

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2026.02.006

✦ 临床医学研究 ✦

基于胃充盈超声技术的三类 BMI 人群胃动力功能变化对比研究

杨航¹, 刘颜州¹, 张曦月¹, 岳文胜^{2,3}

(川北医学院附属医院, 1. 超声科; 2. 院士工作站; 3. 超声研究室·超声医学工程南充市重点实验室, 四川 南充 637000)

【摘要】目的: 应用胃充盈超声造影探讨不同体质量指数(BMI)水平人群的胃动力功能差异,明确 BMI 对胃动力的独立影响,为肥胖相关胃动力障碍机制研究提供依据。**方法:** 纳入 100 位 BMI ≥ 25.0 kg/m² 为研究对象,根据国内 BMI 标准将其分为 A 组(超重组:25.0 kg/m² \leq BMI $<$ 29.9 kg/m²)和 B 组(肥胖组: BMI ≥ 30.0 kg/m²);另选取 47 名 BMI 在正常范围内的健康志愿者作为对照组,分别对以上受试人员进行胃充盈超声造影检查,观察各组研究对象的造影剂在饮入即刻通过贲门的情况,测取所有研究对象饮入胃肠超声造影剂后 3~5 min 内的胃壁增厚率、胃蠕动波峰强度、胃蠕动速度、2 min 胃蠕动次数,记录半坐卧位时 0 min(饮入即刻)、10 min、20 min 及 30 min 时的近端胃、远端胃的面积,计算各时间段近端胃及远端胃排空率(GER)和胃动力指数(MI)进行分析。**结果:** 造影剂在 A 组、B 组、对照组三组人员饮入时通过贲门通畅,未出现梗阻及反流等现象($P>0.05$);饮入造影剂后 3~5 min 内 A 组、B 组的胃蠕动波峰强度(1.02 \pm 0.29 vs. 0.71 \pm 0.30 vs. 1.34 \pm 0.38) cm、胃蠕动速度(0.28 \pm 0.08 vs. 0.24 \pm 0.07 vs. 0.31 \pm 0.07) cm/s、MI(0.35 \pm 0.11 vs. 0.28 \pm 0.10 vs. 0.45 \pm 0.23) cm²/s 及 2 min 胃蠕动次数[(6.15 \pm 1.28 vs. 5.61 \pm 1.32 vs. 6.72 \pm 1.29)次]较对照组均降低,且 B 组较 A 组降低,差异有统计学意义($P<0.05$);各时间段近端胃、远端胃排空率均值呈现“正常体质量组 $>$ A 组 $>$ B 组”趋势,差异有统计学意义($P<0.05$);多因素回归显示,BMI 分组是影响 MI 的独立因素($\beta=-0.325, P<0.001$)。进一步针对胃排空率的多因素线性回归分析表明,BMI 分组对各时间点近端胃及远端胃排空率均存在独立负向影响,且该抑制作用随时间延长呈增强趋势,其中对远端胃 30 min 排空率的影响最为显著($\beta=-3.89, P<0.001$),而年龄、性别及 GRS 评分对胃排空率的影响无统计学意义($P>0.05$)。**结论:** 在排除混杂因素后,BMI 与胃动力功能呈负相关,BMI 越高,胃蠕动能力及胃排空效率越弱;胃充盈超声造影实时、无创、可操作性强、可重复性高,是潜在评估不同 BMI 人群胃动力功能首选检查方法。

【关键词】 胃充盈超声造影;胃动力功能;胃排空率;肥胖患者;体质量指数

【中图分类号】 R445.1 **【文献标志码】** A

Gastric filling ultrasound study of gastric dynamic function in obese patients with different BMI levels

YANG Hang¹, LIU Yan-zhou¹, ZHANG Xi-yue¹, YUE Wen-sheng^{2,3}

(1. Department of Ultrasonography; 2. Academician Workstation; 3. Key Laboratory of Medical Ultrasound Engineering, Ultrasound Research Laboratory, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan, China)

【Abstract】 Objective: To investigate the differences in gastric motility function among populations with different body mass index (BMI) levels using gastric filling ultrasound, clarify the independent impact of BMI on gastric motility, and provide a basis for the research on the mechanism of obesity-related gastric motility disorders. **Methods:** A total of 100 subjects with BMI ≥ 25.0 kg/m² were enrolled and divided into Group A (overweight group: 25.0 kg/m² \leq BMI $<$ 29.9 kg/m²) and Group B (obese group: BMI ≥ 30.0 kg/m²) according to the domestic BMI standards. Additionally, 47 healthy individuals with normal BMI were recruited as the control group. All subjects underwent gastric filling contrast-enhanced ultrasound examination. The passage of contrast agent through the cardia immediately after ingestion was observed. The gastric wall thickening rate, gastric peristaltic wave peak intensity, gastric peristaltic velocity, and number of gastric peristalsis within 2 minutes were measured within 3~5 minutes after the ingestion of gastrointestinal ultrasound contrast agent. The areas of the proximal stomach and distal stomach were recorded at 0 minutes (immediately after ingestion), 10 minutes, 20 minutes, and 30 minutes in the semi-recumbent

基金项目: 四川省科技厅应用基础项目(2019YJ0708)

作者简介: 杨航(1997-),男,硕士研究生。E-mail: yanghangyl@163.com

通讯作者: 岳文胜。E-mail: yuepublic@163.com

position. The gastric emptying rate (GER) of the proximal and distal stomach at each time point and the gastric motility index (MI) were calculated for analysis. **Results:** The contrast agent passed through the cardia smoothly in all three groups (Group A, Group B, and the control group) without obstruction or reflux ($P > 0.05$). Within 3~5 minutes after drinking contrast agent, compared with the control group, Group A and Group B showed significant decreases in gastric peristaltic wave peak intensity (1.02 ± 0.29 vs. 0.71 ± 0.30 vs. 1.34 ± 0.38) cm, gastric peristaltic velocity (0.28 ± 0.08 vs. 0.24 ± 0.07 vs. 0.31 ± 0.07) cm/s, MI (0.35 ± 0.11 vs. 0.28 ± 0.10 vs. 0.45 ± 0.23) cm^2/s , and number of gastric peristalsis (6.15 ± 1.28 vs. 5.61 ± 1.32 vs. 6.72 ± 1.29) times/2 minutes. Moreover, these indicators in Group B were lower than those in Group A, with statistically significant differences ($P < 0.05$). The mean values of gastric emptying rates of the proximal and distal stomach at all time points showed a trend of “control group > Group A > Group B”, with statistically significant differences ($P < 0.05$). Multivariate regression analysis revealed that BMI grouping was an independent factor affecting MI ($\beta = -0.325, P < 0.001$). Further multivariate linear regression analysis targeting the 6 groups of gastric emptying rates indicated that BMI grouping had an independent negative impact on the gastric emptying rates of the proximal and distal stomach at all time points, and this inhibitory effect tended to strengthen with time. The most significant impact was observed on the 30-minute gastric emptying rate of the distal stomach ($\beta = -3.89, P < 0.001$). In contrast, age, gender, and GSRS score had no statistically significant effects on gastric emptying rate ($P > 0.05$). **Conclusion:** After excluding confounding factors, BMI is negatively correlated with gastric motility function. The higher the BMI, the weaker the gastric peristaltic capacity and gastric emptying efficiency. Gastric filling contrast-enhanced ultrasound is a potential preferred examination method for evaluating gastric motility function in populations with different BMI levels due to its real-time, non-invasive, highly operable, and reproducible characteristics.

【Key words】 Gastric filling contrast-enhanced ultrasound; Gastric motility; Gastric emptying rate; Obese patients; Body mass index

根据世界卫生组织(WHO)的定义,成年人的体质量指数(BMI)是评估体质量状态的重要指标。当BMI达到 $25.0 \text{ kg}/\text{m}^2$ 至 $29.9 \text{ kg}/\text{m}^2$ 时,则属于超重范畴,提示需要关注潜在的体质量相关健康风险。如果 $\text{BMI} \geq 30.0 \text{ kg}/\text{m}^2$,则被定义为肥胖^[1]。肥胖问题已成为我国公共卫生领域的重大挑战,亟需进一步强化社会各界对肥胖症的科学认知,为制定并实施针对中国肥胖人群的防控策略、管理举措及干预方案提供坚实的科学支撑^[2]。研究^[3]显示,肥胖患者往往伴随胃肠动力障碍,例如胃排空延迟、胃蠕动减弱等情况,这一现象可能与多种因素相关,其中就包括胃饥饿素、葡萄糖依赖性胰岛素释放肽(GIP)、胰高糖素样肽-1(GLP-1)等激素的调控作用。然而,胃充盈超声在BMI相关胃动力评估中应用较少,尤其是不同代谢状态下胃动力功能的差异仍需深入探索。胃电图、C-13 乙酸钠呼气实验、胃排空闪烁扫描、胃镜等均为评估胃结构或胃动力功能的常用方法,但其局限性明显。其中,胃电图与C-13 乙酸钠呼气实验均无法观察胃的具体结构^[3];胃排空闪烁扫描存在放射性且亦无法观察胃部结构;而胃镜则是观察胃部结构的“金标准”^[4],可直观显示胃粘膜病变,却无法评价胃动力功能;胃充盈超声造影作为一项新兴的检查技术,具备无创无辐射、可实时动态观察胃蠕动及排空功能等显著优势,尤其适用于需反复检查的肥胖患者。与此同时,它还能清晰呈现胃壁的层次结构,并对胃周围器官的情况进行观察,为临床评估提供更为丰富的信息。不过,该技术也存在一定局限性,例如易受肠道气体干

扰、对操作者的经验要求较高,且无法进行活检确诊。考虑到超声检查本身具有实时性强、安全可靠、操作便捷、重复性好的特点^[5],本研究以BMI为核心分组,排除血糖等干扰因素,通过胃充盈超声造影量化分析不同BMI人群的胃动力功能差异,旨在明确BMI对胃动力的独立影响。

1 材料与方法

1.1 一般资料

选取川北医院附属医院2023年11月至2024年8月收治的100例 $\text{BMI} \geq 25.0 \text{ kg}/\text{m}^2$ 的超重及肥胖患者作为实验组。根据国内BMI标准将其分为A、B两组。A组为超重组($25.0 \text{ kg}/\text{m}^2 \leq \text{BMI} < 29.9 \text{ kg}/\text{m}^2$)共52例,其中男性23例,女性29例,年龄(35.28 ± 8.15)岁;B组为肥胖组($\text{BMI} \geq 30.0 \text{ kg}/\text{m}^2$)共48例,其中男性22例,女性26例,年龄(34.67 ± 8.32)岁。纳入标准:(1)符合WHO诊断标准的超重及肥胖患者;(2)年龄 > 18 岁。排除标准:(1)伴有胃部肿瘤、胃溃疡或者其他严重胃部疾病患者;(2)近期服用过非甾体抗感染类或阿片类药物等任何影响胃动力的药物者;(3)酒精、药物成瘾人群;(4)患有甲状腺功能亢进或者其他严重影响胃肠道动力功能的疾病;(5)依从性差,拒绝行胃充盈超声检查。并选取 $\text{BMI} 18.5 \text{ kg}/\text{m}^2 \sim 24.9 \text{ kg}/\text{m}^2$ ^[6]的体检中心47名健康志愿者为正常对照组,其中男性14名,女性33名,年龄(37.15 ± 11.10)岁。本研究通过川北医学院附属医院伦理委员会审核批准(2023ER420-1),所有研究对象均知

情并签署知情同意书。

1.2 仪器和造影剂

法国声科(SuperSonic Imagine Aixplorer)彩色多普勒超声诊断仪,配备凸阵探头 XC6-1,频率范围 1~6 MHz。国械恒发医疗科技(湖州)有限公司生产的天下牌速溶胃肠超声造影剂(浙械注准 20232061164)。

1.3 方法

1.3.1 一般资料及问卷调查 收集上述受试人员的一般资料、实验室资料;使用问卷调查有无显著腹部临床症状,用胃肠道症状评定量表(GSRS)^[7]评估受试人员胃肠道情况,该量表由胃酸反流、腹痛、腹胀、纳差、便秘、腹泻等条目组成,每个自评项目计 1~7 分,1 分表示没有症状,超过 1 分代表有相应临床症状,7 分表示症状严重。

1.3.2 胃充盈超声检查 嘱所有受检者受检前应空腹 8~12 h,禁饮 4 h,检查前一晚清淡饮食,避免食用产气和油腻食品。

(1)胃结构检查

检查时,按照造影剂说明,每位受检者在直立位 5 min 内饮尽,在设置观察时间点观察并测取胃贲门开放情况,在患者站立位饮入造影剂时同时观察造影剂时通过贲门的情况,观察有无反流、通过受阻、“鸟嘴征”等。

(2)胃动力功能检查

胃蠕动次数:嘱受检者右侧卧位记录受检者饮用完造影剂后 3~5 min 内胃蠕动波通过胃角的次数(记录 2 min)。

胃蠕动波峰强度:胃蠕动波峰强度是指胃蠕动波收缩期的最大收缩幅度,反映胃动力功能的主要指标之一,可通过动态观察胃壁的运动和厚度变化来评估,当患者出现胃动力功能异常时,此参数可发生不同改变^[8],嘱受检者右侧卧位,在显示胃角的胃冠状斜断面固定探头,在胃角下方 1.5~2.0 cm 胃壁测取胃蠕动波峰强度,单位为 cm。见图 1。

胃壁增厚率:嘱受检者右侧卧位,将探头横置于上腹部,显示胃窦斜冠状切面清晰显示胃蠕动波后将探头旋转 90°,采用局部放大的功能,测取胃角平面下方 2 cm 胃壁收缩期和舒张期壁厚,计算胃壁增厚率%。

胃壁增厚率(%)=[(收缩时胃壁厚度 mm-舒张时胃壁厚度 mm)/收缩时胃壁厚度 mm]×100%。

胃蠕动波速度:单位时间内胃蠕动波运动的快慢,是通过动态观察胃壁收缩波的传播来评估的,主要用于判断胃动力功能。将探头横置于上腹部,测量蠕动波从开始出现到传播至胃窦时的距离(x)并

记录该过程所需要的时间(t),计算胃蠕动波速度($V=x/t$,单位为 cm/s)。

胃动力指数(MI):评估胃动力动能的参数,嘱受检者 60°坐姿,探头横置上腹部显示胃窦切面,测蠕动波凹陷时管径 S1 及两侧非凹陷处管径 S2、S3,取 S2、S3 均值 S4,计算蠕动波幅度 $d=S4-S1$,则 $MI=V/d$ 。见图 2。



图 1 胃蠕动波峰强度

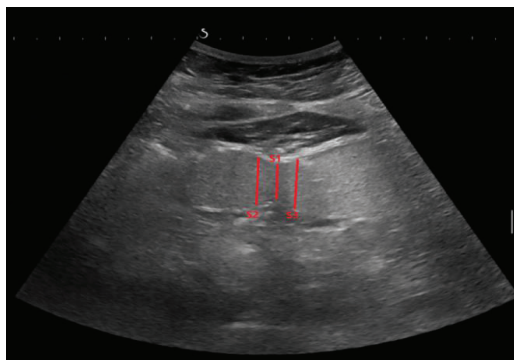


图 2 蠕动波观管径测量

S1 为蠕动波凹陷时管径,S2 与 S3 为如蠕动波两侧非凹陷时管径

胃排空实验:嘱受检者以 60°坐姿固定于检查床上,分别于饮用造影剂后 0、10、20、30 min 测定近端胃、远端胃的面积^[9],记录所测得数值,计算胃排空率 $GER=(A_{max}-A)/A_{max} \times 100\%$ (A_{max} 代表饮入胃造影剂即刻面积,A 代表不同时间点所测胃单切面面积,单位为%)。

①近端胃面积测量方法:近端胃主要指胃底和胃体的近端部分。将探头置于剑突下纵切,距离胃贲门下方 3 cm 处测取近端胃的横径,逆时针旋转探头 90°,向左平移探头至得到近端胃满意图像后,嘱患者呼气末屏气,测量胃面积。见图 3。

②远端胃面积测量方法:将探头横置于上腹部显示“∞”形胃角切面,以腹主动脉左侧缘为轴将探头顺时针旋转 90°,此时获得的图像为远端胃的横截面,嘱患者呼气末屏气后测量,即可获得远端胃面积。见图 4。



图3 测量近端胃面积的切面

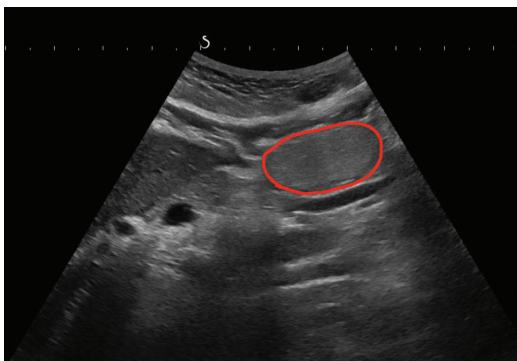


图4 测量远端胃面积的切面

上述数据的获取由经过培训的两名超声科医师检查,所有数据测取3次,进行均值处理,若所得数据结果差异过大,需共同回顾图像分析分歧点,组内相关系数(Intra-class Correlation Coefficient, ICC)为0.90。

上述数据的获取由经过培训的两名超声科医师检查,所有数据测取3次,进行均值处理,若所得数据结果差异过大,需共同回顾图像分析分歧点,组内相关系数(ICC)为0.90。

1.4 统计学分析

应用 SPSS26.0 统计学软件分析数据。计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,多组间比较采用单因素方差分析,两两比较采用 LSD-*t* 检验;相关性分析方面,用 Pearson 积矩相关分析探讨 MI 与各时间点胃排空率指标的关联;采用多因素线性回归模型,在校正年龄、性别等潜在残留混杂因素后,分析 BMI 分组对胃动力指数(MI)及各时间段近、远端胃排空率的独立影响。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组对象一般资料比较

A 组、B 组的体质量、收缩压、舒张压、腰围、臀围、甘油三酯、总胆固醇、GSRs 评分均高于对照组,且 B 组高于 A 组($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 三组造影剂通过贲门情况比较

所有研究对象饮服造影剂后,造影剂均顺利通过贲门,无梗阻、反流现象,亦未观察到“鸟嘴征”等异常表现,三组间造影剂通过贲门的通畅性无统

计学差异($P > 0.05$)。

表 1 三组对象一般资料比较 $(\bar{x} \pm s)$

资料	对照组(n=47)	A组(n=52)	B组(n=48)	F 值	P 值
年龄(岁)	37.15±11.10	35.28±8.15	34.67±8.32	0.892	0.413
体质量(kg)	58.65±9.83	78.42±8.67 ^①	96.75±11.54 ^{①②}	95.621	<0.001
收缩压(mmHg)	124.31±8.23	129.65±10.34 ^①	142.89±15.47 ^{①②}	38.752	0.002
舒张压(mmHg)	80.74±6.88	82.91±7.56 ^①	93.76±12.15 ^{①②}	35.984	0.003
腰围(cm)	79.55±11.01	92.37±9.85 ^①	108.62±12.31 ^{①②}	89.457	<0.001
臀围(cm)	92.02±7.50	101.54±8.23 ^①	112.48±10.15 ^{①②}	88.763	<0.001
空腹血糖(mmol/L)	5.58±0.41	5.69±0.38	5.73±0.45	0.098	0.906
甘油三酯(mmol/L)	1.11±0.32	1.45±0.48 ^①	2.09±0.91 ^{①②}	47.892	0.004
总胆固醇(mmol/L)	4.72±0.28	5.03±0.65 ^①	5.78±0.80 ^{①②}	23.651	0.008
GSRs 评分(分)	2.13±0.85	2.56±0.91 ^①	3.28±1.12 ^{①②}	15.983	0.012

① $P < 0.05$,与对照组比较;② $P < 0.05$,与 A 组比较。

2.3 三组对象胃动力功能参数比较

A 组、B 组胃蠕动波峰强度、速度、次数及 MI 均低于对照组,且 B 组低于 A 组($P < 0.05$);三组胃壁增厚率无统计学差异($P > 0.05$)。见表 2。

2.4 三组各时间段胃排空率比较

仅 10 min 时,对照组与 A 组比较,无统计学差异,其余时间点组间对比均有差异,且对照组与 B 组间差异有统计学意义($P < 0.001$)。见表 3。

三组间所有时间点远端胃排空率两两对比均有统计学差异($P < 0.001$)。见表 4。

表 2 三组对象胃动力功能参数比较 $(\bar{x} \pm s)$

参数	对照组(n=47)	A组(n=52)	B组(n=48)	F 值	P 值
胃蠕动波峰强度(cm)	1.34±0.38	1.02±0.29 ^①	0.71±0.30 ^{①②}	42.895	<0.001
胃蠕动速度(cm/s)	0.31±0.07	0.28±0.08 ^①	0.24±0.07 ^{①②}	28.561	<0.001
胃壁增厚率(%)	28.56±7.23	26.91±6.85	25.78±7.12	1.892	0.156
胃蠕动次数(次)	6.72±1.29	6.15±1.28 ^①	5.61±1.32 ^{①②}	19.783	0.005
胃动力指数(cm^2/s)	0.45±0.23	0.35±0.11 ^①	0.28±0.10 ^{①②}	31.247	<0.001

① $P < 0.05$,与对照组比较;② $P < 0.05$,与 A 组比较。

表 3 三组各时间段近端胃排空率比较

时间	排空率(%)	F 值	P 值	对比组	t 值	P 值
10 min		9.415	<0.001			
对照组	15.82±8.69			对照组 vs. A 组	1.897	0.059
A 组	13.45±8.08			对照组 vs. B 组	4.123	<0.001
B 组	10.36±7.28			A 组 vs. B 组	2.231	0.027
20 min		15.762	<0.001			
对照组	29.12±11.32			对照组 vs. A 组	2.732	0.007
A 组	24.51±10.79			对照组 vs. B 组	4.915	<0.001
B 组	18.72±9.59			A 组 vs. B 组	2.168	0.031
30 min		13.058	<0.001			
对照组	42.68±12.61			对照组 vs. A 组	2.254	0.025
A 组	37.56±11.89			对照组 vs. B 组	4.698	<0.001
B 组	31.42±10.78			A 组 vs. B 组	2.435	0.016

表 4 三组各时间段远端胃排空率比较

时间	排空率(%)	F 值	P 值	对比组	t 值	P 值
10 min		11.895	<0.001			
对照组	23.26±9.03			对照组 vs. A 组	2.382	0.018
A 组	18.35±8.57			对照组 vs. B 组	4.216	<0.001
B 组	14.52±10.83			A 组 vs. B 组	2.019	0.045
20 min		19.472	<0.001			
对照组	34.83±11.59			对照组 vs. A 组	3.098	0.002
A 组	27.91±10.98			对照组 vs. B 组	5.437	<0.001
B 组	24.86±12.17			A 组 vs. B 组	2.453	0.015
30 min		22.738	<0.001			
对照组	46.90±13.61			对照组 vs. A 组	3.451	<0.001
A 组	39.24±13.07			对照组 vs. B 组	6.385	<0.001
B 组	32.65±12.29			A 组 vs. B 组	3.027	0.003

2.5 胃动力指数(MI)与各时间段胃排空率相关性分析

MI 与胃排空率呈正相关,且与远端胃的关联强于近端胃,30min 时关联最显著($r = 0.467, P < 0.001$)。见表 5。

表 5 MI 与各时间段胃排空率的 Pearson 相关性分析结果

关联变量(MI vs. 胃排空率)	相关系数(r)	P 值	关联方向	关联强度
近端胃 10 min 排空率	0.186	0.059	正相关	弱
近端胃 20 min 排空率	0.243	0.017	正相关	弱~中
近端胃 30 min 排空率	0.315	0.004	正相关	中
远端胃 10 min 排空率	0.338	0.002	正相关	中
远端胃 20 min 排空率	0.412	<0.001	正相关	中~强
远端胃 30 min 排空率	0.467	<0.001	正相关	中~强

本研究相关性分析均纳入对照组、A 组、B 组所有研究对象的合并数据(总样本量 $n = 147$)进行分析。相关系数 r 绝对值 0.1~0.3 为弱相关;0.3~0.5 为中度相关;>0.5 为强相关。

2.6 多因素线性回归分析

BMI 分组是影响 MI 的独立因素且两者呈负相关($\beta = -0.325, P < 0.001$),即 BMI 每升高一个等级(从正常到超重、超重到肥胖),MI 均降低。见表 6。

表 6 影响胃动力指数(MI)的多因素线性回归分析

自变量	β 值	SE 值	t 值	P 值
BMI 分组	-0.325	0.087	-3.735	<0.001
年龄	0.052	0.061	0.852	0.396
性别	0.078	0.102	0.765	0.446
GSRs 评分	-0.112	0.089	-1.258	0.212

控制混杂因素后,BMI 分组对胃排空率的负向影响呈时间依赖性和区域特异性,远端胃各时间点差异有统计意义($P < 0.001$),近端胃仅 20 min、30 min 差异有统计意义($P = 0.018, 0.007$),且年龄、性别及 GSRs 评分无统计学差异($P > 0.05$)。见表 7。

表 7 BMI 分组对各时间段胃排空率影响的多因素线性回归分析结果

因变量	自变量	β 值	SE 值	t 值	P 值
近端胃 10 min 排空率	BMI 分组	-0.152	0.091	-1.670	0.098
	年龄	0.038	0.065	0.585	0.559
	性别	0.062	0.108	0.574	0.566
近端胃 20 min 排空率	GSRs 评分	-0.093	0.092	-1.011	0.313
	BMI 分组	-0.213	0.089	-2.393	0.018
	年龄	0.045	0.063	0.714	0.476
近端胃 30 min 排空率	性别	0.075	0.105	0.714	0.476
	GSRs 评分	-0.108	0.090	-1.200	0.231
	BMI 分组	-0.257	0.093	-2.763	0.007
远端胃 10 min 排空率	年龄	0.051	0.066	0.773	0.440
	性别	0.081	0.110	0.736	0.462
	GSRs 评分	-0.115	0.094	-1.223	0.223
远端胃 20 min 排空率	BMI 分组	-0.301	0.085	-3.541	<0.001
	年龄	0.042	0.061	0.689	0.491
	性别	0.089	0.102	0.873	0.383
远端胃 30 min 排空率	GSRs 评分	-0.123	0.088	-1.398	0.163
	BMI 分组	-0.346	0.090	-3.844	<0.001
	年龄	0.039	0.064	0.609	0.543
远端胃 10 min 排空率	性别	0.095	0.107	0.888	0.375
	GSRs 评分	-0.131	0.091	-1.440	0.151
	BMI 分组	-0.389	0.088	-4.420	<0.001
远端胃 20 min 排空率	年龄	0.047	0.062	0.758	0.449
	性别	0.102	0.104	0.981	0.327
	GSRs 评分	-0.138	0.089	-1.551	0.122

3 讨论

肥胖患者往往会并发高血压、高血糖、高血脂、冠心病等^[10]。肥胖人群普遍存在胃肠动力异常表现,包括胃排空时间延长、胃蠕动波幅降低等功能性改变,其发病机制可能与多重因素相关。既往胃动力研究中,多数学者使用的是胃排空闪烁扫描、C-13 乙酸钠呼气实验等方法研究肥胖患者的胃排空功能^[11-12]。然而胃排空闪烁扫描无法直观显示胃部解剖结构,且因其具有放射性暴露风险、对设备要求较高且检查成本昂贵等因素,导致其在临床推广应用中受到较大限制。C-13 乙酸钠呼气试验首先无法提供胃部解剖结构信息,其次检测结果易受机体代谢状态影响,再次其在检测灵敏度方面表现欠佳,这些因素共同制约了该技术在临床实践中的应用价值。而胃肠充盈超声检查已建立《中国胃充盈超声检查专家共识》^[13],具有实时、无创、可重复性好、操作简便及病人耐受好等特点,但目前鲜有使用胃肠充盈超声检查来定量分析不同 BMI 人群的胃动力功能。

从胃动力功能核心参数的对比结果来看,本研究明确对照组(BMI 正常组)、A 组(超重组)、B 组(肥胖组)三类人群的胃动力功能呈“对照组>A 组>B 组”梯度变化,证实 BMI 与胃动力功能的负相关关系,且 BMI 越高胃动力功能越弱。这一现象的潜在机制可从两方面解析:一方面,高 BMI 人群常见的暴饮暴食习惯会导致胃腔反复过度扩张,使胃

壁机械感受器敏感性下降,进而削弱胃平滑肌的收缩反馈调节,导致蠕动强度与频率降低^[14];另一方面,人体内有多种激素影响胃动力功能,其中胃饥饿素^[15]是一种作用类似与胃动素的胃肠道激素,起着促进胃蠕动与排空的功能,而超重及肥胖患者体内有多种因素使胃饥饿素水平降低,导致其胃动力功能低于正常人^[16-17]。另有研究^[18-19]指出,长期的脂肪摄入会增加葡萄糖依赖性胰岛素释放肽(GIP)和胰高糖素样肽-1(GLP-1)的产生,这两种激素均可以抑制胃的排空;同时,胃排空功能以及幽门松弛受抑制也受瘦素影响,其是一种可以抑制胃排空的胃肠道激素^[20],它由脂肪细胞分泌,且与脂肪储存成比例,这使得超重及肥胖患者的瘦素水平提升,从而抑制胃动力功能。并且本研究发现 BMI 对远端胃排空率的抑制作用强于近端胃,可能与远端胃平滑肌对 GLP-1、瘦素等激素的敏感性更高相关,具体需结合胃肠激素检测进一步验证。除上述机制外,高 BMI 状态引发的代谢紊乱与组织微环境改变,进一步加剧了胃动力功能的下降。本研究数据显示,A 组、B 组的甘油三酯、总胆固醇水平显著高于对照组($P < 0.05$),提示肥胖相关的血脂异常可能通过诱发胰岛素抵抗降低 Cajal 间质细胞的慢波电位稳定性,导致胃蠕动节律紊乱,同时阻断平滑肌细胞内钙离子释放通路,影响胃动力的“起搏-收缩”来削弱收缩强度^[21]。此外,肥胖伴随的慢性低度炎症也不可忽视,内脏脂肪分泌的 TNF- α 、IL-6 等炎症因子,可下调胃平滑肌收缩相关蛋白表达,并损伤胃肠神经丛的信号传递,使得 BMI 越高,炎症介导的动力抑制作用越显著^[22],最终形成“对照组 > A 组 > B 组”的胃动力功能梯度变化。

综上,BMI 与胃动力功能的负相关是多机制协同作用的结果,且这些机制的作用强度随 BMI 升高而增强,最终形成“BMI 越高,胃动力功能越低”的病理生理特征。本研究采用的胃充盈超声造影技术,通过量化胃蠕动与排空参数,为该机制分析提供了直接的影像学证据,也为后续针对肥胖相关胃动力障碍的临床干预提供了参考,胃充盈超声造影实时、无创、可操作性强、可重复性高,是潜在评估不同 BMI 人群胃动力功能首选检查方法。

参考文献

- [1] 苏森,王飒爽,赵东强.《中国肥胖症消化内镜治疗专家共识》解读[J]. 临床荟萃,2025,40(4):366-371.
- [2] 钱婧,李萍,许林鑫,等.全球肥胖流行病学特征与诊断标准革新:现状争议与未来方向[J]. 中国药物与临床,2025,25(6):359-363.
- [3] 孙红.2型糖尿病胃轻瘫患者的中医证型及各证型的胃电图特点分析[J]. 大医生,2024,9(17):91-93.
- [4] 中国抗癌协会胃癌专业委员会,中国抗癌协会肿瘤内镜学专

- 委员会,梁寒,等.胃癌胃镜活检标本 HER-2 检测中国专家共识(2023 版)[J]. 中国肿瘤临床,2023,50(19):973-982.
- [5] 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.
- [6] Gutin I. In BMI we trust:reframing the body mass index as a measure of health[J]. *Social Theory & Health*,2018,16(3):256-271.
- [7] Zaika S,Paliy I,Chernobrovyi V,*et al.* The study and comparative analysis of GerdQ and GSRS Questionnaires on gastroesophageal reflux disease diagnostics[J]. *Przegląd Gastroenterologiczny*,2020,15(4):323-329.
- [8] 孙柏馨,高晓军,魏广玉,等.超声胃功能检测诊断糖尿病胃轻瘫的临床研究[J]. 中国临床保健杂志,2019,22(1):86-89.
- [9] 袁玮琪,岳文胜,刘燕清,等.胃肠超声造影定量评价高压力生活状态下大学生胃动力变化[J]. 中国医学影像技术,2022,38(2):232-237.
- [10] Engin A. The definition and prevalence of obesity and metabolic syndrome[J]. *Advances in Experimental Medicine and Biology*,2017,960:1-17.
- [11] Wölnerhanssen BK, Meyer-Gerspach AC, Peters T,*et al.* Incretin effects,gastric emptying and insulin responses to low oral glucose loads in patients after gastric bypass and lean and obese controls[J]. *Surgery for Obesity and Related Diseases*,2016,12(7):1320-1327.
- [12] Cardoso-Junior A,Coelho LGV,Savassi-Rocha PR,*et al.* Gastric emptying of solids and semi-solids in morbidly obese and non-obese subjects:an assessment using the 13C-octanoic acid and 13C-acetic acid breath tests[J]. *Obesity Surgery*,2007,17(2):236-241.
- [13] 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.
- [14] Maddox A,Horowitz M,Wishart J,*et al.* Gastric and oesophageal emptying in obesity[J]. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*,1989,24(5):593-598.
- [15] 杨晓晖,丛佳林.糖尿病胃轻瘫的诊断与处理[J]. 中华全科医学,2017,15(3):369-370.
- [16] Camilleri M. Incretin impact on gastric function in obesity:physiology, and pharmacological, surgical and endoscopic treatments[J]. *The Journal of Physiology*,2025,603(24):7713-7729.
- [17] Ibrahim Abdalla MM. Ghrelin - physiological functions and regulation[J]. *European Endocrinology*,2015,11(2):90-95.
- [18] 王恬园,于芸,韩如泉.胰高血糖素样肽-1 受体激动剂的临床应用及围术期研究进展[J]. 首都医科大学学报,2024,45(6):1115-1121.
- [19] Miron I,Dumitrascu DL. Gastrointestinal motility disorders in obesity[J]. *Acta Endocrinologica*,2019,15(4):497-504.
- [20] Gala K,Ghusn W, Abu Dayyeh BK. Gut motility and hormone changes after bariatric procedures [J]. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes, and Obesity*,2024,31(3):131-137.
- [21] 张惠贞,张红,李伟,等.基于 PI3K/Akt/mTOR 信号通路探讨蚕沙提取物对糖尿病胃轻瘫大鼠 Cajal 间质细胞的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2024,30(8):66-73.
- [22] Tall AR,Yvan-Charvet L. Cholesterol, inflammation and innate immunity[J]. *Nature Reviews Immunology*,2015,15(2):104-116.

(收稿日期:2025-08-13

修回日期:2025-11-11)