 resection in the treatment of gastric cancer: room for improvement[J]. World J Gastroenterol,2010,16(27):3358-3370. DOI:10.3748/wjg.v16.i27.3358.
- [19] 梁华元,谢青,孙孝文,等.晚期胃癌转化治疗后行手术干预的调查研究[J].中华消化外科杂志,2024,23(11):1430-1436. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20241014-00448.
- [20] Wittekind C, Compton CC, Greene FL, et al. TNM residual tumor classification revisited[J]. Cancer,2002,94(9):2511-2516. DOI:10.1002/cncr.10492.
- [21] 中国抗癌协会胃癌专业委员会.胃癌腹膜转移诊治中国专家共识(2023版)[J].中华胃肠外科杂志,2023,26(8):717-728. DOI:10.3760/cma.j.cn441530-20230608-00196.
- [22] Bai L, Guan Y, Zhang Y, et al. Effectiveness of peritoneal lavage fluid circulating tumour cells and circulating tumour DNA in the prediction of metachronous peritoneal metastasis of gastric cancer (pT4NxM0/pT1-3N+M0) after radical resection: protocol of a prospective single-centre clinical study[J]. BMJ Open,2024,14(10):e083659. DOI:10.1136/bmjopen-2023-083659.
- [23] Zhang HY, Aimaiti M, Bai L, et al. Bi-phase CT radiomics nomogram for the preoperative prediction of pylorus lymph node metastasis in non-pyloric gastric cancer patients[J]. Abdom Radiol (NY),2025,50(2):608-618. DOI:10.1007/s00261-024-04537-9.
- [24] 赵恩昊,曹晖.免疫治疗时代胃癌手术范围与功能保存的合

- 理选择[J]. 中国实用外科杂志, 2024, 44(10): 1125-1129. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2024.10.09.
- [25] Wang FH, Zhang XT, Tang L, et al. The Chinese Society of Clinical Oncology (CSCO): clinical guidelines for the diagnosis and treatment of gastric cancer, 2023[J]. Cancer Commun (Lond), 2024, 44(1): 127-172. DOI: 10.1002/cac2.12516.
- [26] 中国抗癌协会胃癌专业委员会. 局部进展期胃癌围手术期治疗中国专家共识(2021 版)[J]. 中华胃肠外科杂志, 2021, 24(9): 741-748. DOI: 10.3760/cma.j.cn.441530-20210831-00351.
- [27] 梁寒. 局部进展期胃癌的规范精准免疫治疗时代[J]. 中华消化外科杂志, 2024, 23(3): 334-338. DOI: 10.3760/cma.j.cn.115610-20240103-00006.
- [28] 胡时栋, 邹贵军, 邹振玉, 等. 术前化疗对晚期胃癌患者 R₀ 切除的影响[J]. 临床外科杂志, 2017, 25(2): 131-134. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2017.02.016.
- [29] Al-Batran SE, Homann N, Pauligk C, et al. Perioperative chemotherapy with fluorouracil plus leucovorin, oxaliplatin, and docetaxel versus fluorouracil or capecitabine plus cisplatin and epirubicin for locally advanced, resectable gastric or gastro-oesophageal junction adenocarcinoma (FLOT4): a randomised, phase 2/3 trial[J]. Lancet, 2019, 393(10184): 1948-1957. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32557-1.
- [30] Zhang X, Liang H, Li Z, et al. Perioperative or postoperative adjuvant oxaliplatin with S-1 versus adjuvant oxaliplatin with capecitabine in patients with locally advanced gastric or gastro-oesophageal junction adenocarcinoma undergoing D2 gastrectomy (RESOLVE): an open-label, superiority and non-inferiority, phase 3 randomised controlled trial[J]. Lancet Oncol, 2021, 22(8): 1081-1092. DOI: 10.1016/S1470-2045(21)00297-7.
- [31] Shitara K, Rha SY, Wyrwicz LS, et al. LBA74 Pembrolizumab plus chemotherapy vs chemotherapy as neoadjuvant and adjuvant therapy in locally-advanced gastric and gastroesophageal junction cancer: the phase III KEYNOTE-585 study[J]. Ann Oncol, 2023, 34(S2): S1316. DOI: 10.1016/j.annonc.2023.10.075.
- [32] Shitara K, Rha SY, Wyrwicz LS, et al. Neoadjuvant and adjuvant pembrolizumab plus chemotherapy in locally advanced gastric or gastro-oesophageal cancer (KEYNOTE-585): an interim analysis of the multicentre, double-blind, randomised phase 3 study[J]. Lancet Oncol, 2024, 25(2): 212-224. DOI: 10.1016/S1470-2045(23)00541-7.
- [33] Shitara K, Bang YJ, Wyrwicz LS, et al. Neoadjuvant/adjuvant pembrolizumab (pembro)+chemotherapy (chemo) vs placebo (pbo)+chemo for gastric/gastroesophageal junction (G/GEJ) adenocarcinoma: major pathologic response (mPR) in KEYNOTE-585[J]. J Clin Oncol, 2024, 42(16_suppl): 4073. DOI: 10.1200/JCO.2024.42.16_suppl.4073.
- [34] Li C, Zheng Y, Shi Z, et al. 1512MO Perioperative camrelizumab (C) combined with rivoceranib (R) and chemotherapy (chemo) versus chemo for locally advanced resectable gastric or gastroesophageal junction (G/GEJ) adenocarcinoma: the first interim analysis of a randomized, phase III trial (DRAGON IV) [J]. Ann Oncol, 2023, 34(Suppl 2): S852. DOI: 10.101/j.annonc.2023.09.1425.
- [35] Becker K, Mueller JD, Schulmacher C, et al. Histomorphology and grading of regression in gastric carcinoma treated with neoadjuvant chemotherapy[J]. Cancer, 2003, 98(7): 1521-1530. DOI: 10.1002/cncr.11660.
- [36] Ryan R, Gibbons D, Hyland JM, et al. Pathological response following long-course neoadjuvant chemoradiotherapy for locally advanced rectal cancer[J]. Histopathology, 2005, 47(2): 141-146. DOI: 10.1111/j.1365-2559.2005.02176.x.
- [37] Ajani JA, D'Amico TA, Bentrem DJ, et al. Gastric Cancer, Version 2.2022, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology [J]. J Natl Compr Canc Netw, 2022, 20(2): 167-192. DOI: 10.6004/jnccn.2022.0008.
- [38] Gao P, Xiao Q, Tan H, et al. Interpretable multi-modal artificial intelligence model for predicting gastric cancer response to neoadjuvant chemotherapy[J]. Cell Rep Med, 2024, 5(12): 101848. DOI: 10.1016/j.xcrm.2024.101848.
- [39] Cheng X, Xu Z, Du Y, et al. Phase II study of conversion therapy using S1/paclitaxel chemotherapy plus apatinib in unresectable gastric cancer (Ahead-G325 trial). [J]. J Clin Oncol, 2017, 35(4_suppl): 53. DOI: 10.1200/JCO.2017.35.4_suppl.53.
- [40] Al-Batran SE, Homann N, Pauligk C, et al. Effect of neoadjuvant chemotherapy followed by surgical resection on survival in patients with limited metastatic gastric or gastroesophageal junction cancer: the AIO-FLOT3 Trial[J]. JAMA Oncol, 2017, 3(9): 1237-1244. DOI: 10.1001/jamaoncol.2017.0515.
- [41] Yoshida K, Yamaguchi K, Okumura N, et al. Is conversion therapy possible in stage IV gastric cancer: the proposal of new biological categories of classification[J]. Gastric Cancer, 2016, 19(2): 329-338. DOI: 10.1007/s10120-015-0575-z.
- [42] Halsted WS. I. The results of operations for the cure of cancer of the breast performed at the Johns Hopkins Hospital from June, 1889, to January, 1894[J]. Ann Surg, 1894, 20(5): 497-555. DOI: 10.1097/00000658-189407000-00075.
- [43] Fisher B. Sounding board. Breast-cancer management: alternatives to radical mastectomy[J]. N Engl J Med, 1979, 301(6): 326-328. DOI: 10.1056/NEJM197908093010611.
- [44] Chen H, Gou L, Fang Z, et al. Artificial intelligence assisted real-time recognition of intra-abdominal metastasis during laparoscopic gastric cancer surgery[J]. NPJ Digit Med, 2025, 8(1): 9. DOI: 10.1038/s41746-024-01372-6.
- [45] Dong D, Tang L, Li ZY, et al. Development and validation of an individualized nomogram to identify occult peritoneal metastasis in patients with advanced gastric cancer[J]. Ann Oncol, 2019, 30(3): 431-438. DOI: 10.1093/annonc/mdz001.
- [46] 田捷, 王坤, 董迪, 等. 基于人工智能和医疗大数据的肿瘤荧光手术导航与量化评估策略[J]. 中华消化外科杂志, 2024, 23(4): 536-542. DOI: 10.3760/cma.j.cn.115610-20240304-00142.
- [47] Bera K, Schalper KA, Rimm DL, et al. Artificial intelligence in digital pathology-new tools for diagnosis and precision oncology[J]. Nat Rev Clin Oncol, 2019, 16(11): 703-715. DOI: 10.1038/s41571-019-0252-y.
- [48] Niu PH, Zhao LL, Wu HL, et al. Artificial intelligence in gastric cancer: application and future perspectives[J]. World J Gastroenterol, 2020, 26(36): 5408-5419. DOI: 10.3748/wjg.v26.i36.5408.
- [49] Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, et al. Artificial intelligence in surgery: promises and perils[J]. Ann Surg, 2018, 268(1): 70-76. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002693.