doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2026.10.005

❖临床医学研究❖

胃充盈超声评估不同病因甲减患者胃动力障碍及与甲状腺激素的关联

黄馨悦[1,2],岳文胜[1,2],万霞[1,2],杨杰[1,2],何秀利[1,2,3],邹媛[1,2,3]
(1.川北医学院附属医院超声科;2.超声医学工程南充市重点实验室;3.医学影像四川省重点实验室,四川 南充 637000)

【摘要】目的:探讨甲状腺功能减退症(甲减)患者胃动力障碍的特征性表现及其与甲状腺激素水平的量化关联。**方法**:纳入 83 例甲减患者为研究对象,根据甲减病因分为 3 个亚组:A 组(桥本甲状腺炎组,$n=40$)、B 组(碘^{131} 治疗组,$n=20$)及 C 组(甲状腺全切除术后组,$n=23$);另选取同期 58 名健康体检的志愿者作为健康对照组。采用胃充盈超声检查(GFU)获取胃动力功能参数,包括胃容受性舒张功能、胃收缩频率、胃收缩波峰强度、胃收缩波速度、胃动力指数(GMI)、胃窦收缩幅度(ACA)及多时间点胃排空率(GER)等参数。同步收集两组受试者的胃肠道症状评分量表(GSRS)评分及甲状腺功能实验室指标(血清促甲状腺激素 hs-TSH、游离三碘甲状腺原氨酸 FT3、游离甲状腺素 FT4)。通过 Spearman 相关分析探讨 TSH 水平、GSRS 评分与胃动力功能参数的关联性。**结果**:与健康对照组相比,甲减组在胃收缩频率、收缩波峰强度、收缩波速度、GMI、多时间点 GER 及 ACA 等指标上均降低($P<0.05$)。亚组比较显示,碘^{131} 治疗组和甲状腺全切除术后组在部分参数(近端 10 min GER、10 min ACA)上下降更为明显($P<0.05$)。Spearman 分析显示,TSH 水平与 GMI、胃收缩频率、近端 30 min GER、30 min ACA 呈负相关($P<0.05$),GSRS 评分亦与 GMI、30 min ACA 呈负相关关系($P<0.05$)。**结论**:甲减患者存在多维度胃动力障碍,与甲状腺激素水平降低、胃肠道症状相关。不同病因甲减致胃动力异常异质,胃充盈超声无创多参数评估为其精准诊断提供新工具,可为临床个体化干预改善生活质量、机制及管理提供循证依据。

【关键词】甲状腺功能减退症;胃动力障碍;胃充盈超声;多参数评估;关联分析
【中图分类号】R581.2 **【文献标志码】**A

Gastric filling ultrasonography for the assessment of gastric motility disorders in hypothyroidism of different etiologies and their association with thyroid hormone levels

HUANG Xin-yue[1,2], YUE Wen-sheng[1,2], WAN Xia[1,2], YANG Jie[1,2], HE Xiu-li[1,2,3], ZOU Yuan[1,2,3]
(1. *Department of Ultrasound, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College*; 2. *Key Laboratory of Ultrasound Medical Engineering*; 3. *Key Laboratory of Medical Imaging, Sichuan Province, Nanchong* 637000, *Sichuan, China*)

【Abstract】Objective: To investigate the characteristic features of gastric motility dysfunction in patients with hypothyroidism (HT) and to quantitatively explore their association with thyroid hormone levels. **Methods**: A total of 83 patients with hypothyroidism (subgrouped by etiology into Hashimoto's thyroiditis, post-^{131}I therapy, and post-thyroidectomy) and 58 healthy controls were enrolled. Gastric filling ultrasonography (GFU) was performed to obtain gastric motility parameters, including gastric accommodation, contraction frequency, peak amplitude of contraction waves, contraction wave velocity, gastric motility index (GMI), antral contraction amplitude (ACA), and gastric emptying rates at multiple time points (GER). Gastrointestinal symptom scores (GSRS) and thyroid function laboratory indicators [serum thyroid-stimulating hormone (TSH), free triiodothyronine (FT3), and free thyroxine (FT4)] were simultaneously collected. Spearman correlation analysis was used to assess the associations between TSH levels, GSRS scores, and gastric motility parameters. **Results**: Compared with healthy controls, the hypothyroid group exhibited educed contraction frequency, peak amplitude of contraction waves, contraction wave velocity, GMI, gastric emptying rates at multiple time points, and ACA ($P<0.05$). Subgroup analysis showed that the post-^{131}I therapy and post-thyroidectomy groups had reductions in certain parameters (proximal GER at 10 min and ACA at 10 min, $P<0.05$). Spearman correlation analysis revealed negative correlations between TSH levels and GMI, contraction frequency, proximal GER at 30 min, and ACA at 30 min ($P<0.05$). GSRS scores were also negatively correlated

基金项目:四川省自然科学基金(2026NSFSC0578)
作者简介:黄馨悦(1999—),女,硕士研究生,住院医师。E-mail:Dinasty27@126.com
通讯作者:岳文胜,教授。E-mail:yuepublic@163.com

with GMI and ACA at 30 min ($P<0.05$). **Conclusion**: Patients with hypothyroidism exhibit multidimensional gastric motility dysfunction, which is associated with decreased thyroid hormone levels and gastrointestinal symptoms. Gastric motility abnormalities vary according to the etiology of hypothyroidism. Multiparametric, non-invasive GFU provides a novel tool for precise assessment, providing evidence for individualized clinical interventions, improving quality of life, and facilitating mechanistic understanding and management.

【Key words】 Hypothyroidism; Gastric motility dysfunction; Gastric filling ultrasonography; Multiparametric assessment; Association analysis

甲状腺功能减退症（甲减）为常见内分泌疾病[1]，发病率高，除代谢减缓外，常伴发胃排空延迟、腹胀、便秘等胃肠道症状[2-3]，但其胃动力障碍的特征及机制尚未完全阐明，可能与甲状腺激素调控胃肠激素、自主神经及平滑肌功能相关[4]。传统胃动力检测方法多依赖侵入性或放射核素检查等手段，临床应用受限。近年来，胃充盈超声（gastric filling ultrasonography，GFU）作为一种实时无创、可重复的动态成像技术，能够多参数评估胃容受性、收缩频率、排空率等功能指标，为胃动力研究提供了新工具。然而，不同病因所致的甲减在发病机制及临床表现上存在差异，其胃动力障碍是否具有特异性尚缺乏系统研究。本研究旨在基于多参数 GFU 技术，比较桥本甲状腺炎、碘^{131} 治疗及甲状腺全切除术后甲减患者的胃动力功能特征，并定量分析其与血清甲状腺激素水平的关联性，以期为甲减相关胃肠功能障碍的早期识别、病因分型及个体化干预提供科学依据。

1　资料与方法

1.1　一般资料

本研究纳入 2024 年 1 月至 2025 年 12 月川北医学院附属医院完成临床检查及胃充盈超声检查的 83 例甲减患者为研究对象。其中男性 34 例，女性 49 例；年龄 [47(40,55)]岁。根据甲减病因进一步分为 3 个亚组：A 组（桥本甲状腺炎组，$n=40$）、B 组（碘^{131} 治疗组，$n=20$）及 C 组（甲状腺全切除术后组，$n=23$）；另选取 58 名同期健康体检的志愿者作为健康对照组，其中男性 22 例，女性 36 例；年龄[45(34,52)]岁。纳入标准：(1)年龄 18～65 岁；(2)实验组（甲减组）为临床诊断为甲状腺功能减退症（甲减）的患者，其诊断严格依据《中国成人甲状腺功能减退症诊治指南》（中华医学会内分泌学分会，2017 年）标准[5]及国际指南规范[6]，受试者甲状腺功能及相关检查完整，表现为血清促甲状腺激素（TSH）水平升高且游离甲状腺素（FT4）水平降低；纳入患者均接受规范甲状腺激素替代治疗，近 4 周内未调整药物剂量，甲状腺功能稳定；(3)健康对照组为同期健康体检人群（经甲状腺功能及临床评估确认无甲状腺及其他内分泌代谢异常疾病）；(4)两组受试者近 4 周内未服用任何可能影响消化道功能的药物；(5)受试者能够配合完成胃充盈超声（GFU）检查。排除标准：(1)合并严重心肺、肝肾等器官功能障碍；(2)消化系统结构性疾病；(3)妊娠期或哺乳期；(4)有腹部手术史（胃切除术、胆囊切除术等可能影响胃功能或超声显像的手术）；(5)因精神疾病、认知障碍或其他原因无法配合完成胃超声检查或研究随访者。两组受试者的性别、年龄等一般临床资料均衡可比（$P>0.05$）。本研究经川北医学院附属医院伦理委员会审批（2024ER88－1），所有受试者均签署知情同意书。本研究为诊断试验，利用胃充盈超声评价甲状腺功能减退症患者的胃动力功能变化。依据预试验（$\alpha=0.05$，Power＝0.8）估算，病例组需纳入 80 例，最终入组确诊患者 83 例；对照组按 2∶1 设立，初始估算需 40 例，考虑到潜在的失访与数据清洗，扩大样本量至 58 例，最终共纳入 141 例受试者完成研究。

1.2　实验方法

1.2.1　*一般资料收集*　通过标准化问卷结合规范体格检查记录，收集并记录两组受试者的基础信息，包括性别、年龄、身高、体质量、腰围、血压等人口学及体格检查指标。同时收集甲减患者左甲状腺素钠替代治疗相关情况，包括既往服药史及治疗状态。

1.2.2　*实验室指标检测*　所有受试者均于清晨空腹状态下采集肘静脉血 5 mL，离心分离血清后，采用化学发光免疫分析法检测甲状腺功能三项，包括超敏促甲状腺激素（high-sensitivity thyroid-stimulating hormone，hs-TSH）、游离三碘甲状腺原氨酸（free triiodothyronine，FT3）、游离甲状腺素（free thyroxine，FT4）。

1.2.3　*胃肠道症状评估*　采用胃肠道症状评分量表（gastrointestinal symptom rating scale，GSRS）[7]评估受试者过去 1 周内的胃肠道症状严重程度。该量表包含腹痛、腹胀、恶心、反酸、排便习惯 5 个维度，共 15 个条目；每个条目采用 7 级 Likert 评分法（1 分＝无不适，7 分＝无法忍受的不适），总分范围 15～105 分，评分越高提示胃肠道症状越显著。量表由受试者根据自身实际感受独立填写，研

究者在填写前统一标准话术讲解填写方法及注意事项，确保数据准确性。

1.2.4 生活方式信息采集 通过自制生活方式问卷收集受试者生活习惯相关信息。问卷内容参考既往流行病学调查及临床常用生活方式评估项目设计，主要包括饮食习惯(每日餐次、膳食结构、辛辣刺激食物摄入频率)、吸烟史(吸烟年限、每日吸烟量)、饮酒史(饮酒频率、每次饮酒量)、运动情况(每周中等强度运动时长)及作息情况(入睡/起床时间、睡眠质量自评)等。正式研究开展前，对部分受试者进行预调查，并根据反馈结果对问卷表述进行了优化和统一。

所有数据均由两名经统一培训的研究人员独立录入数据库，采用双录入核对法确保数据完整性及准确性。

1.2.5 仪器和方法 本研究使用 Vinno Ultimus 9E 彩色多普勒超声诊断仪(飞依诺医疗科技有限公司，中国)，配备腹部凸阵探头，频率为 3.5～5.0 MHz。胃充盈造影剂选用湖州东亚医药用品有限公司生产的胃肠超声造影剂(主要成分为山药、黄豆、大米、薏仁等)，按说明调配为 500 mL 混悬液备用。受试者检查前禁食、禁水 8 h，并且在检查前停止使用影响胃动力药物。检查时先行常规二维超声评估空腹状态下的甲状腺及胃肠情况，待造影剂冷却至室温后，嘱受试者站立位 2～4 min 内一次性饮下，饮用完毕后依次取 45 °半坐卧位、仰卧位、完全右侧卧位，对贲门胃底、胃体、胃角、胃窦及幽门部进行连续扫查，同步获取屏气后的静态图像及动态图像以评估胃动力相关参数[8-9]。

1.2.6 胃动力功能参数指标测量方法 受试者饮用造影剂后，受检者依次采取 45 °半坐卧位、仰卧位及完全右侧卧位，探头置于上腹部，于显示胃角及胃窦的胃大小弯斜冠状切面观察胃蠕动情况，并于饮尽造影剂后 5 min 内完成图像采集及以下指标测量[10-11]：(1)胃收缩频率 N(次/min)：记录连续 2 min 内胃收缩波通过胃角切面的次数后，除以 2，计算每分钟收缩次数；(2)胃收缩波峰强度 d(cm)：显示胃角的胃冠状斜切面，于胃角下方 2.0 cm 处测量收缩波峰部最低点对应内径 D_1(波峰最低点对应内径)、波峰前相邻基线内径 D_2(波峰起始处前一稳定舒张期内径)及波峰后相邻基线内径 D_3(波峰结束处后一稳定舒张期内径)，通过公式 $d=(D_2+D_3)/2-D_1$ 计算胃收缩波峰强度 d(见图 1)；(3)胃收缩波速度(gastric contraction velocity，GCV，cm/s)：记录收缩波出现后向幽门前进距离 X(cm)与移动时间 t(s)，计算公式为 $GCV=X/t$；(4)胃动力指数(gastric motility index，GMI，s^{-1})：由收缩波速度与收缩波峰强度比值计算得出 GMI＝GCV/d；(5)胃排空率(gastric emptying rate，GER，%)：45 °半坐卧位于饮用造影剂后 0、10、20、30 min 分别进行胃排空超声评估，并同步保存静态及动态图像资料，分别测量近/远端胃面积(S_{max}、S_t)(图 2)。近端胃测量：将探头置于剑突下纵切扫查贲门区，获得贲门长轴切面后，于贲门远端约 3 cm 处旋转探头，使声束垂直于胃腔方向，向左侧平移直至清晰显示胃底-胃体区域。以肝左叶为前方参照结构、胰尾为后界定位近端胃，于呼气末测量舒张期近端胃横截面积；远端胃测量：将探头移至上腹部脐周区域，获得胃角横切面，显示胃体与胃窦交界形成的双环状结构，于呼气末测量远端胃舒张期横截面积。计算公式为 $GER=(S_{max}-S_t)/S_{max}\times100\%$。(6)胃窦面积变化△A($cm^2$)及胃窦收缩幅度(antral contraction amplitude，ACA，%)：探头置于剑突下横切扫查，以肝左叶、胰腺、腹主动脉及下腔静脉作为解剖定位标志，获取胃窦短轴最大截面，于胃窦短轴切面测量饮用造影剂后 10、20、30 min 不同时刻胃窦舒张期最大横截面积 A_{max} 和收缩期最小横截面积 A_{min}(见图 3)，据此计算 $\Delta A=A_{max}-A_{min}$，$ACA=\Delta A/A_{max}\times100\%$。

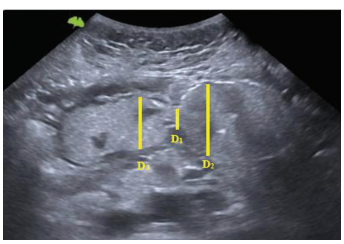


图 1 胃收缩波峰测量示意图

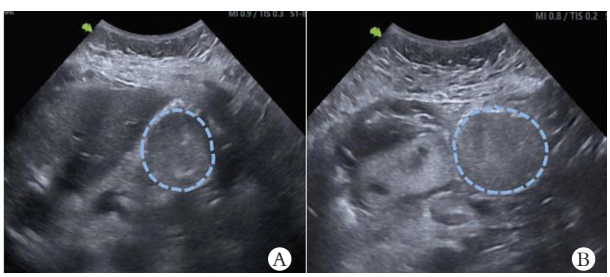


图 2 胃排空率 GER 测量方法示意图

A. 近端胃面积测量方法示意图；B. 远端胃面积测量方法示意图。

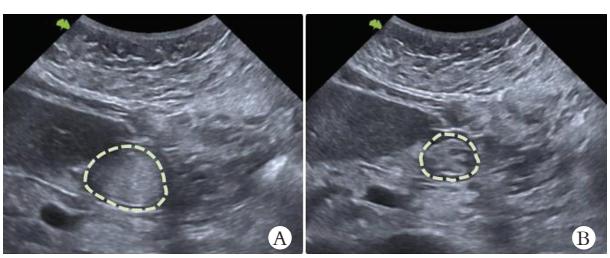


图 3 胃窦收缩幅度 ACA 测量方法示意图

A. 胃窦舒张期最大横截面积测量方法示意图；B. 胃窦收缩期最小横截面积测量方法示意图。

1.2.7　质量控制与一致性评价　所有胃充盈超声(GFU)检查均由2名接受统一标准化培训的超声医师完成。图像采集严格按照预设操作流程进行，关键参数采用固定解剖切面测量，各指标连续测量3次后取平均值用于统计分析。对于测量结果差异较大的图像，由两名医师共同复核后确定最终结果。为保证测量结果的可靠性，随机抽取部分受试者图像进行重复测量一致性评价。采用组内相关系数(ICC)评价测量一致性。结果显示，主要胃动力参数ICC为0.85～0.91。

1.3　统计学分析

所有数据采用SPSS 26.0软件处理。计量资料采用Kolmogorov-Smirnov进行正态性检验，并结合Levene检验评估方差齐性。符合正态分布者以($\bar{x}\pm s$)表示，两组间比较采用独立样本t检验，多组间比较采用单因素方差分析(ANOVA)，如差异具有统计学意义，则进一步采用最小差异显著法(LSD)进行两两比较。不符合正态分布者以[$M(P_{25},P_{75})$]表示，两组间比较采用Mann-Whitney U检验，多组间比较采用Kruskal-Wallis H检验，如差异具有统计学意义，进一步采用Dunn检验＋Bonferroni校正法进行两两比较。计数资料以[n(%)]表示，组间比较采用独立样本χ^2检验或Fisher精确检验。采用Spearman相关分析评估hs-TSH水平、GSRS评分与主要胃动力参数(如GMI、30 min GER)之间的相关性。所有检验均为双侧，$P<0.05$为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　一般及实验室资料比较

甲减组和健康对照组及甲减不同病因亚组间在性别、年龄、身高、体质量、BMI、腰围、血压、HbA1c等一般临床资料方面比较，差异均无统计学意义($P>0.05$)。甲减组与健康对照组间比较，甲减组hs-TSH增高，FT3、FT4降低，差异均有统计学意义($P<0.01$)，且GSRS评分增加，其中腹胀、早饱、恶心等项目评分均较高($P<0.05$)。甲减亚组桥本甲状腺炎组、碘^{131}治疗组及甲状腺全切除术后亚组间比较，FT3、FT4水平差异有统计学意义($P<0.05$)。见表1及表2。

2.2　甲减组与对照组胃动力参数及胃排空参数比较

与对照组相比，甲减组胃收缩频率(N)、胃收缩波峰强度(d)、胃收缩波速度(GCV)、胃动力指数(GMI)均降低($P<0.01$)。在饮用造影剂后10、20、30 min，甲减组胃排空率(GER)近、远端均低于对照组($P<0.01$)。见表3。

表1　甲减组和对照组一般及实验室资料比较
[n(%)，$M(P_{25},P_{75})$，$\bar{x}\pm s$]

资料	甲减组(n=83)	对照组(n=58)	$\chi^2/Z/t$值	P值
性别(男)	34(40.9)	22(37.9)	0.857	0.355
年龄(岁)	47(40,55)	45(34,52)	−0.96	0.330
身高(cm)	160.2(156.5,165.5)	162.0(157.3,166.0)	−0.84	0.401
体质量(kg)	59.5(56.5,64.0)	59.0(51.0,63.5)	−1.41	0.157
BMI(kg/m^2)	23.2(20.5,24.8)	22.5(21.1,24.3)	−0.67	0.498
腰围(cm)	78.43±10.54	77.38±10.71	0.53	0.598
收缩压(mmHg)	126.15±7.90	124.32±8.13	1.26	0.120
舒张压(mmHg)	81.00(73.00,85.50)	83.00(74.00,86.25)	−0.79	0.428
HbA1c(%)	5.52(5.08,5.79)	5.37(5.13,5.94)	−1.10	0.271
hs-TSH(μIU/mL)	7.04(3.53,18.46)	1.58(0.85,2.52)	5.70	<0.001
FT3(pg/mL)	2.47(1.95,3.03)	3.39(3.13,3.78)	−5.12	<0.001
FT4(ng/dL)	0.94(0.71,1.14)	1.52(1.38,1.68)	−6.83	<0.001
GSRS评分(分)	33.3(30.8,36.7)	28.5(26.0,30.5)	5.23	<0.001
腹胀评分(分)	3.5(3.2,3.8)	2.6(2.3,2.8)	5.21	<0.001
早饱评分(分)	3.8(3.5,4.1)	2.9(2.6,3.1)	5.18	<0.001
恶心评分(分)	2.9(2.5,3.3)	2.7(2.4,3.2)	2.05	<0.050

表2　甲减不同病因亚组间一般及实验室资料比较
[n(%)，$M(P_{25},P_{75})$，$\bar{x}\pm s$]

资料	A组(n=40)	B组(n=20)	C组(n=23)	$\chi^2/H/F$值	P值
性别(男)	14(35.0)	8(40.0)	12(52.1)	3.833	0.280
年龄(岁)	49(44,54)	44(41,48)	41(40,43)	1.35	0.174
身高(cm)	160.5(156.0,165.0)	165.5(157.5,167.5)	161.0(156.8,165.5)	0.72	0.706
体质量(kg)	59.0(55.0,63.5)	60.0(58.0,68.0)	58.0(57.0,64.0)	4.82	0.185
BMI(kg/m^2)	23.2(20.3,24.7)	22.7(20.7,24.4)	22.9(20.4,24.9)	0.62	0.733
腰围(cm)	77.95±10.44	78.20±10.81	77.90±10.79	0.17	0.850
收缩压(mmHg)	125.70±8.40	127.05±7.85	124.85±8.00	0.34	0.710
舒张压(mmHg)	80.00(72.00,85.00)	82.00(73.50,86.00)	79.00(71.00,83.00)	2.13	0.345
HbA1c(%)	5.45(5.10,5.75)	5.38(5.05,5.72)	5.42(5.08,5.70)	0.33	0.827
hs-TSH(μIU/mL)	8.83(4.92,20.53)	10.21(5.45,22.84)	6.55(3.80,15.28)	6.42	0.081
FT3(pg/mL)	2.28(1.82,2.73)	2.15(1.76,2.55)①	2.60(2.28,2.87)	17.92	<0.001
FT4(ng/dL)	0.87(0.68,1.12)	0.82(0.61,1.07)	1.04(0.87,1.19)①	22.47	<0.001
GSRS评分	35.1(32.0,37.6)	34.3(31.8,37.0)	30.6(28.0,33.2)	3.41	0.180

①$P<0.05$，与A组比较。

表3　甲减组和对照组胃动力及胃排空参数比较($\bar{x}\pm s$)

参数	甲减组(n=83)	对照组(n=58)	t值	P值
胃收缩频率(N,次/min)	2.95±0.62	3.31±0.65	−2.975	<0.01
胃收缩波峰强度(d,cm)	0.90±0.44	1.34±0.38	−5.541	<0.01
胃收缩波速度(GCV,cm/s)	0.27±0.08	0.31±0.07	−2.901	<0.01
胃动力指数(GMI,s^{-1})	0.35±0.11	0.44±0.21	−2.827	<0.01
近端GER(%)				
10 min	17.24±7.76	22.10±9.76	−2.985	<0.01
20 min	27.45±11.13	35.03±10.89	−3.662	<0.01
30 min	38.34±8.47	45.44±11.11	−3.906	<0.01
远端GER(%)				
10 min	17.80±6.87	22.67±9.22	−3.256	<0.01
20 min	28.73±6.27	35.21±11.68	−3.841	<0.01
30 min	40.90±8.00	46.55±13.04	−2.881	<0.01

2.3 甲减不同病因亚组间胃动力参数及胃排空参数比较

甲减不同病因亚组(桥本甲状腺炎组、碘^{131}治疗组及甲状腺全切除术后组)在胃动力参数(胃收缩频率、胃收缩波峰强度、胃收缩波速度、胃动力指数)间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。甲减三亚组间胃排空率(GER)比较,近端10、20 min GER在桥本甲状腺炎组与碘^{131}治疗组、碘^{131}治疗组与甲状腺全切除术后组之间存在统计学差异($P<0.05$);近端30 min GER在桥本甲状腺炎组与碘^{131}治疗组之间存在统计学差异($P<0.05$)。远端10 min GER在桥本甲状腺炎组与碘^{131}治疗组、碘^{131}治疗组与甲状腺全切除术后组间存在统计学差异($P<0.05$);远端20 min GER在桥本甲状腺炎组与碘^{131}治疗组间存在统计学差异($P<0.05$),其余时间点及部位的GER指标比较,差异未见统计学意义($P>0.05$)。见表4。

2.4 甲减组与对照组、甲减不同病因亚组间胃窦参数比较

在10、20及30 min时,甲减组与对照组△S指标比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。甲减组各时间点ACA值均低于对照组($P<0.05$)。见表5。甲减不同病因亚组之间△S指标比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。甲减不同病因亚组ACA指标比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。进一步两两比较,结果显示,不同时间点碘^{131}治疗组均较桥本甲状腺炎组降低($P<0.05$);10 min时,甲状腺全切除术后组ACA值高于碘^{131}治疗组($P<0.05$),其余时间点间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表6。

表4 甲减不同病因亚组间胃动力及胃排空参数比较($\bar{x}\pm s$)

参数	A组($n=40$)	B组($n=20$)	C组($n=23$)	F值	P值
胃收缩频率(N,次/min)	3.02±0.55	2.79±0.81	2.94±0.52	0.811	0.449
胃收缩波峰强度(d,cm)	0.81±0.30	1.03±0.61	1.04±0.58	2.003	0.143
胃收缩波速度(GCV,cm/s)	0.28±0.08	0.27±0.07	0.26±0.07	0.210	0.812
胃动力指数(GMI,s^{-1})	0.35±0.13	0.34±0.07	0.35±0.06	0.140	0.870
近端GER(%)					
10 min	18.16±7.36	13.12±7.03①	20.95±8.43②	5.123	<0.01
20 min	28.65±11.34	22.23±8.99①	32.04±11.35②	6.642	<0.01
30 min	39.92±8.90	34.11±6.37①	39.35±7.59	6.692	<0.01
远端GER(%)					
10 min	19.25±6.70	13.36±5.49①	19.75±6.92②	6.199	<0.01
20 min	30.02±6.10	24.55±5.89①	30.86±4.20	6.758	<0.01
30 min	41.73±7.31	36.72±8.22	45.08±8.01	4.326	<0.01

①$P<0.05$,与A组比较;②$P<0.05$,与B组比较。

表5 甲减组和对照组胃窦参数比较[n(%),$M(P_{25},P_{75})$,$\bar{x}\pm s$]

组别	△S(cm^2)			ACA(%)		
	10 min	20 min	30 min	10 min	20 min	30 min
甲减组($n=83$)	4.20(3.27,6.72)	3.88(3.18,5.33)	3.30(2.45,4.52)	48.14±7.20	44.44±4.82	42.35±9.76
对照组($n=58$)	4.51(3.35,6.34)	3.89(2.60,6.55)	3.35(2.30,4.65)	54.77±15.56	54.73±16.52	51.62±13.60
Z/t值	0.650	1.390	0.360	3.055	4.800	3.747
P值	0.757	0.564	0.683	<0.001	<0.001	<0.001

①$P<0.05$,与A组比较。②$P<0.05$,与B组比较。

表6 甲减不同病因亚组间胃窦参数比较[$M(P_{25},P_{75})$,$\bar{x}\pm s$]

组别	△S(cm^2)			ACA(%)		
	10 min	20 min	30 min	10 min	20 min	30 min
A组($n=40$)	4.21(3.24,5.95)	3.89(2.60,6.55)	3.35(2.30,4.65)	50.33±4.88	45.03±3.24	43.82±6.31
B组($n=20$)	4.05(2.90,6.29)	3.88(3.18,5.33)	3.30(2.45,4.52)	42.40±5.15①	38.92±4.02①	38.11±6.15①
C组($n=23$)	4.19(3.57,6.50)	3.02(2.35,5.32)	2.92(2.25,4.32)	46.91±5.96②	41.66±4.84	40.91±5.23
H/F值	0.170	4.540	3.070	13.367	28.461	36.232
P值	0.917	0.101	0.215	<0.001	<0.001	<0.001

①$P<0.05$,与A组比较。②$P<0.05$,与B组比较。

2.5 hs-TSH水平、GSRS评分与甲减患者胃动力功能参数的相关性分析

采用Spearman相关性分析,结果显示,hs-TSH水平与GMI、胃收缩频率、近端30 min GER、ACA均呈负相关关系($P<0.05$)。GSRS评分与GMI、30 min ACA等胃功能参数均呈负相关关系($P<0.05$)。见表7。

表7 hs-TSH水平、GSRS评分与甲减患者胃动力功能参数的相关性分析

参数	胃动力指数	胃收缩频率N	胃收缩波峰	30 min		
	GMI	(次/min)	强度d(cm)	近端GER	远端GER	ACA
hs-TSH						
r值	−0.391	−0.280	−0.239	−0.270	−0.215	−0.307
P值	<0.01	0.022	0.052	0.027	0.064	0.011
GSRS						
r值	−0.342	−0.185	−0.168	−0.230	−0.197	−0.292
P值	<0.01	0.140	0.185	0.062	0.083	0.017

3　讨论

胃动力障碍是甲状腺功能减退症的常见胃肠外表现之一，但其具体特征、量化评估及其与甲状腺功能指标的关系尚缺乏系统研究。本研究采用多参数胃充盈超声系统评估了不同病因甲减患者的胃动力功能，并分析了其与血清 TSH 水平及胃肠道症状的相关性，为甲减相关胃动力障碍的病理生理机制及临床评估提供了新的见解。

本研究通过多参数胃充盈超声系统评估，证实甲状腺功能减退症患者存在明确的多维度胃动力功能受损。定量分析显示，与健康对照组相比，甲减组在胃收缩频率、胃收缩波峰强度、GMI 等核心参数上均降低，与既往研究[12-13]报道的甲减患者腹胀、早饱、便秘等胃肠症状高发特征一致。胃排空功能方面，甲减组在 10、20、30 min GER 均低于对照组，呈现明显排空延迟模式。这一结果与 Ceylan 等[14]研究一致，证实了甲状腺功能减退与胃动力障碍的密切关联。从机制层面分析，这种多维度胃动力异常可能与甲状腺激素缺乏直接抑制胃肠平滑肌收缩、影响肠神经系统功能及导致自主神经调节失衡有关[10,15]。临床症状方面，甲减组的胃 GSRS 评分高于对照组，其中腹胀、早饱等单项症状评分也明显升高。这种主观症状加重与客观胃动力参数下降相互印证，形成了完整的“功能-症状”证据链。

本研究发现不同病因甲减亚组间的胃动力特征存在明显异质性。尽管在胃收缩频率、波峰强度及胃动力指数等核心参数上无统计学差异，但胃排空功能呈现特征性分化。碘^{131} 治疗组在近端 10、20 min GER 等时间点均低于桥本甲状腺炎组和甲状腺全切除术组，显示排空延迟。这种差异可能与不同治疗方式对甲状腺激素稳态的影响机制有关。碘^{131} 治疗因甲状腺组织破坏程度高、激素波动显著，可能导致自主神经调节不稳定，进而影响胃排空调控。相比之下，全切术后患者接受规范激素替代治疗，甲状腺激素水平相对平稳，对胃动力影响较小。桥本甲状腺炎组作为自身免疫性疾病，其胃排空功能介于二者之间，反映不同病因甲减的异质性特征[16]。

Spearman 相关分析显示，血清 TSH 水平与多项胃动力参数存在负相关关系。具体而言，TSH 与胃动力指数、胃收缩频率、近端 30 min GER 及 ACA 均呈负相关关系，表明甲减严重程度与胃动力障碍程度相关，本研究与 Zou 等[17]提出的“甲状腺-肠轴”调控机制相吻合，提示甲状腺激素可能通过中枢神经系统、外周自主神经及胃肠道局部受体等多途径参与胃肠运动调控。甲状腺激素缺乏可能直接影响平滑肌收缩功能，并通过神经-体液调节途径导致胃动力整体下降[15]。与此同时，GSRS 评分与胃动力指数、30 min ACA 也呈负相关，进一步证实了主观症状与客观功能指标的一致性。

综上，本研究证实甲状腺功能减退症患者存在多维度胃动力障碍，表现为胃收缩功能减弱、胃排空延迟等特征。多参数胃充盈超声评估显示，胃动力指数、胃排空率等参数与血清 TSH 水平呈负相关，且不同病因亚组间存在异质性。胃充盈超声作为一种无创评估工具，可为甲减相关胃动力障碍的早期识别和个体化诊疗提供重要依据。未来需开展多中心、大样本前瞻性研究，并结合人工智能辅助测量系统[16]以提高数据的标准化与可比性。

参考文献

[1] Chaker L, Razvi S, Bensenor IM, *et al*. Hypothyroidism[J]. Nature Reviews Disease Primers, 2022, 8: 30.

[2] Xu GM, Hu MX, Li SY, *et al*. Thyroid disorders and gastrointestinal dysmotility: an old association[J]. Frontiers in Physiology, 2024, 15: 1389113.

[3] Nakazawa N, Sohda M, Ogata K, *et al*. Thyroid hormone activated upper gastrointestinal motility without mediating gastrointestinal hormones in conscious dogs[J]. Scientific Reports, 2021, 11: 9975.

[4] Sinha RA, Yen PM. Metabolic messengers: thyroid hormones [J]. Nature Metabolism, 2024, 6(4): 639-650.

[5] 中华医学会内分泌学分会. 成人甲状腺功能减退症诊治指南[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2017, 33(2): 167-180.

[6] Garber JR, Cobin RH, Gharib H, *et al*. Clinical practice guidelines for hypothyroidism in adults: cosponsored by the American association of clinical endocrinologists and the American thyroid association [J]. Endocrine Practice, 2012, 18(6): 988-1028.

[7] Wardenaar FC, Chan Y, Clear AM, *et al*. The gastrointestinal symptom rating scale has a good test-retest reliability in well-trained athletes with and without previously self-identified gastrointestinal complaints[J]. Sports Medicine, 2025, 55(2): 513-524.

[8] 国家卫生健康委能力建设和继续教育超声医学专家委员会胃肠学组，全国防控重大慢病创新融合试点项目管理委员会，同济大学超声医学研究所胃肠超声协作组，等. 胃癌超声初筛临床应用中国专家共识(2025 年版)[J]. 中国医学科学院学报, 2025, 47(5): 679-701.

[9] 中国医药教育协会超声专委会胃肠超声学组. 中国胃充盈超声检查专家共识[J]. 肿瘤预防与治疗, 2020, 33(11): 817-827.

[10] Yan J, Sun X, Liu X, *et al*. Gastric filling ultrasound in assessing gastrointestinal motility in type 2 diabetic patients with neuropathy: a clinical study[J]. Journal of Diabetes Investigation, 2025, 16(8): 1518-1525.

(下转第 1199 页)

system on the management of coronary artery lesions in Kawasaki disease[J]. Cardiology in the Young，2022，32(6)：952－959.

[3] 胡红梅，邱云，谢帅，等. 川崎病并发冠状动脉损伤的危险因素及预测因子研究[J]. 保健医学研究与实践，2023，20(8)：71－75.

[4] Si X，Hou C，Wang H，*et al*. Comparison of six Z-score formulas based on echocardiography for coronary artery lesions in Kawasaki disease[J]. International Journal of Cardiology，2024，409：132102.

[5] 中华医学会儿科学分会心血管学组，中华医学会儿科学分会风湿学组，中华医学会儿科学分会免疫学组，等. 川崎病诊断和急性期治疗专家共识[J]. 中华儿科杂志，2022，60(1)：6－13.

[6] Olivieri L，Arling B，Friberg M，*et al*. Coronary artery Z score regression equations and calculators derived from a large heterogeneous population of children undergoing echocardiography[J]. Journal of the American Society of Echocardiography，2009，22(2)：159－164.

[7] Liu J，Su D，Yuan P，*et al*. Prognostic nutritional index value in the prognosis of Kawasaki disease with coronary artery lesions[J]. Frontiers in Nutrition，2023，10：1075619.

[8] Xu D，Feng CH，Cao AM，*et al*. Progression prediction of coronary artery lesions by echocardiography-based ultrasomics analysis in Kawasaki disease[J]. Italian Journal of Pediatrics，2024，50(1)：185.

[9] Xu D，Chen YS，Feng CH，*et al*. Development of a prediction model for progression of coronary artery lesions in Kawasaki disease[J]. Pediatric Research，2024，95(4)：1041－1050.

[10] Shih WL，Yeh TM，Chen KD，*et al*. Positive echocardiographic association between carotid artery and coronary artery diameter and Z-score in a mouse model of Kawasaki disease[J]. Diagnostics，2024，14(2)：145.

[11] 齐恩林，周悦，赵静，等. 超声心动图冠状动脉 Z 值与川崎病患儿疾病严重程度及外周血 C 反应蛋白和红细胞沉降率水平的相关性分析[J]. 转化医学杂志，2024，13(7)：1090－1095.

[12] Huang XB，Zhao S，Liu ZY，*et al*. Serum amyloid A as a biomarker for immunoglobulin resistance in Kawasaki disease[J]. Annals of Medicine，2023，55(2)：2264315.

[13] 李松涛. C-反应蛋白和红细胞分布宽度与川崎病患儿并发冠脉损伤的关系[J]. 川北医学院学报，2022，37(10)：1348－1351.

[14] Shuai S，Zhang H，Zhang R，*et al*. Prediction of coronary artery lesions based on C-reactive protein levels in children with Kawasaki Disease：a retrospective cohort study[J]. Jornal de Pediatria，2023，99(4)：406－412.

[15] Kim SH. Diagnosis of coronary artery abnormalities in Kawasaki disease：recent guidelines and z score systems[J]. Clinical and Experimental Pediatrics，2022，65(9)：430－438.

[16] Hörl M，Michel H，Döring S，*et al*. Value of serial echocardiography in diagnosing Kawasaki's disease[J]. European Journal of Pediatrics，2021，180(2)：387－395.

[17] Suzuki T，Kakimoto N，Tsuchihashi T，*et al*. Z-score is a possible predictor of the risk of coronary artery lesion development in patients with Kawasaki disease in Japan[J]. European Journal of Pediatrics，2021，180(9)：2797－2805.

[18] 吴寒艳，武海霞，张黎，等. 超声心动图对川崎病合并冠状动脉损伤的评估价值[J]. 医学影像学杂志，2025，35(5)：37－41.

(收稿日期：2026－04－04　　**修回日期**：2026－05－22)

(上接第 1189 页)

[11] Zou X，Chen X，Wen Y，*et al*. Gastric-filling ultrasonography to evaluate gastric motility in patients with Parkinson's disease[J]. Frontiers in Neurology，2024，15：1294260.

[12] Hassan EMG，Lewis S，Alsadiq SF，*et al*. Integrated management of constipation in hypothyroidism：evaluating pharmacological and non-pharmacological interventions[J]. Nursing Reports，2025，15(10)：354.

[13] Zeng W，Wang Y，Zhang L. Associations of thyroid hormones with chronic diarrhea and constipation in euthyroid individuals[J]. Frontiers in Endocrinology，2024，15：1395743.

[14] Ceylan S，Akdemir S，Yildirim A，*et al*. Evaluation of gastric motility in hypothyroid patients by ultrasound：A controlled study[J]. Journal of Animal Research and Medicine，2024，43(1)：55－62.

[15] Yan K，Sun X，Fan C，*et al*. Unveiling the role of gut microbiota and metabolites in autoimmune thyroid diseases：emerging perspectives[J]. International Journal of Molecular Sciences，2024，25(20)：10918.

[16] Fenneman AC，Bruinstroop E，Nieuwdorp M，*et al*. A comprehensive review of thyroid hormone metabolism in the gut and its clinical implications[J]. Thyroid，2023，33(1)：32－44.

[17] Zou T，He H，Yang J，*et al*. Artificial intelligence real-time automated recognition of the gastric antrum cross-sectional area and motility rhythm via bedside ultrasound：a pilot study[J]. Scientific Reports，2025，15：13883.

(收稿日期 2026－04－08　　**修回日期**：2026－06－01)