

• 论著 •

床旁超声对重症患者胃肠功能及肠内营养的评估与指导：一项范围综述

张孟祥¹ 杨溢¹ 高兴梅¹ 窦志敏^{1,2} 李斌^{1,2}¹ 兰州大学第一临床医学院, 兰州 730000; ² 兰州大学第一医院重症医学科, 兰州 730000

通信作者: 李斌, Email: lynd0001@163.com

【摘要】 目的 基于范围综述方法,系统梳理床旁超声在重症患者胃肠功能评估与肠内营养指导中的研究进展,探讨其应用价值与前景。**方法** 检索 PubMed、Web of Science、Embase、Scopus 及中国知网、万方数据、维普、中华医学期刊全文数据库、中国生物医学文献数据库,自建库至 2025 年 9 月 4 日收录的关于床旁胃肠道超声的研究。应用 EndNote X9 软件和 Rayyan 在线文献筛选平台去除重复文献后,由两名研究人员对文章进行独立筛选,交叉核对后,独立提取如下数据信息:年份、国家、研究类型、研究对象及样本量、分组标准及组间比较因素、评估方案、超声扫描方案及结果、结局指标。采用纽卡斯尔-渥太华量表(NOS)对病例对照研究和队列研究进行方法学质量评价,采用 Cochrane 偏倚风险评价工具 RoB 2 对随机对照试验进行方法学质量评价。结合纳入文献,综合分析床旁超声在重症患者胃肠功能障碍评估及肠内营养实施中的应用特点和临床意义。采用分组描述与可视化方法对纳入研究进行差异性分析,按研究设计类型及超声评估方案进行分类汇总。**结果** 共检索到相关文献 2 023 篇,去重及筛选后最终纳入 36 篇文献。纳入文献发表于 2019 至 2025 年,研究类型包括随机对照试验 19 篇、病例对照研究 15 篇及队列研究 2 篇。方法学质量评价显示,病例对照研究和队列研究整体质量较高;随机对照试验中,部分研究在随机化过程及结果报告方面存在偏倚风险,整体质量中等,偏倚风险总体可接受。主要超声评估方案包括胃窦横截面积(CSA)、胃窦运动指数(MI)、肠系膜上动脉(SMA)血流参数、急性胃肠损伤超声评分(AGIUS)、胃肠与泌尿道超声评分(GUTS)及组合方案。综合分析纳入研究显示,胃窦 CSA 可较准确地反映胃排空与喂养耐受性,在预测喂养不耐受、喂养达标率等方面具有较高的可行性;胃窦 MI 能量化胃动力功能,但操作复杂且受液体管理限制,临床推广不足。AGIUS 评分和 GUTS 评分可客观评估肠道结构与功能状态,其中 AGIUS 评分 ≥ 2 分预测 28 d 病死率的敏感度与特异度较高。胃窦 CSA 联合肠道超声的方案可综合反映胃肠结构、动力与灌注状态,提高急性胃肠损伤(AGI)诊断准确性与肠内营养成功率。**结论** 床旁超声作为无创、可重复的评估工具,为重症患者胃肠功能监测与营养治疗提供了重要参考,但目前研究仍存在参数选择不统一、测量方法及操作流程缺乏标准化等问题。未来需开展多中心、大样本研究,建立统一的评估体系以实现精准、动态的胃肠功能管理。

【关键词】 床旁超声;重症患者;胃肠功能;肠内营养;急性胃肠损伤超声评分;胃肠与泌尿道超声评分

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20260329-00147

Assessment and guidance of gastrointestinal function and enteral nutrition in critically ill patients using bedside ultrasound: a scoping review

Zhang Mengxiang¹, Yang Yi¹, Gao Xingmei¹, Dou Zhimin^{1,2}, Li Bin^{1,2}¹The First Clinical Medical College of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; ²Department of Critical Care Medicine, The First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Corresponding author: Li Bin, Email: lynd0001@163.com

【Abstract】 Objective To systematically map and synthesize the current evidence on the application of bedside ultrasound in the assessment of gastrointestinal function and the guidance of enteral nutrition in critically ill patients, and to explore its clinical value and future perspectives. **Methods** PubMed, Web of Science, Embase, Scopus, China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Wanfang Database, VIP Database, Chinese Medical Journals Database, and Chinese Biomedical Literature Database were searched from inception to September 4, 2025 for studies on bedside gastrointestinal ultrasound. After removing duplicate literature using EndNote X9 software and the Rayyan online literature screening platform, the articles were independently screened and cross-checked by two researchers. The following data were independently extracted by two researchers: years, country, study type, study population and sample size, grouping criteria and inter-group comparison factors, assessment protocol, ultrasound scanning protocol and results, and outcome indicators. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) was used to evaluate the methodological quality of included case-control studies and cohort studies, and the Cochrane Risk of Bias tool (RoB 2) was used to evaluate the methodological quality of randomized controlled trials. Through comprehensive analysis of the included literature, the application characteristics and clinical significance of bedside ultrasound in gastrointestinal dysfunction assessment and enteral nutrition implementation in critically ill patients were analyzed. Descriptive grouping and visual methods were used to conduct a variability analysis of the included studies. The studies were categorized according to study design

and ultrasound assessment methods. **Results** A total of 2 023 records were retrieved, and 36 studies were finally included after deduplication and screening. Included studies were published between 2019 and 2025, and comprised 19 randomized controlled trials, 15 case-control studies, and 2 cohort studies. The quality of case-control studies and cohort studies was evaluated as relatively high overall, while bias risks in randomization process and outcome reporting were found in some randomized controlled trials, with overall moderate quality and generally acceptable risk of bias. The main ultrasound assessment protocols were identified as gastric antral cross-sectional area (CSA), gastric antral motility index (MI), superior mesenteric artery (SMA) blood flow parameters, Acute Gastrointestinal Injury Ultrasound Score (AGIUS), Gastrointestinal and Urinary Tract Sonography (GUTS) score, and combined protocols. By comprehensive analysis of included studies, gastric antral CSA was found to accurately reflect gastric emptying and feeding tolerance, and high feasibility was demonstrated in predicting feeding intolerance and feeding achievement rate; gastric antral motility could be quantified by gastric antral MI, but its clinical application was limited by complex operation and fluid management. Intestinal structure and function could be objectively evaluated by AGIUS and GUTS scores, and high sensitivity and specificity in predicting 28-day mortality were demonstrated by AGIUS score ≥ 2 . Gastrointestinal structure, motility, and perfusion status could be comprehensively reflected by the gastric antral CSA combined with intestinal ultrasound protocol, and the diagnostic accuracy of acute gastrointestinal injury (AGI) and the success rate of enteral nutrition were improved. **Conclusions** As a noninvasive and repeatable assessment tool, bedside ultrasound provides valuable support for gastrointestinal monitoring and nutritional management in critically ill patients. However, the current body of evidence still has issues such as inconsistency in parameter selection, lack of standardization in measurement methods, and variability in operational procedures. Future multicenter, large-scale studies are warranted to establish unified assessment frameworks and enable precise and dynamic gastrointestinal management.

【Key words】 Bedside ultrasound; Critically ill patient; Gastrointestinal function; Enteral nutrition; Acute Gastrointestinal Injury Ultrasound Score; Gastrointestinal and Urinary Tract Sonography
DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20260329-00147

胃肠功能障碍是重症患者常见并发症。重症监护病房(intensive care unit, ICU)中约 40% 的患者存在不同程度的胃肠功能损害^[1], 30.5%~65.7% 的患者出现喂养不耐受^[2]。胃肠功能障碍不仅会导致喂养不耐受发生率升高、能量摄入不足,还与感染风险增加、机械通气时间延长、病死率升高密切相关^[3]。因此,准确评估重症患者的胃肠功能并及时启动肠内营养,对于改善预后具有重要意义。

目前临床实践中大多使用急性胃肠损伤(acute gastrointestinal injury, AGI)分级评估胃肠功能,但其以症状观察为主,主观性强,且传统抽吸法对胃残余量(gastric residual volume, GRV)的监测更容易引起喂养不耐受^[4]。AGI 的评估大多基于恶心、呕吐、腹泻等临床症状完成,而这些表现大多发生在肠内营养启动后,难以提前预测。肠道脂肪酸结合蛋白、瓜氨酸等生物标志物对于胃肠功能障碍的临床应用价值尚不明确^[5]。CT 虽能显示胃肠结构变化,但因转运风险及成本限制难以常规应用。因此,临床迫切需要一种客观、可重复、动态评估的方法,以指导 ICU 个体化的营养支持。

床旁超声作为一种便携、无创的实时动态评估工具,为重症患者胃肠功能评估提供了新途径,可通过胃排空、肠蠕动及结构变化反映胃肠状态,并辅助 AGI 分级及肠内营养决策。然而,超声操作本身受肥胖、腹腔气体及体位的限制,可能降低成像质量与重复性且缺乏统一操作标准,多数为单中心、

小样本设计^[6]。本研究旨在通过范围综述,系统梳理床旁超声评估重症患者胃肠功能及指导肠内营养的研究现状,为后续临床研究提供理论支持。

1 资料与方法

本范围综述按照系统评价和 Meta 分析优先报告规范-范围综述扩展版(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews, PRISMA-ScR)声明撰写,并以澳大利亚乔安娜布里格斯研究所(Joanna Briggs Institute, JBI)范围综述指南为方法学框架^[7]。本研究分析方案已在开放科学框架(Open Science Framework, OSF)进行预注册(注册号:10.17605/OSF.IO/8FUE4)。

1.1 研究问题的确定:① AGI 与肠内营养的超声评估方案有哪些?② 不同超声方案对不同结局指标评估的差异是什么?③ 该研究领域目前的不足及未来研究的方向是什么?

1.2 文献纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准:文献的纳入标准遵循 PCC 原则。

① 研究对象(participants, P):年龄大于 18 岁,且诊断为 AGI 或胃肠损伤的重症患者;② 概念(concept, C):床旁超声在评估重症患者胃肠功能中的应用;③ 情景(context, C):ICU 等急危重症医疗环境。主要纳入研究类型为队列研究、病例对照研究及随机对照试验。

1.2.2 排除标准:无法获取全文;人群或收录重复;文献类型为综述、会议摘要、指南、专家共识等。

1.3 检索策略:检索 PubMed、Web of Science、Embase、Scopus 及中国知网、万方数据、维普、中华医学期刊全文数据库、中国生物医学文献数据库,自建库至 2025 年 9 月 4 日收录的相关研究。检索通过主题词与自由词联用的方式开展,关键词涵盖“重症医学(critical care)”“ICU”“危重症(critically ill)”“急性胃肠损伤(AGI)”“胃肠功能障碍(gastrointestinal dysfunction)”“喂养不耐受(feeding intolerance)”“超声检查(ultra-sonography)”等。通过对重症、胃肠损伤与超声评估三大主题词群的逻辑组合,全面获取超声评价危重症患者胃肠功能及耐受性相关文献。

1.4 文献筛选与数据提取分析:将检索到的文献分别导入 EndNote X9 软件和 Rayyan 在线文献筛选平台^[8],去除重复文献后,由两名研究人员进行独立筛选,并交叉核对。如有歧义,则由第 3 位独立研究人员解决。提取数据信息主要包括研究设计、样本量、评估方案、超声参数及结局指标。

1.5 文献质量评价方法:采用纽卡斯尔-渥太华量表(Newcastle-Ottawa Scale, NOS)对病例对照研究和队列研究进行方法学质量评价^[9],采用 Cochrane 偏倚风险评价工具 RoB 2 对随机对照试验进行方法学质量评价^[10]。文献质量评价由 2 名研究者独立完成,如有分歧,则由第 3 名研究者裁决。

1.6 文献结果差异性分析:根据研究设计类型,分别对观察性研究(病例对照研究和队列研究)及干预性研究(随机对照试验)进行可视化整合,采用气泡图对结局指标及效应表现进行差异性分析。

2 结果

2.1 文献检索及筛选结果(图 1):共检索到相关文献 2 023 篇,经过去重及阅读标题、摘要、全文后,最终共 36 篇文献^[11-46]纳入本次范围综述。

2.2 纳入文献基本特征:纳入的 36 篇文献发表于 2019 至 2025 年;中国 32 篇,法国 1 篇,墨西哥 1 篇,土耳其 1 篇,印度 1 篇;病例对照研究 15 篇,队列研究 2 篇,随机对照试验 19 篇。纳入文献的基本特征见表 1。

2.3 文献质量评价结果:NOS 评分结果显示,13 项研究^[11-13, 15-17, 19, 27, 30, 32, 38, 43, 46]为 7~9 分,属于高质量研究;4 项研究^[25, 34, 44-45]为 6 分,属于中等质量研究。提示方法学质量较好。RoB 2 评价结果显示,纳入研究整体以中等质量为主^[14, 18, 20-24, 28-29, 31, 33, 35-37, 39-42],仅 1 项研究^[26]为低质量研究。提示偏倚风险处于可接受范围,纳入研究质量总体较好。

检索数据库获取相关文献 (n=2 023): PubMed (n=44)、Web of Science (n=310)、Embase (n=5)、Scopus (n=732)、中国知网 (n=260)、万方数据 (n=288)、维普 (n=119)、中华医学期刊全文数据库 (n=25)、中国生物医学文献数据库 (n=240)

通过 EndNote X9 软件和 Rayyan 在线文献筛选平台去除重复文献 (n=139)

纳入初筛文献 (n=1 884)

通过阅读标题和摘要排除文献 (n=1 769)

初筛后获得文献 (n=115)

排除无法获得全文文献 (n=1)

纳入全文阅读文献 (n=114)

排除文献:非胃肠道超声方案研究 (n=11)、文章类型不符 (n=31)、人群不符 (n=4)、质量差 (n=30)、其他 (n=2)

最终纳入范围综述文献 (n=36)

图 1 床旁超声对重症患者胃肠功能及肠内营养的评估与指导范围综述文献筛选流程

2.4 文献结果差异性分析(图 2):不同超声方案在重症患者各项结局指标方面存在一定程度的差异。

2.5 范围综述分析结果

2.5.1 胃窦横截面积(cross-sectional area, CSA)与胃窦运动指数(movement index, MI):在纳入的 36 项研究中,有 21 项单独采用胃窦 CSA 作为主要评估指标^[11, 14-15, 17-18, 20-21, 25, 28-29, 31, 36, 38-46]。胃窦 CSA 大多采用直接描计法或双直径法计算。大部分研究于肠内营养启动后进行超声评估,结果提示,胃窦 CSA 增加与喂养达标率升高、喂养达标时间缩短相关,但喂养不耐受发生率、喂养中断率、机械通气时间、ICU 住院时间、病死率等结局结果不一致。不同研究胃窦 CSA 预测阈值差异较大(4.48~7.09 cm²)^[17, 45]。随机对照试验均以传统抽吸法为对照,采用 Perlas 公式估算 GRV^[47],结果提示,超声指导组喂养不耐受发生率、喂养达标率、喂养达标时间等结局指标显著优于对照组,但机械通气时间、ICU 住院时间结果不一致;值得注意的是,两组病死率差异无统计学意义^[20]。综合来看,胃窦 CSA 测量在胃排空评估中具有较高的可行性和一定的预测价值,但阈值及测量一致性尚未统一,结果存在异质性,限制了其推广使用。

表 1 床旁超声对重症患者胃肠功能及肠内营养的评估与指导范围综述纳入文献的基本特征

纳入文献	年份 (年)	国家	研究类型	研究对象	样本量		评估方案	超声扫查方案	结局指标
					观察 / 试验组	对照组			
陈阅等 ^[11]	2020	中国	病例对照研究	42 例危重患者(多发伤、颅脑损伤、心搏骤停、重症胰腺炎、农药中毒、脓毒症等)	喂养不耐受组(15 例)	肠内营养耐受组(27 例)	床旁超声胃窦扫查,与同期腹部 CT 对照	上腹部矢状或旁矢状胃窦切面,计算胃窦 CSA	GRV
Gao 等 ^[12]	2019	中国	病例对照研究	116 例重症患者(严重创伤、术后并发症)	AGI 组(36 例)	非 AGI 组(80 例)	AGIUS 评分联合 GIF 评分、SOFA 评分及腹内压综合评估	小肠:将腹部分为 4 个象限,每个象限测量肠管直径、肠壁厚度、肠蠕动	喂养不耐受发生率 ICU 住院时间、28 d 病死率
Lai 等 ^[13]	2022	中国	病例对照研究	105 例重症患者(肺炎、心力衰竭、脓毒性休克、腹膜炎、脓毒症、MODS)	肠内营养成功组(69 例)	肠内营养失败组(36 例)	胃肠超声(胃窦超声、结肠直径、蠕动频率)联合 AGI 评分、腹内压、PA 等指标	胃窦旁正中矢状切面,测量胃窦 CSA;沿左结肠/右升结肠长轴及横轴滑动扫查,进行 AGIUS 评分	GRV、结肠内径、蠕动频率、PA
李探等 ^[14]	2024	中国	随机对照试验	60 例脓毒症患者	床旁超声测量胃窦 CSA 指导早期肠内营养组(30 例)	常规营养治疗组(30 例)	超声连续监测胃窦 CSA,并计算 GRV,结合临床表现及功能评分	胃窦短轴切面,测量胃窦 CSA	肠内营养不耐受发生率、并发症发生率、胃肠功能障碍评分、ICU 住院时间
Xu 等 ^[15]	2023	中国	回顾性队列研究	513 例重症患者(急性脑血管意外、急性肺炎、急性心力衰竭、颅脑损伤等)	超声监测第 3 天 GRV ≥ 250 mL 组(62 例)	超声监测第 3 天 GRV < 250 mL 组(451 例)	超声测量胃窦 CSA,并计算 GRV	剑突下矢状胃窦切面,测量胃窦 CSA	每日热量摄入、肠内营养达标、喂养并发症、机械通气时间、ICU 住院时间、ICU 病死率
Yu 等 ^[16]	2023	中国	病例对照研究	91 例重症患者(脓毒症、术后、休克等)	喂养不耐受组(57 例)	非喂养不耐受组(34 例)	TGIU(CSA-AGIUS 评分)联合评估	胃窦切面,测量胃窦 CSA,联合四象限肠道扫查	GRV、小肠 AGIUS 评分、28 d 病死率
邹同娟等 ^[17]	2019	中国	病例对照研究	150 例重症患者	喂养不耐受组(58 例)	非喂养不耐受组(108 例)	超声测量胃窦 CSA,并计算 GRV	剑突下短轴胃窦切面,测量胃窦 CSA	GRV
孙杨等 ^[18]	2020	中国	随机对照试验	78 例急性呼吸窘迫综合征患者	超声监测胃窦 MI 指导肠内营养组(39 例)	常规营养治疗组(39 例)	超声胃窦横切面法监测胃窦 MI	胃窦横切面,测量胃窦 CSA	肠内营养达标时间、并发症发生率、中断率、机械通气时间、ICU 住院时间
陈万等 ^[19]	2020	中国	病例对照研究	73 例(外科术后、重症肺炎、内科感染、创伤)	AGI 组(45 例)	无 AGI 组(28 例)	胃肠道超声联合血乳酸	胃窦 CSA、胃窦 MI;小肠、结肠管腔内径、肠管壁厚度	胃窦 MI、SMA 时间平均流速、血乳酸
陈卫挺等 ^[20]	2019	中国	随机对照试验	90 例神经危重症患者(创伤性颅脑损伤、自发性蛛网膜下腔出血、颅内肿瘤、颅内动脉瘤)	床旁超声评估 GRV 组(45 例)	回抽胃液法评估 GRV 组(45 例)	超声胃窦横切面法监测胃窦 CSA,计算 GRV	胃窦单切面,测量胃窦 CSA	肠内营养达标率、并发症发生率、中断率、ICU 住院时间、院内病死率
傅园花等 ^[21]	2019	中国	随机对照试验	143 例重症患者(脑出血、脑外伤等)	超声监测 GRV 指导肠内营养组(72 例)	回抽胃液法评估 GRV 指导肠内营养组(71 例)	超声胃窦横切面法监测胃窦 CSA,计算 GRV	剑突下胃窦切面,测量胃窦 CSA	肠内营养并发生症发生率、机械通气时间、ICU 住院时间
何聪等 ^[22]	2022	中国	随机对照试验	56 例颅脑损伤患者	超声监测 GRV 指导肠内营养组(28 例)	回抽胃液法评估 GRV 指导肠内营养组(28 例)	超声测量胃窦 MI 联合胃窦 CSA,计算 GRV	剑突下胃窦矢状切面,测量胃窦 CSA、胃窦 MI	肠内营养达标时间、并发症发生率、ICU 住院时间、28 d 病死率

续表 1

纳入文献 (年份)	国家	研究类型	研究对象	样本量 (例)		评估方案	超声扫描方案	结局指标
				观察 / 试验组	对照组			
何聪等 ^[23]	中国	随机对照试验	54 例急性胰腺炎患者	超声胃窦 MI 联合肠内营养耐受性评分指导肠内营养治疗组 (27 例)	回抽胃液法评估 GRV 及肠内营养耐受性评分指导肠内营养治疗组 (27 例)	超声测量胃窦 MI 联合肠内营养耐受性评分	剑突下矢状位胃窦切面, 测量胃窦 MI	肠内营养达标时间、达标率、并发症发生率、ICU 住院时间、28 d 病死率
何佩娟等 ^[24]	中国	随机对照试验	50 例 ICU 收治的非消化道疾病重症患者	床旁超声检查组 (25 例)	临床症状诊断组 (25 例)	AGIUS 评分评估 AGI	腹部四象限, 每个象限测量肠管直径、肠褶皱、肠壁分层、肠蠕动, 取均值	AGI III 级发生率、肠道功能恢复时间、ICU 住院时间、28 d 病死率
黄焕源等 ^[25]	中国	前瞻性队列研究	236 例重症患者	超声监测 GRV 指导肠内营养组 (118 例)	回抽胃液法评估 GRV 指导肠内营养组 (118 例)	超声测量胃窦 CSA, 计算 GRV	胃窦短轴横切面, 计算胃窦 CSA	肠内营养量、肠内营养达标、营养中断率、喂养并发症、ICU 住院时间、ICU 病死率
黄仁等 ^[26]	中国	随机对照试验	61 例脓毒症患者	超声监测胃窦 CSA 联合 AGIUS 评分指导肠内营养组 (30 例)	回抽胃液法评估 GRV 指导肠内营养组 (31 例)	超声测量 CSA 联合 AGIUS 评分	CSA 及脐周小肠切面	肠内营养达标率、并发症发生率、营养学指标、ICU 住院时间
黄晓星等 ^[27]	中国	病例对照研究	97 例脓毒症患者	预后良好组 (73 例)	预后不良组 (24 例)	超声测定胃窦 MI	胃窦上腹正中剑突下切面, 计算胃窦 MI	胃窦 MI
李鹏等 ^[28]	中国	随机对照试验	62 例重症烧伤患者	超声监测 GRV 指导肠内营养组 (31 例)	回抽胃液法评估 GRV 指导肠内营养组 (31 例)	超声监测 GRV 联合实验室指标	剑突下胃窦单切面, 计算胃窦 CSA	肠内营养达标时间、摄入量、总能量、并发症发生率、营养学指标、机械通气时间、ICU 住院时间
李阳洋等 ^[29]	中国	随机对照试验	89 例颈脊髓损伤患者	超声监测 GRV 指导肠内营养组 (45 例)	回抽胃液法评估 GRV 指导肠内营养组 (44 例)	超声测定 GRV	剑突下胃窦纵切面, 计算胃窦 CSA	肠内营养达标时间、并发症发生率、中断率、营养学指标
刘娟等 ^[30]	中国	病例对照研究	79 例重症胃肠功能障碍患者	预后良好组 (46 例)	预后不良组 (33 例)	超声测量胃窦 MI	剑突下胃窦单切面, 计算胃窦 MI	胃窦 MI
兰陈清等 ^[31]	中国	随机对照试验	76 例重症患者	超声检测 GRV 指导肠内营养组 (38 例)	回抽胃液法评估 GRV 指导肠内营养组 (38 例)	超声测量胃窦 MI	胃窦单切面, 计算胃窦 CSA	肠内营养达标率、并发症发生率
陈蓓蓓等 ^[32]	中国	病例对照研究	108 例重症患者 (呼吸、循环、神经、泌尿系统疾病, 非胃肠原因休克, 非胃肠多发伤, 药物中毒)	肠内营养不耐受组 (55 例)	肠内营养耐受组 (53 例)	超声测量 SMA 血流参数、联合肠内营养耐受性评分、GRV、腹内压、二胺氧化酶、脂多糖内毒素	腹主动脉纵切长轴 SMA 切面, 频谱多普勒于 SMA 起始部 0.5 ~ 1.0 cm 取样	SMA 收缩期峰值速度、舒张期末速度
吕琦等 ^[33]	中国	随机对照试验	50 例神经危重症患者 (颅脑损伤、脑血管疾病、脊髓损伤)	超声胃窦 MI 联合肠内营养耐受性评分指导肠内营养组 (25 例)	常规营养治疗组 (25 例)	超声测量胃窦 MI 联合肠内营养耐受性评分	剑突下胃窦单切面, 计算胃窦 MI	肠内营养达标时间、并发症发生率、中断率、营养学指标、机械通气时间、ICU 住院时间
孟令胜等 ^[34]	中国	病例对照研究	103 例重症肠道功能障碍患者	肠内营养成功组 (68 例)	肠内营养失败组 (35 例)	胃肠道超声 (胃窦 CSA、结肠内径、结肠蠕动频率) 联合临床症状	剑突下胃窦纵切面, 计算胃窦 CSA; 侧腹部结肠纵切面, 测量结肠或升结肠内径并计数结肠蠕动频率	GRV, 血清 IFABP、瓜氨酸

续表 1

纳入文献	年份 (年)	国家	研究类型	研究对象	样本量 (例)		评估方案	超声扫描方案	结局指标
					观察 / 试验组	对照组			
宁书蔚等 ^[35]	2024	中国	随机对照试验	60 例老年重症患者(肺部感染、心肌梗死、泌尿系统感染、腹腔感染、脑出血、胆道感染、心力衰竭、脑梗死、糖尿病酮症酸中毒)	超声、AGIUS 评分联合回抽法指导肠内营养组 (30 例)	回抽法评估 GRV 指导肠内营养组 (30 例)	胃窦超声、AGIUS 评分、注射器回抽法联合评估	剑突下正中胃窦纵切面, 计算胃窦 CSA; 小肠超声右下腹或脐周顺时针滑动探查, 进行 AGIUS 评分	肠内营养达标率、并发症发生率、营养学指标、住院时间、28 d 病死率
陶剑锋等 ^[36]	2024	中国	随机对照试验	115 例脓毒症患者	超声监测 GRV 指导肠内营养组 (58 例)	回抽法评估 GRV 指导肠内营养组 (57 例)	超声监测联合营养学指标、APACHE II 评分、SOFA 评分	胃窦单切面, 计算胃窦 CSA	肠内营养达标时间、并发症发生率、营养学指标、ICU 住院时间
吴琪等 ^[37]	2024	中国	随机对照试验	100 例重症患者	超声监测 GRV 和胃窦 MI 指导肠内营养组 (50 例)	回抽法评估 GRV 指导肠内营养组 (50 例)	超声监测胃窦 CSA 和胃窦 MI	剑突下胃窦切面, 计算胃窦 CSA、胃窦 MI	肠内营养达标时间、并发症发生率、营养学指标、肠黏膜屏障功能指标、机械通气时间、ICU 住院时间
项美姣等 ^[38]	2024	中国	病例对照研究	112 例脓毒性休克患者	肠内营养不耐受组 (35 例)	肠内营养耐受组 (77 例)	床旁超声测量 GRV 联合乳酸清除率	剑突下胃窦切面, 计算胃窦 CSA	GRV、乳酸清除率、中性粒细胞/淋巴细胞比值
徐东平等 ^[39]	2021	中国	随机对照试验	120 例重症患者(急性脑血管意外、重症肺炎、急性心力衰竭、颅脑损伤等)	超声监测 GRV 指导肠内营养组 (60 例)	回抽法评估 GRV 指导肠内营养组 (60 例)	超声监测胃窦 CSA	胃窦单切面, 计算胃窦 CSA	肠内营养达标率、并发症发生率、营养学指标
杨红晓等 ^[40]	2024	中国	随机对照试验	42 例重症患者	超声监测 GRV 指导肠内营养组 (20 例)	回抽法评估 GRV 指导肠内营养组 (22 例)	超声动态监测 CSA 联合炎症、免疫、营养学指标	剑突下胃窦纵切面, 测量胃窦 CSA	肠内营养达标率、并发症发生率、炎症指标、免疫指标、营养学指标
余小琴等 ^[41]	2023	中国	随机对照试验	95 例重症患者(重症肺炎、AECOPD 等)	超声监测 GRV 指导肠内营养组 (48 例)	回抽法评估 GRV 指导肠内营养组 (47 例)	超声扫描评估 GRV	超声测量胃窦 CSA	肠内营养达标、并发症发生率、营养学指标、机械通气时间、ICU 住院时间
张照龙等 ^[42]	2022	中国	随机对照试验	97 例脓毒症患者	超声监测 GRV 指导肠内营养组 (49 例)	回抽法评估 GRV 指导肠内营养组 (48 例)	超声测定 GRV 联合胃窦 MI	剑突下胃窦单切面, 计算胃窦 CSA	肠内营养达标时间、中断率、并发症发生率、机械通气时间、ICU 住院时间
El Khoury 等 ^[43]	2023	法国	病例对照研究	44 例外科术后危重症患者(急性呼吸衰竭、新型冠状病毒感染、心脏术后、脓毒性休克等)	喂养不耐受组 (11 例)	肠内营养耐受组 (33 例)	超声胃窦横切面法监测胃窦 CSA, 计算 GRV	正中矢状胃窦切面, 测量胃窦 CSA	GRV
Pérez-Calatayud 等 ^[44]	2022	墨西哥	病例对照研究	61 例重症患者	喂养不耐受组 (9 例)	喂养耐受组 (52 例)	超声测量胃窦 CSA, 并计算 GRV	胃窦剑突下矢状切面, 测量胃窦 CSA	UMAT、CSA 变化率
Onuk 等 ^[45]	2023	土耳其	病例对照研究	39 例重症患者(呼吸衰竭、创伤、脓毒症、神经系统疾病、代谢疾病)	胃肠功能障碍组 (18 例)	非胃肠功能障碍组 (21 例)	胃窦超声联合血清生化指标及 GIDS 评分	胃窦上腹部旁矢状切面, 测量胃窦 CSA	GRV、血清 IFABP、瓜氨酸
Pratyusha 等 ^[46]	2022	印度	病例对照研究	43 例重症患者(共 130 个喂养日)	喂养不耐受组 (13 个喂养日)	喂养耐受组 (117 个喂养日)	超声测量胃窦 CSA, 并计算 GRV	胃窦上腹部旁矢状切面, 测量胃窦 CSA	GRV

注: CSA 为横截面积, GRV 为胃残余量, AGI 为急性胃肠损伤, AGIUS 为急性胃肠损伤超声评分, GIF 为胃肠功能衰竭, SOFA 为序贯器官衰竭评分, ICU 为重症监护病房, MODS 为多器官功能障碍综合征, PA 为前白蛋白, TGIU 为经腹胃肠超声检查, MI 为运动指数, SMA 为肠系膜上动脉, IFABP 为肠型脂肪酸结合蛋白, APACHE II 为急性生理学与健康状况 II, AECOPD 为慢性阻塞性肺疾病急性加重, UMAT 为超声膳食调节试验, GIDS 为胃肠功能障碍评分

在纳入的 36 项研究中,有 4 项研究单独采用胃窦 MI 作为动态功能评估指标^[23, 27, 30, 33]。胃窦 MI 整合了胃窦收缩频率(antral contraction frequency, ACF)与胃窦收缩幅度(antral contraction amplitude, ACA),可量化胃排空动力状态。在病例对照研究中,胃窦 MI 与喂养达标时间、AGI 发生率、病死率相关,但与喂养不耐受发生率无显著关联;在随机对照试验中,胃窦 MI 指导肠内营养能够显著提高喂养达标率、缩短达标时间及机械通气时间、降低喂养中断率,但喂养不耐受和 ICU 住院时间结果不一致,病死率差异亦无统计学意义。可见,胃窦 MI 在反映胃动力功能方面较胃窦 CSA 更具动态性,但测量方法复杂、标准化程度较低,结果一致性略差。

2.5.2 肠系膜上动脉(superior mesenteric artery, SMA)血流参数:有 1 项病例对照研究仅以 SMA 血流参数作为肠道血流灌注评估指标^[32]。该研究者通过收集 SMA 收缩期峰值速度(peak systolic velocity, PSV)、舒张期末速度(end-diastolic velocity, EDV)、时间平均流速(time averaged mean velocity, TAMV)分析发现,PSV、EDV 与喂养不耐受密切相关,提示 SMA 流速降低的患者更易出现喂养不耐受, SMA 血流灌注状态与胃肠功能障碍密切相关,可作为肠内营养启动与调整的参考指标。然而,目前相关研究数量有限,与胃窦 CSA、胃窦 MI 主要反映胃动力功能相比,

SMA 参数更能反映肠道血流灌注变化,具有一定互补性,但其临床应用价值仍需进一步证实。

2.5.3 小肠超声方案:有 2 项研究仅以小肠相关超声指标作为主要评估指标^[12, 24]。两项研究将腹部以脐为中心分为 4 个象限,每个象限随机取 1 点测量肠管直径、肠褶皱、肠壁厚度、壁分层、肠蠕动等指标。两项研究均根据急性胃肠损伤超声评分(Acute Gastrointestinal Injury Ultrasound Score, AGIUS)评估肠功能,其中 Gao 等^[12]同时评估了胃肠与泌尿道超声(Gastrointestinal and Urinary Tract Sonography, GUTS)评分。AGIUS 评分主要通过评估肠管直径、肠壁厚度及蠕动情况,对肠道损伤程度进行量化分级,为 AGI 分级提供了客观的影像支持^[16]。GUTS 评分作为一种多器官功能联合评估方案,包括胃肠道直径、肠壁厚度、蠕动情况、血流灌注等指标,强调结构与功能并重,适用于重症患者肠道功能评估^[48]。Gao 等^[12]的研究提示,AGIUS 评分和 GUTS 评分与 AGI 的发生相关,且肠道超声指标与喂养不耐受和病死率均相关;何佩娟等^[24]的研究表明,使用小肠超声能提早诊断 AGI,缩短 ICU 住院时间,降低病死率。可见,AGIUS 评分或 GUTS 评分可在结构与功能层面对肠道损伤进行动态评估,与胃窦 CSA、胃窦 MI 等局部指标相比,更具有系统性。

2.5.4 组合方案:在纳入的 36 项研究中,有 8 项研

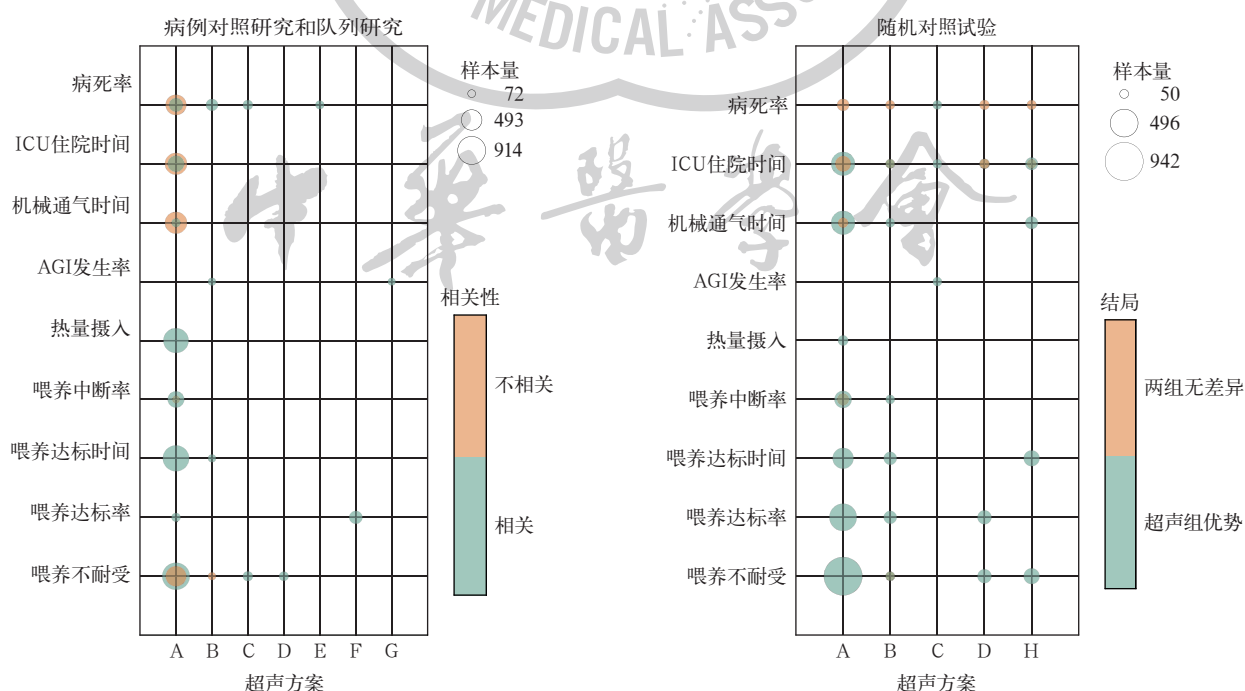


图2 床旁超声对重症患者胃肠功能及肠内营养的评估与指导范围综述纳入文献中不同胃肠道超声方案与临床结局关系的气泡图

究尝试将多个超声指标整合^[13, 16, 19, 22, 26, 34-35, 37],包括胃窦 CSA 联合胃窦 MI、胃窦 MI 联合 SMA-TAMV、胃窦 CSA 联合小肠 AGIUS 评分、胃窦 CSA 联合结肠 AGIUS 评分,旨在通过多种超声扫查切面互补及生理结构与血流灌注、静态与动态评估相结合,提高评估准确性与临床适应性。在病例对照研究和队列研究中,组合超声方案与 AGI 程度、喂养达标率及病死率相关。随机对照试验结果显示,胃窦 CSA 联合小肠 AGIUS 评分方案较传统方法能显著降低喂养不耐受发生率,并提高喂养达标率,但 ICU 住院时间结果不一致,且病死率差异无统计学意义;胃窦 CSA 联合胃窦 MI 方案除能降低喂养不耐受发生率外,还可缩短喂养达标时间和机械通气时间,但同样未能在 ICU 住院时间及病死率方面显示出一致性改善。超声组合方案在理论上可实现结构、功能与灌注的联合评估,增强对 AGI 的诊断能力。超声组合方案较单一指标能更全面地反映胃肠结构、动力与灌注状态,尤其在识别早期功能障碍和指导肠内营养调整方面显示出较高的敏感度。然而,各种超声方案实施过程对操作者技能要求较高,且现有方案缺乏统一的操作规范与判读标准,临床应用仍受限。

3 讨论

目前胃肠功能评估仍主要通过症状体征、间断 GRV 测定完成。2012 年,欧洲危重病医学会(European Society of Intensive Care Medicine, ESICM)提出“AGI”的定义,并按照严重程度分为 I~IV 级^[49],但其以腹胀、腹泻、腹内高压等症状为基础,主观性较强,且重症患者常因多器官功能障碍被评为更高等级,降低了特异度。尽管有研究者开发了危重症患者胃肠功能障碍评分(Gastrointestinal Dysfunction Score, GIDS),减少了主观性、提高了再现性^[50],但仍然依赖症状评估,缺乏对肠道结构与功能的直接观察依据,易导致诊断延迟、干预滞后。因此,对于 AGI 的早期诊断及预后评估仍然是临床的一大挑战。

床旁胃肠道超声作为一种无创、实时、便捷、低成本的影像技术,近年来在重症患者胃肠功能与肠内营养管理中日趋成熟,能够动态、客观地反映胃肠道的结构与功能变化,为临床提供即时的功能性信息^[51],为传统依赖主观症状或间接指标的评估方法提供了重要补充。

在胃功能评估方面,胃窦 CSA 是应用最早且研究最广的指标,多项研究及系统评价证实其可替代 GRV 监测,用于评估胃排空、识别喂养不耐受及指

导肠内营养启动,且可行性和重复性较高^[20, 31, 39]。研究表明,胃窦 CSA 与 ICU 住院时间、病死率等预后指标存在一定相关性^[14],但亦有研究结果未显示出显著关联^[15],可能与研究人群、测量时机及操作标准化不足有关,提示其预测价值可能受患者基础状态、镇静深度、营养策略及测量标准化程度的影响。此外,本研究纳入文献中胃窦 CSA 预测喂养不耐受的最佳截断值差异较大(4.48~7.09 cm²),可能与测量体位不一致有关,即使胃内容量相同,不同体位亦可能导致 CSA 结果差异。此外,患者特征、疾病严重程度及测量时机不同亦可能影响结果,因此目前尚缺乏统一阈值,需在标准化操作基础上进一步研究。

胃窦 MI 作为一种反映胃动力功能的动态参数,综合考虑了 ACF 与 ACA,可定量反映胃动力状态,理论上较胃窦 CSA 更能反映胃功能变化。然而,胃窦 MI 测量需经胃管注入标准体积液体并连续记录多个收缩周期,操作复杂、重复性依赖操作者经验,受 ICU 液体管理及胃管条件限制,临床应用受限,因此多用于研究探索,而 CSA 仍为主要临床指标。

在肠道功能评估方面,近年来研究重点逐步从主观症状转向影像学量化指标。AGIUS 评分与 GUTS 评分是具有代表性的肠道超声评分体系。2018 年,欧洲学者提出了“GUTS 评分”,纳入了“肠管直径、肠壁厚度、肠蠕动、血流信号”4 项核心参数,并分为 0~4 级。然而 GUTS 评分为基于胃肠道生理特性由专家经验讨论形成,仅进行过小样本研究,尚未形成广泛验证的标准化流程,其评分权重与阈值设定仍需临床验证。2019 年, Gao 等^[12]在 GUTS 评分的基础上进一步简化,提出了“AGIUS 评分”,经过研究发现, AGIUS 评分 ≥ 2 分对于预测 28 d 死亡风险具有良好的敏感度(85.7%)和特异度(71.6%),肠蠕动异常(< 5 次/min 或 > 10 次/min)与喂养不耐受显著相关。2021 年,我国《重症病人胃肠功能障碍肠内营养专家共识(2021 版)》将 AGIUS 评分与 GUTS 评分纳入 AGI 分级的客观补充^[52],标志着超声评估从研究走向临床应用。

随着研究深入,多指标联合评估逐渐成为趋势。本次范围综述结果显示,目前较具代表性的方案是“胃窦 CSA 联合肠道超声”,但多数研究未完全遵循 AGIUS 评分或 GUTS 评分标准,而是选择小肠、结肠等部位,且仅收集肠道直径、肠壁厚度、肠蠕动等数据。尽管 GUTS 评分已提出血流灌注的重要性,但尚未明确监测方法。现有研究主要采用彩色多普勒肠

系膜血流信号、肠道灌注压及 SMA 流速评估血流,其中 SMA 流速与 AGI 分级、喂养不耐受及病死率相关^[18]。总之,联合胃肠多维超声较单一指标可更全面地反映胃肠功能,提高 AGI 诊断及营养评估准确性。

尽管床旁超声在重症领域取得进展,但仍存在局限。本次范围综述纳入的研究多为单中心、小样本研究,影响外推性;虽然包含 19 项 RCT,但多数在随机化、干预偏离及选择性报告方面存在一定风险,与超声难以盲法及结果直接影响临床决策有关,可能引入实施偏倚。但整体结局数据较完整,偏倚风险仍可接受。病例对照研究和队列研究的 NOS 评分较高,但不同研究在患者类型、测量时机、超声流程及结局定义方面不一致,增加了异质性。

此外,中外文献分布不均均是重要局限。随着西方指南不再推荐常规监测 GRV^[53],临床需求下降,床旁超声评估 GRV 的应用场景受限,因此英文主流重症文献相关研究较少。这并不否定胃超声的价值,可能反映研究重点已由“GRV 测量”转向喂养耐受性、胃肠功能障碍及误吸风险的综合评估。我国 ICU 仍普遍将 GRV 作为肠内营养管理参考,尤其在高误吸风险或胃排空障碍患者中,床旁超声作为无创、可重复工具用于优化喂养决策^[54],因此相关研究更集中。这种差异不仅源于指南不同,也与中西方 ICU 实践模式、风险管理理念、资源配置有关。我国更强调 GRV 监测以提升喂养安全,床旁超声易融入现有流程。上述背景差异可能增加了研究间的异质性,并引入了地域偏倚。同时,超声结果还受肥胖、肠气、体位及操作者经验的影响。不同疾病类型及肠内营养方案差异亦可能影响胃肠反应及超声指标一致性。

综上所述,床旁胃肠道超声已经由单一胃窦参数监测逐步拓展至肠道结构、动力及灌注等多维度联合评估。但目前不同研究之间在超声参数选择、测量时点、阈值定义、操作流程等方面仍缺乏统一标准,其临床应用价值仍需更多高质量证据进一步验证。未来应优先开展大样本、多中心随机对照试验,建立标准化的床旁胃肠道超声评估流程,并进一步明确联合评估方案在指导肠内营养、预测喂养不耐受及评估预后中的临床价值,以推动床旁胃肠道超声在重症营养管理中的规范化应用。

4 小 结

床旁胃肠道超声可通过对胃排空、肠道动力、肠系膜灌注等多维参数的综合评估,为重症患者胃肠功能状态及肠内营养管理提供客观支持。现有证

据提示,与单一指标相比,基于多参数、多部位的联合超声评估更有助于识别喂养不耐受及 AGI 高风险患者,并支持个体化营养决策。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 张孟祥: 酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、分析/解释数据、起草文章、对文章的知识性内容作批评性审阅、统计分析;杨溢: 酝酿和设计实验、对文章的知识性内容作批评性审阅、统计分析;高兴梅: 酝酿和设计实验、对文章的知识性内容作批评性审阅、统计分析、支持性贡献;窦志敏: 酝酿和设计实验,对文章的知识性内容作批评性审阅,行政、技术或材料支持,指导,支持性贡献;李斌: 酝酿和设计实验,对文章的知识性内容作批评性审阅,获取研究经费,行政、技术或材料支持,指导

志谢 感谢兰州大学循证医学中心许建国博士在研究设计与实施过程中给予的指导与支持

参考文献

- [1] Zhang D, Li YT, Ding LL, et al. Prevalence and outcome of acute gastrointestinal injury in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(43): e12970. DOI: 10.1097/MD.00000000000012970.
- [2] 赵明曦,孙建华,李奇,等.床旁超声评估重症患者胃肠功能的最佳证据总结[J]. *中华现代护理杂志*, 2022, 28(5): 602-610. DOI: 10.3760/cma.j.cn115682-20210711-03064.
- [3] 刘桂英,张艳艳.危重患者肠内营养喂养不耐受危险因素 meta 分析[J]. *中国医药科学*, 2022, 12(5): 48-52. DOI: 10.3969/j.issn.2095-0616.2022.05.013.
- [4] 中华医学会重症医学分会.中国成人 ICU 患者营养评估与监测临床实践指南[J/CD]. *中华重症医学电子杂志*, 2023, 9(4): 321-348. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2023.04.001.
- [5] 孙桂楠,田金金,张雪琴,等.脓毒症急性胃肠功能损伤及相关生物标志物的研究进展[J]. *临床急诊杂志*, 2025, 26(4): 287-292. DOI: 10.13201/j.issn.1009-5918.2025.04.009.
- [6] Mihniovits V, Reintam Blaser A, Gualdi T, et al. Gastrointestinal ultrasound in the critically ill: a narrative review and a proposal for a protocol[J]. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 2024, 48(8): 895-905. DOI: 10.1002/jpen.2687.
- [7] Peters MDJ, Marnie C, Tricco AC, et al. Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews[J]. *JBIM Evid Synth*, 2020, 18(10): 2119-2126. DOI: 10.11124/JBIES-20-00167.
- [8] Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, et al. Rayyan: a web and mobile app for systematic reviews[J]. *Syst Rev*, 2016, 5(1): 210. DOI: 10.1186/s13643-016-0384-4.
- [9] Lo CK, Mertz D, Loeb M. Newcastle-Ottawa Scale: comparing reviewers' to authors' assessments[J]. *BMC Med Res Methodol*, 2014, 14: 45. DOI: 10.1186/1471-2288-14-45.
- [10] Sterne JAC, Savović J, Page MJ, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials[J]. *BMJ*, 2019, 366: l4898. DOI: 10.1136/bmj.l4898. PMID: 31462531.
- [11] 陈闯,徐杰丰,刘少云,等.超声监测 ICU 危重患者胃残余量和预测肠内营养不耐受研究[J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(10): 1291-1295. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.10.005.
- [12] Gao T, Cheng MH, Xi FC, et al. Predictive value of transabdominal intestinal sonography in critically ill patients: a prospective observational study[J]. *Crit Care*, 2019, 23(1): 378. DOI: 10.1186/s13054-019-2645-9.
- [13] Lai JW, Chen SH, Chen LL, et al. Bedside gastrointestinal ultrasound combined with acute gastrointestinal injury score to guide enteral nutrition therapy in critically patients[J]. *BMC Anesthesiol*, 2022, 22(1): 231. DOI: 10.1186/s12871-022-01772-9.
- [14] 李探,张潇月,刘克琴,等.超声测量胃窦横截面积指导脓毒症患者早期个体化肠内营养实施的应用价值分析[J]. *中华急诊医学杂志*, 2024, 33(2): 193-200. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.02.009.
- [15] Xu XY, Xue HP, Yuan MJ, et al. Effects of ultrasound monitoring of gastric residual volume on feeding complications, caloric intake and prognosis of patients with severe mechanical ventilation[J]. *World J Gastrointest Surg*, 2023, 15(8): 1719-1727. DOI: 10.4240/wjgs.v15.i8.1719.

- [16] Yu G, Jin SS, Wang R, et al. Transabdominal gastro-intestinal ultrasonography (TGIU) for predicting feeding intolerance in critically ill patients: a prospective observational study[J]. Clin Nutr ESPEN, 2023, 55: 76–82. DOI: 10.1016/j.clnesp.2023.02.010.
- [17] 邹同娟, 冉启芳, 尹万红, 等. 床旁超声测量胃窦横截面积对重症患者喂养不耐受的预测价值[J]. 四川大学学报(医学版), 2019, 50(6): 815–820. DOI: 10.13464/j.scuxbyxb.2019.06.007.
- [18] 孙杨, 曹岚. 超声胃窦运动指数在俯卧位机械通气患者肠内营养中的应用[J]. 中国实用护理杂志, 2020, 36(19): 1482–1485. DOI: 10.3760/cma.j.cn211501-20191101-03170.
- [19] 陈万, 潘春熹, 吕立文, 等. 胃肠道超声联合血乳酸对重症患者急性胃肠道损伤的诊断价值[J]. 中华急诊医学杂志, 2020, 29(7): 959–964. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.07.012.
- [20] 陈卫挺, 元丹琴, 陈仁辉, 等. 超声评估胃残余量在神经危重症患者肠内营养中的应用[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2019, 26(4): 441–444. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.04.016.
- [21] 傅园花, 郭莉娟, 葛国平. 床旁超声监测胃残余量对机械通气患者肠内营养耐受性的影响[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2019, 26(3): 326–328. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.03.018.
- [22] 何聪, 付优, 白银箱, 等. 胃肠超声在重型颅脑损伤病人营养治疗中的应用价值[J]. 肠外与肠内营养, 2022, 29(1): 24–27. 34. DOI: 10.16151/j.1007-810x.2022.01.005.
- [23] 何聪, 王雷雪, 付优, 等. 床旁胃肠超声联合肠内营养耐受性评分在中重症急性胰腺炎患者营养治疗中的作用[J]. 山东医药, 2022, 62(19): 24–27. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2022.19.006.
- [24] 何佩娟, 李贡文, 曾迎春, 等. 通过床旁超声早期诊断重症患者肠道的临床研究[J]. 中国当代医药, 2022, 29(32): 37–40. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2022.32.010.
- [25] 黄焕源, 班丽红, 王延震, 等. 胃窦横截面积指导老年重症患者肠内营养治疗的临床价值[J]. 中国当代医药, 2024, 31(4): 36–41. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2024.04.010.
- [26] 黄仁, 商燕, 李舒琪, 等. 床旁超声测量胃窦横截面积联合 AGIUS 评分对脓毒症患者早期个体化肠内营养治疗的应用效果研究[J]. 重庆医学, 2025, 54(4): 845–851. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2025.04.009.
- [27] 黄晓星, 张华根, 曾伟坚, 等. 床旁超声胃窦运动指数与脓毒症胃肠功能障碍患者预后的相关性分析[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2023, 18(3): 344–347. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6966.2023.03.018.
- [28] 李鹏, 崔庆伟, 张盼, 等. 应用床旁超声监测胃残余量指导重症烧伤患者早期肠内营养的临床价值[J/CD]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2024, 19(1): 24–33. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2024.01.006.
- [29] 李阳洋, 俞荷花, 彭飞, 等. 超声监测胃残余量在急性创伤性完全性颈脊髓损伤患者肠内营养中的应用研究[J]. 军事护理, 2023, 40(6): 5–8. DOI: 10.3969/j.issn.2097-1826.2023.06.002.
- [30] 刘娟, 胡丽平, 袁翔. 床旁超声胃窦运动指数对 ICU 危重症胃肠功能障碍患者的预后评估效果探讨[J]. 中国实用医药, 2024, 19(21): 61–64. DOI: 10.14163/j.cnki.11-5547/r.2024.21.015.
- [31] 兰炼清, 施龙永, 刘信静, 等. 床边超声监测胃残余量在重症患者早期肠内营养管理中的应用研究[J/OL]. 中文科技期刊数据库(全文版)医药卫生, 2024(5): 0114–0117[2025-07-26]. https://www.cqvip.com/doc/journal/1000004062509.
- [32] 陈蓓蓓, 谢琴, 徐相勤, 等. 重症机械通气病人超声监测的肠系膜上动脉血流速度变化预测肠内营养不耐受的临床研究[J]. 肠外与肠内营养, 2024, 31(3): 154–161, 166. DOI: 10.16151/j.1007-810x.2024.03.005.
- [33] 吕琦, 王洪波. 床旁超声胃窦运动指数联合肠内营养耐受性评分在神经危重症病人中的应用[J]. 护理研究, 2024, 38(14): 2617–2620. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2024.14.031.
- [34] 孟令胜, 孔德华, 王见斌. 床旁胃肠超声指导 ICU 急性胃肠损伤危重病人肠内营养治疗的应用价值[J]. 临床外科杂志, 2024, 32(7): 729–732. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2024.07.016.
- [35] 宁书蔚, 柳颖, 曹昌萌, 等. 胃窦超声、AGIUS 评分联合注射器回抽法指导老年重症病人肠内营养的疗效研究[J]. 肠外与肠内营养, 2024, 31(1): 10–16. DOI: 10.16151/j.1007-810x.2024.01.003.
- [36] 陶剑锋, 邓虹, 张洪举, 等. 超声监测导向下早期肠内营养在 ICU 重症脓毒症有创通气患者中的应用观察[J]. 广州医药, 2024, 55(12): 1476–1481. DOI: 10.20223/j.cnki.1000-8535.2024.12.014.
- [37] 吴琪, 朱保峰, 陈建荣, 等. 床旁超声联合监测胃残余量和胃窦运动指数在危重症患者肠内营养中的应用研究[J]. 临床急诊杂志, 2024, 25(4): 180–187. DOI: 10.13201/j.issn.1009-5918.2024.04.005.
- [38] 项美姣, 傅园花. 床旁超声测量胃残余量联合乳酸清除率评估感染性休克患者肠内营养不耐受的风险[J]. 现代实用医学, 2024, 36(2): 183–185. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0800.2024.02.010.
- [39] 徐东平, 钱正仙, 全殷殷, 等. 床边超声监测胃残余量在重症患者早期肠内营养管理中的应用研究[J]. 护理与康复, 2021, 20(3): 7–11. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9875.2021.03.002.
- [40] 杨红晓, 马金兰, 陈静, 等. 应用超声动态监测胃残余量指导重症机械通气患者早期营养治疗逐步达标[J]. 中华危重病急救医学, 2024, 36(2): 172–177. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20231008-00849.
- [41] 余小琴, 王科, 何琦. 基于床旁超声对重症机械通气患者肠内营养胃残余量评估价值及临床指导[J]. 中国医学物理学杂志, 2023, 40(7): 862–867. DOI: 10.3969/j.issn.1005-202X.2023.07.011.
- [42] 张照龙, 王金忠, 王小智, 等. 改良超声检查监测胃残留量指导脓毒症患者肠内营养的应用价值研究[J]. 中国医疗设备, 2022, 37(6): 145–148. DOI: 10.3969/j.issn.1674-1633.2022.06.034.
- [43] El Khoury D, Pardo E, Cambriel A, et al. Gastric cross-sectional area to predict gastric intolerance in critically ill patients: the Sono-ICU prospective observational bicenter study[J]. Crit Care Explor, 2023, 5(3): e0882. DOI: 10.1097/CCE.0000000000000882.
- [44] Pérez-Calatayud AA, Carrillo-Esper R, Carrillo-Torres O, et al. Ultrasound meal accommodation test in critically ill patients with and without feeding intolerance UMAT-ICU[J]. Clin Nutr ESPEN, 2022, 51: 424–429. DOI: 10.1016/j.clnesp.2022.07.006.
- [45] Onuk S, Ozer NT, Ozel M, et al. Gastric ultrasound, citrulline, and intestinal fatty acid-binding protein as markers of gastrointestinal dysfunction in critically ill patients: a pilot prospective cohort study[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2023, 47(3): 429–436. DOI: 10.1002/jpen.2473.
- [46] Pratyusha K, Jindal A. Serial ultrasonographic-measurement of gastric residual volume in critically ill patients for prediction of gastric tube feed intolerance: views[J]. Indian J Crit Care Med, 2023, 27(1): 79. DOI: 10.5005/jp-journals-10071-24390.
- [47] Van de Putte P, Perlas A. Ultrasound assessment of gastric content and volume[J]. Br J Anaesth, 2014, 113(1): 12–22. DOI: 10.1093/bja/aeu151.
- [48] Pérez-Calatayud AA, Carrillo-Esper R, Anica-Malagon ED, et al. Point-of-care gastrointestinal and urinary tract sonography in daily evaluation of gastrointestinal dysfunction in critically ill patients (GUTS Protocol)[J]. Anaesthesiol Intensive Ther, 2018, 50(1): 40–48. DOI: 10.5603/AIT.a2017.0073.
- [49] Reintam Blaser A, Malbrain MLG, Starkopf J, et al. Gastrointestinal function in intensive care patients: terminology, definitions and management. Recommendations of the ESICM Working Group on Abdominal Problems[J]. Intensive Care Med, 2012, 38(3): 384–394. DOI: 10.1007/s00134-011-2459-y.
- [50] Reintam Blaser A, Padar M, Mändul M, et al. Development of the Gastrointestinal Dysfunction Score (GIDS) for critically ill patients: a prospective multicenter observational study (iSOFA study)[J]. Clin Nutr, 2021, 40(8): 4932–4940. DOI: 10.1016/j.clnu.2021.07.015.
- [51] Steinsvik EK, Hatlebakk JG, Hausken T, et al. Ultrasound imaging for assessing functions of the GI tract[J]. Physiol Meas, 2021, 42(2): 024002. DOI: 10.1088/1361-6579/abdad7.
- [52] 亚洲危重症协会中国腹腔重症协作组. 重症病人胃肠功能障碍肠内营养专家共识(2021 版)[J]. 中华消化外科杂志, 2021, 20(11): 1123–1136. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20211012-00497.
- [53] Society of Critical Care Medicine, American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.)[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2016, 40(2): 159–211. DOI: 10.1177/0148607115621863. Erratum in: JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2016, 40(8): 1200. DOI: 10.1177/0148607116670155.
- [54] 邹同娟, 尹万红, 何伟, 等. 床旁超声指导肠内营养实施的优势与局限[J/CD]. 中华重症医学电子杂志, 2022, 8(4): 313–320. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2022.04.007.

(收稿日期: 2026-03-29)

(本文编辑: 孙茜)