

# 超声结合多模态数据预测ICU老年患者胃肠功能障碍风险新进展

龚乃琪

杭州市萧山区第二人民医院, 浙江 杭州

收稿日期: 2026年4月21日; 录用日期: 2026年5月13日; 发布日期: 2026年5月26日

## 摘要

重症监护病房老年患者胃肠功能障碍发病率高、预后差, 早期精准预测是改善结局的关键。超声技术因实时、无创、可重复等优势, 在胃肠道功能评估中应用广泛。本文系统综述超声联合多模态数据在预测ICU老年患者GID风险中的研究进展, 探讨现有评分系统的应用价值、超声技术的优势与局限, 以及多维度数据融合模型的构建方向, 为临床早期干预提供理论依据。

## 关键词

超声检查, 多模态数据融合, 胃肠功能障碍, 老年患者, 重症监护病房, 风险预测

## Recent Advances in Ultrasonography Combined with Multimodal Data for Predicting Gastrointestinal Dysfunction Risk in Elderly ICU

Naiqi Gong

The Second People's Hospital of Xiaoshan District, Hangzhou Zhejiang

Received: April 21, 2026; accepted: May 13, 2026; published: May 26, 2026

## Abstract

Elderly patients in intensive care units (ICUs) exhibit high incidence and poor prognosis of gastrointestinal dysfunction, making early accurate prediction crucial for improving outcomes. Ultrasonography, due to its real-time, non-invasive, and reproducible advantages, is widely used in gastrointestinal

function assessment. This article systematically reviews research progress on ultrasonography combined with multimodal data for predicting gastrointestinal dysfunction (GID) risk in elderly ICU patients, examines the clinical value of existing scoring systems, discusses the strengths and limitations of ultrasonography, and outlines approaches for constructing multidimensional data fusion models, thereby providing a theoretical foundation for early clinical intervention.

## Keywords

Ultrasonography, Multimodal Data Fusion, Gastrointestinal Dysfunction, Elderly Patients, Intensive Care Unit, Risk Prediction

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 重症老年患者胃肠功能障碍的研究背景及国内外现状

### 1.1. 研究背景

随着人口老龄化的加剧,老年患者在入住重症监护室(ICU)后,由于其器官功能的自然衰退以及免疫系统的功能低下,极易出现胃肠功能障碍[1][2](Gastrointestinal Dysfunction, GID)。这种障碍可能表现为胃轻瘫、肠麻痹、消化道出血等多种形式[3][4]。GID 不仅会对患者的营养吸收造成负面影响,还会增加感染的风险,并且与多器官功能衰竭(Multiple Organ Dysfunction Syndrome, MODS)有着密切的联系,被认为是导致 ICU 老年患者死亡的一个独立危险因素[5]-[7]。据相关统计数据,ICU 老年患者中 GID 的发生率高达 62%,并且随着年龄的增长,这一比例呈现出上升的趋势[2]。

### 1.2. 研究现状

当前,无论是国内还是国际上,对于 ICU 老年患者胃肠功能障碍的研究主要集中在对其发病机制的探讨、诊断标准的确定以及治疗策略的制定。在发病机制方面,肠道的缺血再灌注损伤、菌群失调以及神经内分泌系统的紊乱被认为是导致胃肠功能障碍的关键因素[7][8]。在诊断方面,目前尚缺乏统一的金标准,主要依赖于临床症状(例如腹胀、呕吐、胃残余量升高)以及影像学检查[4][8]。研究表明,老年患者的 GID 与急性生理与慢性健康评分II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, APACHE II)以及序贯器官衰竭评估(Sequential Organ Failure Assessment, SOFA)评分之间存在密切的关联[9][10]。国内外学者通过超声技术来评估胃窦横截面积(Cross-Sectional Area, CSA)、肠壁厚度等指标,试图建立一个更为客观的评估体系[11]。胃肠超声方案(GUTS)关注四个胃肠道终点:胃肠直径、黏膜厚度、蠕动和血流[12][13]。使用超声监测 CSA、结肠直径(Diameter, Diam)和肠蠕动频率(Peristaltic frequency, Peri)时,可以全面客观地反映胃肠道的功能障碍和恢复情况,预测肠道营养治疗的成功率,并指导开始肠道营养治疗的时间[11]。然而,由于单一指标的预测效能有限,目前迫切需要整合多模态数据,构建一个精准的预测模型。

## 2. 老年 ICU 患者胃肠功能障碍的神经 - 免疫 - 内分泌交互机制

衰老导致的神经 - 免疫 - 内分泌网络失衡是老年 ICU 患者 GID 的核心病理基础,涉及多重恶性循环。肠神经退行与免疫炎症的协同损伤老年患者肠神经系统(ENS)中神经元数量减少 30%~50%,Cajal

间质细胞(ICC)凋亡加速, 导致胃窦收缩频率降低(正常 > 3 次/分钟)和小肠慢波传导异常[14]。同时, 衰老相关炎症表型(SASP)使 TNF- $\alpha$ 、IL-6 等促炎因子升高, 抑制胃肠动力。例如, 糖尿病性胃轻瘫患者胃窦黏膜中 M1 型巨噬细胞浸润增加, 通过释放 ROS 损伤 ICC, 而 M2 型巨噬细胞的保护作用减弱[14]。危重症时, 肠道菌群易位激活 TLR4 通路, 进一步放大神经炎症, 形成“ENS 损伤 - 免疫激活”正反馈[15]。

下丘脑 - 垂体 - 肾上腺轴(HPA 轴)的过度激活。老年 ICU 患者应激状态下皮质醇水平持续升高, 通过抑制胃动素分泌和降低平滑肌对促动力药物的敏感性, 导致胃排空延迟[16]。阿片类药物(如吗啡)使用进一步增强 HPA 轴活性, 减少胃肠血流, 与便秘风险增加 24 倍相关[16] [17]。一项针对 80 岁以上患者的研究显示, 血清皮质醇 > 20  $\mu\text{g}/\text{dL}$  与肠麻痹持续时间延长显著相关[1]。

肠道激素轴的年龄依赖性失调, 胃饥饿素(Ghrelin)随增龄分泌减少, 老年患者基础水平较中青年低 40%, 导致胃底适应性松弛功能下降, 餐后早饱感发生率增加[18]。危重症时, GLP-1 受体激动剂(如利拉鲁肽)虽可改善血糖, 但同时延缓胃排空, 在老年人群中需谨慎使用[14] [19]。

### 3. 评分系统在胃肠功能评估中的运用

#### 3.1. AGI 评分

急性胃肠损伤(Acute Gastrointestinal Injury, AGI)评分是由欧洲重症监护医学学会(European Society of Intensive Care Medicine, ESICM)提出的分级系统, 该系统将 GID 分为 I 至 IV 级, 主要侧重于喂养不耐受和腹内压(Intra-Abdominal Pressure, IAP)的监测[4] [20]。AGI 评分 I 级通常被视为一种自限性疾病, 而 AGI 评分 IV 级则代表了危及生命的严重衰竭状态[9]。研究显示, AGI 评分与 ICU 患者的死亡率之间存在正相关关系, 而将 AGI 评分与 SOFA 评分联合使用时, 可以提高对患者死亡率的预测效能[9] [10]。然而, AGI 评分在很大程度上依赖于主观评估, 缺乏客观的量化指标, 这在老年患者中的应用受到了一定的限制[20]。

#### 3.2. GIDS 评分

胃肠功能障碍评分(Gastrointestinal Dysfunction Score, GIDS)是一个近年来开发的五级评分系统, 评分范围从 0 到 4 分, 它整合了呕吐、肠鸣音消失、严重腹泻、IAP 超过 20 mmHg 等多个指标[9] [21]。当 GIDS 评分与 SOFA 评分联合使用时, 对于预测 28 天和 90 天的死亡率具有显著的优越性, 优于单一评分系统[10] [21]。一项多中心研究的结果表明, GIDS 评分每增加 1 分, 患者的死亡风险将增加 40% [21]。但是, 该评分系统尚未纳入超声参数, 对于老年患者的特异性可能不足。

#### 3.3. I-FEED 评分

I-FEED 评分主要用于术后胃肠功能的评估, 它包含了排便、腹胀、恶心呕吐等指标[22]。在 ICU 老年患者中, I-FEED 评分与肠内营养的耐受性呈负相关, 当评分超过 6 分时, 提示喂养不耐受的风险升高[22]。然而, 该评分系统并未充分考虑年龄相关的生理变化, 因此在预测老年患者胃肠功能障碍时的灵敏度较低[18] [22]。

#### 3.4. 评分系统联合 SOFA 评分等多因素评价的价值

SOFA 评分是评估器官功能衰竭的一个经典工具, 但它缺乏对胃肠道的专项评估[21]。将 AGI、GIDS 等评分与 SOFA 评分联合使用, 可以弥补单一评分的不足。多因素评估组成的新评分系统能够预警危重

症患者的死亡风险,对危重患者死亡的预测价值优于单独使用任何一种评分[23]。这种联合模式为多维度风险预测提供了新的思路。

## 4. 多模态数据融合的技术策略与模型分析

### 4.1. 数据融合的核心层级

多模态数据融合主要分为特征层融合与决策层融合两类技术路径,适用于ICU老年患者胃肠功能障碍预测的不同场景。特征层融合直接将超声影像特征(胃窦CSA、肠壁厚度、蠕动频率)、生物标志物(D-乳酸、I-FABP)、临床评分(AGI、SOFA)等原始特征进行归一化与向量拼接,保留数据细节最完整,适合小样本、高维度医学数据建模。决策层融合则先通过单一模态完成独立预测,再将各模型输出结果通过加权、投票或概率融合得到最终结论,鲁棒性更强,适合临床快速部署。

### 4.2. 常用机器学习与深度学习模型优缺点对比

传统机器学习模型:逻辑回归、随机森林、支持向量机(SVM)是当前GID预测的主流模型。逻辑回归可解释性强、运算快,但难以捕捉非线性关联;随机森林能处理高维特征、抗过拟合,适合融合临床与超声指标,但特征重要性易受数据不平衡影响;SVM对小样本数据拟合效果好,在超声参数预测中精度较高,但对超参数敏感、训练速度慢。

深度学习模型:CNN、RNN、多模态Transformer开始用于胃肠超声数据融合。CNN可自动提取超声图像纹理、形态特征,减少人工标注依赖,但需要大量标注数据集;RNN适合时序数据(如连续超声监测、动态生命体征),能捕捉病情演变规律,却存在梯度消失问题;多模态Transformer可同步处理影像、数值、文本多类型数据,融合能力最优,但模型复杂、可解释性差、临床落地难度高。

### 4.3. 技术路线图与研究建议

未来研究可遵循“标准化数据采集→特征层融合建模→外部前瞻性验证→临床轻量化部署”路径:优先统一超声参数测量规范与数据格式;采用随机森林或轻量CNN完成特征融合;在多中心队列验证模型效能;最终开发床旁便携式设备配套的轻量化算法,为临床提供可直接复用的技术方案。

## 5. 超声结合多模态数据预测的方法与必要性

### 5.1. 具体融合方法

(1) 超声与临床评分相结合:通过超声测量胃窦横截面积(CSA)并联合急性胃损伤评分(AGI评分),可以用于预测胃肠功能障碍(GID)。

(2) 超声与生物标志物的结合使用:当胃窦CSA大于 $10\text{ cm}^2$ 并且肠型脂肪酸结合蛋白(I-FABP)的水平超过 $800\text{ ng/mL}$ 时,这表明肠黏膜损伤严重,需要紧急的医疗干预[2]。

(3) 超声与AI算法的结合:通过AI算法整合超声图像特征(如肠壁厚度、蠕动频率)与临床数据(如年龄、APACHE II评分),构建出预测模型,预警ICU老年患者胃肠功能障碍(GID)。

### 5.2. 融合预测的必要性

提高预测准确性;实现个体化评估:老年患者由于生理状态差异较大,多模态数据融合可以综合考虑年龄、合并症、用药史等因素,从而制定出个性化的干预方案;早期预警与干预:通过多模态模型可以提前识别出高风险患者,及时调整肠内营养(EN)策略、启动促动力治疗,从而降低多器官功能障碍综合征(MODS)的发生率。

## 6. 当前预测模型的挑战与局限

### 6.1. 数据采集与质控挑战

超声结果受操作者经验影响显著，老年患者腹壁松弛、肠管位置改变、肠腔积气干扰等问题，导致数据一致性差；同时现有数据多为单中心、小样本，缺乏统一采集标准，不同医院设备与流程差异大，数据可比性低。

### 6.2. 诊断标准与模型设计局限

当前 GID 诊断缺乏统一金标准，老年患者症状不典型导致漏诊率高；现有预测模型多基于普通 ICU 人群，未充分考虑老年人生理衰退特点，如肠道平滑肌的萎缩和神经调节功能的减退，特异性参数缺失[1]；而超声检查虽然便捷，但其结果很大程度上依赖于操作者的经验，这同样影响了诊断的准确性[4][13]。多模态数据整合不足，单一模态难以反映病情复杂性，模型泛化能力弱。

### 6.3. 技术本身与临床转化障碍

深度学习模型可解释性差，临床医生接受度低；三维超声、弹性成像等新技术尚未标准化，AI 辅助诊断依赖高质量标注数据；模型多为回顾性构建，前瞻性验证不足，难以落地床旁实时预警。

## 7. 超声在胃肠道功能障碍预测中的应用进展

### 7.1. 超声检查的优势

超声检查作为一种具有实时性、无创性、可重复性及床旁操作性强等优势的工具，可作为 ICU 老年患者 GID 评估的理想选择[21]。其主要优势包括可实时动态评估、量化指标客观及多部位覆盖：超声检查可以实时观察胃肠蠕动和内容物分布，例如胃窦收缩频率、肠道蠕动频率、胃窦运动指数和胃排空时间等指标，为临床提供即时的动态信息[11]；通过测量胃窦横截面积(CSA)、肠壁厚度、结肠直径等指标，超声检查提供了一种客观的量化评估依据[12]。床旁超声联合 AGI 评分可客观评估危重患者胃肠功能，通过监测 CSA、Diam、Peri 优化肠内启动时机，减少喂养不耐受及并发症[11]；超声检查能够评估胃、小肠、结肠等多个部位的功能，还能评估胃肠道血流，检测血管灌注情况，判断是否存在缺血[24]。

### 7.2. 超声在胃肠道症状评估中的应用

#### 7.2.1. 胃轻瘫

通过超声测量胃窦 CSA 联合胃排空时间(GET)，可以准确评估胃动力。Henry P. Parkman 等人[25]一项多中心观察性研究中使用超声联合胃排空闪烁显像和单光子发射计算机断层扫描(SPECT)评估胃的适应性，通过液体营养饮料测试和水负荷饱腹感测试评估胃的容量，揭示了具有胃轻瘫症状的患者餐后出现的症状并非直接由胃滞留引起，而是由于其他机制，如胃适应能力受损和/或内脏高敏感性。

#### 7.2.2. 肠麻痹

肠麻痹是一种严重的胃肠道功能障碍，通常发生在重症监护室(ICU)的老年患者中，根据最新的研究进展，超声检查在肠麻痹的诊断和预测中具有显著的优势。典型超声表现超声检查中小肠直径  $> 25 \text{ mm}$ 、结肠直径  $> 50 \text{ mm}$  且蠕动消失，肠腔内可见大量气体，肠管扩张，肠壁增厚是肠麻痹的典型超声表现[26]。此外，超声还可以通过评估肠系膜血流阻力指数(RI)来预测肠缺血风险，RI 大于 0.7 提示微循环障碍[27]。

#### 7.2.3. 消化道出血

上消化道出血的常见原因包括胃溃疡、十二指肠溃疡、食管静脉曲张破裂等。超声技术，特别是超

声内镜(EUS),在上消化道出血的诊断中具有重要价值。EUS结合了内镜和超声技术,能够直接观察消化道黏膜病变,并通过超声成像确定病变的深度和周围组织的侵犯情况。对于上消化道出血,EUS可以帮助确定出血部位和病因,如黏膜下病变、血管异常等;彩色多普勒超声(CDUS)通过检测血流信号,可以识别血管异常和血流动力学变化,有助于诊断血管畸形、血管扩张症等导致的上消化道出血[28]。尽管超声难以直接显示出血部位,但可以通过腹腔游离液、胃内积血等间接征象辅助诊断[29]。

### 7.3. 超声技术的发展现状

(1) 三维超声与弹性成像:三维超声技术可以更精准地测量胃容积,而弹性成像技术通过评估肠壁的硬度来判断炎症程度,这两项技术的发展为胃肠功能障碍的评估提供了新的视角和工具[30]。

(2) 人工智能(AI)辅助诊断:AI技术在医学超声诊断中展现出其高效、准确的学习性能,AI算法可以自动分析超声图像,协助识别胃肠壁水肿、积气等异常征象,减少人为误差[31]。

### 7.4. 超声引导下老年ICU患者肠内营养精准管理策略

床旁超声技术通过量化胃肠结构与功能,为老年患者肠内营养方案提供实时动态依据,降低喂养不耐受风险。

(1) 胃动力评估的超声参数标准化:胃窦横截面积(CSA)是预测胃潴留的核心指标,胃残余量(GRV) $> 300$  ml时误吸风险增加3倍[32]。超声胃排空试验显示,老年患者胃残余量 $> 1.5$  ml/kg预示高误吸风险,建议联合幽门后喂养[33]。

(2) 小肠与结肠功能的超声拓展应用:小肠壁厚度 $> 3$  mm提示肠黏膜水肿,与血清D-乳酸水平呈正相关,需警惕肠屏障损伤[4][15]。结肠直径测量可辅助鉴别机械性肠梗阻与假性肠梗阻,避免不必要的放射检查[34]。超声评估结肠传输时间可辅助诊断慢性便秘,并指导便秘的治疗[35]。

(3) 超声指导下的喂养策略优化:对于胃残余量(GRV) $> 250$  mL的患者,采用“超声-AGI评分”联合评估可细化干预:AGI II级且 $CSA > 250$  mL<sup>2</sup>时,建议幽门后喂养联合红霉素(250 mg TID),48小时内胃排空改善率达65%[19]。此外,超声引导下鼻空肠管放置成功率达92%,显著高于盲插法(68%),尤其适用于合并脊柱畸形的老年患者[13]。

## 8. 其他因素在预测胃肠道功能障碍中的应用进展

### 8.1. 生物标志物

(1) D-乳酸与肠型脂肪酸结合蛋白(I-FABP):这两种生物标志物是肠道屏障损伤的特异性标志物,血清中D-乳酸水平大于2.0 mmol/L、I-FABP水平大于500 ng/mL,提示肠黏膜可能遭受了严重损伤[2],在老年患者中,这两种生物标志物的水平与急性胃肠损伤(AGI)的分级呈正相关[2]。

(2) 瓜氨酸与前白蛋白:瓜氨酸水平可以反映小肠的吸收功能,而前白蛋白水平体现患者的营养状态。在ICU老年患者中,如果瓜氨酸水平低于20  $\mu$ mol/L且前白蛋白水平低于20 g/L,这可能提示肠功能衰竭的风险升高[15]。

### 8.2. 临床指标

(1) 年龄与合并症:年龄大于70岁、合并糖尿病或心血管疾病是胃肠功能障碍(GID)的独立危险因素。糖尿病患者由于自主神经病变,胃排空延迟的发生率较非糖尿病患者高出50%[14]。

(2) APACHE II与SOFA评分:这两种评分系统越高,表明GID的发生率及严重程度越高。APACHE II评分大于20分的老年患者,GID的发生率可达到75%[5]。

### 8.3. 治疗干预因素

(1) 肠内营养与药物: 肠内营养(EN)剂量不足(小于 20 kcal/kg/d)、使用阿片类药物是胃肠功能障碍(GID)的诱因[7]。促动力药物(如甲氧氯普胺)可以改善胃排空,但在老年患者中需警惕心律失常的副作用[7]。

(2) 机械通气与镇静: 机械通气会导致腹内压升高,而镇静药物会抑制胃肠蠕动。当这两种因素联合使用时,会使得胃肠功能障碍的风险增加 2 到 3 倍[36]。

## 9. 超声联合多模态数据预测胃肠功能障碍的方法及护理策略

### 9.1. 具体方法

超声与临床评分相结合: 护士作为床旁数据采集核心主体,需实时采集超声参数(胃窦 CSA、肠管直径)、临床症状(腹胀程度、排便频率)及生物标志物数据,为多模态模型提供基础数据[37]。通过超声测量胃窦横截面积(CSA)并联合急性胃损伤评分(AGI 评分),可以用于预测胃肠功能障碍(GID)。

### 9.2. 护理策略

(1) 肠内营养管理: 根据超声评估结果调整肠内营养(EN)的速度和剂量,例如在胃潴留药物治疗无效的情况下给予幽门后喂养[33]。

(2) 体位与活动指导: 协助患者取半卧位(床头抬高 30°~45°),以促进胃排空;鼓励早期床旁活动,以改善肠动力。

(3) 药物副作用观察: 在使用促动力药物时,密切监测心率、血压变化,并及时报告医生以调整用药。

(4) 患者教育与沟通: 向患者及家属解释胃肠功能障碍(GID)的风险因素和预防措施,例如避免过度镇静、早期肠内营养的重要性,以提高治疗的依从性[38]。

## 10. 现有研究的不足与展望

### 10.1. 研究不足

样本量与异质性: 目前多数研究的样本量较小,且纳入标准不一致,特别是缺乏针对 65 岁以上老年患者的亚组分析;前瞻性验证不足: 现有的模型大多基于回顾性数据构建,前瞻性验证研究较少,其临床适用性需要进一步验证。多中心协作缺乏: 不同医院的超声设备、操作流程差异较大,导致数据可比性差,迫切需要开展多中心、大样本研究。

### 10.2. 研究方向与展望

(1) 构建超声主导的多维度预测模型: 整合超声影像、生物标志物(如 D-乳酸、I-FABP)、临床评分(如 AGI、SOFA)及人口学特征(如性别、BMI),利用机器学习算法构建老年特异性胃肠功能障碍(GID)风险预测模型。

(2) 结合便携式超声设备与智能软件,实现数据实时上传、模型自动运算、风险分级预警,提升临床响应速度。

(3) 探索超声引导下精准干预

通过超声评估肠内营养管位置、胃肠动力状态,指导幽门后喂养、胃肠减压等操作,实现“评估-干预-再评估”的闭环管理。

## 11. 超声结合多模态数据研究的意义

(1) 理论意义: 本研究将丰富 ICU 老年患者胃肠功能障碍(GID)预测的理论体系,为建立基于多模态

数据融合的评估标准提供科学依据, 填补老年特异性预测模型的空白。

(2) 临床意义: 通过精准预测胃肠功能障碍(GID)风险, 可以实现早期干预, 优化肠内营养策略, 减少住院时间, 降低医疗费用, 改善 ICU 老年患者的预后。

(3) 社会意义: 随着人口老龄化加剧, ICU 老年患者数量逐年增加。本研究成果可提升老年危重症救治水平, 减轻家庭和社会负担, 具有显著的社会效益。

## 12. 小结

老年 ICU 患者 GID 的防治需聚焦神经 - 免疫 - 内分泌网络的衰老性重构, 结合超声等可视化工具实现“精准评估 - 动态调整”。超声技术在 ICU 老年患者胃肠功能障碍预测中具有独特优势, 但单一模态评估存在局限性。通过整合超声影像、生物标志物、临床评分等多模态数据, 构建老年特异性预测模型, 是未来研究的重要方向。护士在床旁数据采集、早期干预与患者沟通中发挥关键作用, 需将护理角色深度融入数据采集、模型应用与反馈全流程, 加强多学科协作, 推动超声联合多模态数据融合技术的临床转化, 为 ICU 老年患者胃肠功能障碍(GID)的精准防控提供新路径。

## 参考文献

- [1] Dumic, I., Nordin, T., Jecmenica, M., Stojkovic Lalosevic, M., Milosavljevic, T. and Milovanovic, T. (2019) Gastrointestinal Tract Disorders in Older Age. *Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology*, **2019**, Article ID: 6757524. <https://doi.org/10.1155/2019/6757524>
- [2] 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.
- [3] Reintam Blaser, A., Malbrain, M.L.N.G., Starkopf, J., Fruhwald, S., Jakob, S.M., De Waele, J., *et al.* (2012) Gastrointestinal Function in Intensive Care Patients: Terminology, Definitions and Management. Recommendations of the ESICM Working Group on Abdominal Problems. *Intensive Care Medicine*, **38**, 384-394. <https://doi.org/10.1007/s00134-011-2459-y>
- [4] 李妙芬. 危重症患者胃肠功能评估的研究进展[J]. 智慧健康, 2020, 6(10): 72-74.
- [5] 张茹, 鄢媛, 宏欣, 等. 急性呼吸衰竭患者发生胃肠功能障碍的危险因素及预测模型的构建分析[J]. 疑难病杂志, 2023, 22(7): 725-729, 734.
- [6] 石丽, 夏茂玲, 严茜, 等. 老年结直肠癌术后胃肠功能障碍的影响因素及预测模型[J]. 局解手术学杂志, 2023, 32(10): 906-910.
- [7] 亚洲急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.
- [8] 米元元, 黄海燕, 尚游, 等. 中国危重症患者肠内营养支持常见并发症预防管理专家共识 (2021 版) [J]. 中华危重病急救医学, 2021, 33(8): 897-912.
- [9] Kouw, I.W.K., Melchers, M., Mändul, M., Arabi, Y.M., Casaer, M.P., Cotoia, A., *et al.* (2024) Prospective Multicenter Study to Validate the Gastrointestinal Dysfunction Score (GIDS) in Intensive Care Patients: Study Protocol for Part a of the International GUTPHOS Study. *Clinical Nutrition ESPEN*, **63**, 702-708. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2024.07.023>
- [10] Liu, X., Wang, Q., Yang, D., Fu, M., Yang, M., Bi, Y., *et al.* (2023) Association between Gastrointestinal Dysfunction Score (GIDS) and Disease Severity and Prognosis in Critically Ill Patients: A Prospective, Observational Study. *Clinical Nutrition*, **42**, 700-705. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.03.004>
- [11] Lai, J., Chen, S., Chen, L., Huang, D., Lin, J. and Zheng, Q. (2022) Bedside Gastrointestinal Ultrasound Combined with Acute Gastrointestinal Injury Score to Guide Enteral Nutrition Therapy in Critically Patients. *BMC Anesthesiology*, **22**, Article No. 231. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01772-9>
- [12] Perez-Calatayud, A.A., Carrillo-Esper, R., Anica-Malagon, E.D., Briones-Garduño, J.C., Arch-Tirado, E., Wise, R., *et al.* (2018) Point-of-Care Gastrointestinal and Urinary Tract Sonography in Daily Evaluation of Gastrointestinal Dysfunction in Critically Ill Patients (GUTS Protocol). *Anestezjologia Intensywna Terapija*, **50**, 40-48. <https://doi.org/10.5603/ait.a2017.0073>
- [13] Brotfain, E., Erblat, A., Luft, P., Elir, A., Gruenbaum, B.F., Livshiz-Riven, I., *et al.* (2022) Nurse-Performed Ultrasound

- Assessment of Gastric Residual Volume and Enteral Nasogastric Tube Placement in the General Intensive Care Unit. *Intensive and Critical Care Nursing*, **69**, Article ID: 103183. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2021.103183>
- [14] Bharucha, A.E., Kudva, Y.C. and Prichard, D.O. (2019) Diabetic Gastroparesis. *Endocrine Reviews*, **40**, 1318-1352. <https://doi.org/10.1210/er.2018-00161>
- [15] Teng, J., Xiang, L., Long, H., Gao, C., Lei, L. and Zhang, Y. (2021) The Serum Citrulline and D-Lactate Are Associated with Gastrointestinal Dysfunction and Failure in Critically Ill Patients. *International Journal of General Medicine*, **14**, 4125-4134. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s305209>
- [16] Yan, Y., Chen, Y. and Zhang, X. (2021) The Effect of Opioids on Gastrointestinal Function in the ICU. *Critical Care*, **25**, Article No. 370. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03793-1>
- [17] Danielis, M., Mattiussi, E., Piani, T., Iacobucci, A., Tullio, A., Molfino, A., *et al.* (2023) Diarrhoea and Constipation during Artificial Nutrition in Intensive Care Unit: A Prospective Observational Study. *Clinical Nutrition ESPEN*, **57**, 375-380. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.07.007>
- [18] Huang, H., Wang, T., Yao, S., Lin, P., Chang, J.C., Peng, L., *et al.* (2022) Gastric Mobility and Gastrointestinal Hormones in Older Patients with Sarcopenia. *Nutrients*, **14**, Article No. 1897. <https://doi.org/10.3390/nu14091897>
- [19] Preiser, J., Arabi, Y.M., Berger, M.M., Casaer, M., McClave, S., Montejo-González, J.C., *et al.* (2021) A Guide to Enteral Nutrition in Intensive Care Units: 10 Expert Tips for the Daily Practice. *Critical Care*, **25**, Article No. 424. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03847-4>
- [20] McClave, S.A., Gualdoni, J., Nagengast, A., Marsano, L.S., Bandy, K. and Martindale, R.G. (2020) Gastrointestinal Dysfunction and Feeding Intolerance in Critical Illness: Do We Need an Objective Scoring System? *Current Gastroenterology Reports*, **22**, Article No. 1. <https://doi.org/10.1007/s11894-019-0736-z>
- [21] Reintam Blaser, A., Padar, M., Mändul, M., Elke, G., Engel, C., Fischer, K., *et al.* (2021) Development of the Gastrointestinal Dysfunction Score (GIDS) for Critically Ill Patients—A Prospective Multicenter Observational Study (iSOFA Study). *Clinical Nutrition*, **40**, 4932-4940. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.07.015>
- [22] Alsharqawi, N., Alhashemi, M., Kaneva, P., Baldini, G., Fiore, J.F., Feldman, L.S., *et al.* (2019) Validity of the I-FEED Score for Postoperative Gastrointestinal Function in Patients Undergoing Colorectal Surgery. *Surgical Endoscopy*, **34**, 2219-2226. <https://doi.org/10.1007/s00464-019-07011-6>
- [23] 潘朝勇, 曾汇霞, 吴家圣, 等. 急性胃肠损伤分级联合多因素评估对危重患者死亡的预测价值[J]. 中国当代医药, 2020, 27(26): 8-11, 253.
- [24] Hill, T.L. (2019) Gastrointestinal Tract Dysfunction with Critical Illness: Clinical Assessment and Management. *Topics in Companion Animal Medicine*, **35**, 47-52. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2019.04.002>
- [25] Parkman, H.P., Van Natta, M.L., Maurer, A.H., Koch, K.L., Grover, M., Malik, Z., *et al.* (2022) Postprandial Symptoms in Patients with Symptoms of Gastroparesis: Roles of Gastric Emptying and Accommodation. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, **323**, G44-G59. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00278.2021>
- [26] Padar, M., Starkopf, J., Uusvel, G. and Reintam Blaser, A. (2019) Gastrointestinal Failure Affects Outcome of Intensive Care. *Journal of Critical Care*, **52**, 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2019.04.001>
- [27] Reintam Blaser, A., Bachmann, K.F. and Deane, A.M. (2023) Gastrointestinal Function in Critically Ill Patients. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, **26**, 463-469. <https://doi.org/10.1097/mco.0000000000000955>
- [28] 杨佳, 庄则豪. 内镜超声检查在消化道出血诊治中的应用研究[J]. 微创医学, 2019, 14(4): 479-482.
- [29] 周新艺, 邓海波, 孙建华, 等. 护士在重症患者胃肠功能障碍精准化管理中的作用[J]. 中华急危重症护理杂志, 2024, 5(10): 957-996
- [30] 吴苑华, 李乾, 吴晓丹, 等. 胃肠道超声在炎症性肠病中的应用现状与进展[J]. 影像技术, 2024, 36(6): 76-80.
- [31] 唐蕾, 王滢, 杨旭, 等. 人工智能在超声辅助诊断中的应用[J]. 实用医院临床杂志, 2025, 22(2): 180-184.
- [32] 赵浩天, 龙玲, 任珊, 等. 超声监测胃残余量对肠内营养实施的指导和评估新进展[J]. 肠外与肠内营养, 2020, 27(1): 56-60.
- [33] Vijayvargiya, P., Jameie-Oskooci, S., Camilleri, M., Chedid, V., Erwin, P.J. and Murad, M.H. (2018) Association between Delayed Gastric Emptying and Upper Gastrointestinal Symptoms: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Gut*, **68**, 804-813. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2018-316405>
- [34] 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.
- [35] 中国医师协会肛肠医师分会(2024). 慢性便秘检查与评估中国专家共识(2024 版) [J]. 中华胃肠外科杂志, 2024, 27(12): 1191-1201.
- [36] 熊盟, 靳鑫, 杨艳, 等. 羟考酮对机械通气的中重度急性呼吸窘迫综合征患者胃肠道功能的影响[J]. 中国临床药

---

理学与治疗学, 2024, 29(11): 1300-1305.

- [37] 孙建华, 张青, 李欣, 等. 重症超声临床操作技术的护理规范[J]. 中华现代护理杂志, 2023, 29(16): 2101-2112.
- [38] Pérez-Calatayud, A.A., Carrillo-Esper, R., Carrillo-Torres, O., Fareli-Gonzalez, C., Peña-Pérez, C., Meza-Marquez, J.M., *et al.* (2022) Ultrasound Meal Accommodation Test in Critically Ill Patients with and without Feeding Intolerance UMAT-ICU. *Clinical Nutrition ESPEN*, **51**, 424-429. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.07.006>