胃电图临床操作与分析指南*#

中华医学会消化病学分会胃肠动力学组 功能性胃肠病协作组 食管疾病协作组

摘要 胃电图是记录胃肌电活动、评估胃功能的重要技术。目前,我国较多医疗机构已开展胃电图检查。为规范该技术的操作和应用,中华医学会消化病学分会胃肠动力学组、功能性胃肠病协作组、食管疾病协作组与中国健康促进基金会共同开展胃肠动力诊疗质控评估建设专科协作公益项目,并牵头制定本指南。指南制定过程中邀请国内相关领域专家对国内外相关文献进行检索、梳理、讨论,并多次召开专家研讨会,确定指南内容。本指南包括胃电图的原理、适应证、禁忌证、详细操作流程以及数据分析和解读。

关键词 实践指南; 胃电描记术; 操作; 分析

Clinical Practice Guidelines for Electrogastrography: Operation and Analysis *Gastrointestinal Motility Group, Collaborative Group of Functional Gastrointestinal Disorders, Collaborative Group of Esophageal Diseases, Chinese Society of Gastroenterology, Chinese Medical Association*

Correspondence to: DAI Fei, Department of Gastroenterology, the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an (710004), Email: daifei68@xjtu.edu.cn

Abstract Electrogastrography (EGG) is a vital technique for recording gastric myoelectrical activity and assessing gastric function. Currently, many medical institutions in China have adopted EGG in clinical practice. To standardize its operation and application, Gastrointestinal Motility Group, Collaborative Group of Functional Gastrointestinal Disorders, and Collaborative Group of Esophageal Diseases of Chinese Society of Gastroenterology, Chinese Medical Association, together with the Chinese Health Promotion Foundation, initiated the gastrointestinal motility quality control circle and took the lead in formulating the guidelines. Experts in related fields were invited to systematically retrieve, review, and discuss the relevant literatures, and finalize the content by multiple professional workshops. This guideline covers the principles, indications, contraindications, detailed operational procedures, as well as data analysis and interpretation of EGG.

Key words Practice Guidelines; Electrogastrography; Operation; Analysis

WEI CHANG DING XUE

胃电图是通过腹部体表电极或浆膜层/黏膜层电极记录胃肌电活动(gastric myoelectrical activity, GMA)电信号的检查方法。动态胃电图可动态记录空腹和餐后两种状态下的GMA电信号,不同试验餐可能产生不同的餐后胃电图反应[1]。

1921年胃肠病学家沃尔特·阿尔瓦雷斯在前期多次动物实验的基础上,经体表观察到1例极度消瘦的老年妇女出现每分钟约3次的上腹部胃收缩,与胃电信号频率一致,此为人类的第一个胃电图记录。目前临床使用的胃电图记录设备多为4通道,近年新西兰Greg O'Grady团队研发出了24通道胃电图,对胃部活动的捕捉能力增强,并可利用人工智能进行分析[2]。

鉴于胃电图的非创伤性和临床应用价值,该技术越来越受到临床医师和研究者的关注,并于20世纪90年代起广泛开展[3]。目前,我国有较多医疗机构已开展胃电图检查。1999年11月,中华医学会全国胃电图学术会议在厦门召开,经过讨论制定了胃电图检查的规范和评判标准[4],自此,胃电图在国内开始应用于临床。为规范该技术的操作和应用,更好地服务于临床诊疗工作,中华医学会消化病学分会胃肠动力学组、功能性胃肠病协作组、食管疾病协作组与中国健康促进基金会共同开展胃肠动力诊疗质控评估建设专科协作公益项目,专家组成员经多次讨论形成如下建议,供临床医师参考。

一、胃电图的生理基础

正常人群存在GMA,胃电信号呈现一定的节律性,一般频率为2~4个周期/min。通过在腹壁胃投影位置放置体表电极或在胃黏膜层/浆膜层放置体内电极记录胃生物电信号,可对胃运动功能进行

DOI: 10.3969/j.issn.1008-7125.2025.11.006

*原文刊载于《中华消化杂志》,经中华医学会和《中华消化杂志》编辑部授权转载

&本文通信作者:戴菲,西安交通大学第二附属医院消化内科(710004),Email: daifei68@xjtu.edu.cn

评估[5-6]。

GMA由慢波和尖峰电位组成，两者间存在密切关系。慢波也称起搏电位或电控活动，起源于胃的起搏区域，通常位于胃体上部，由Cajal间质细胞通过其膜电位变化产生，然后沿胃壁传播。慢波频率约为3个周期/min，其决定了胃的基本电节律和收缩节律。尖峰电位也称为动作电位或电反应活动，由平滑肌细胞在慢波的基础上产生，当慢波到达胃的某个区域时，如果该区域的慢波与尖峰电位叠加，就会引发该区域的胃肌肉收缩。慢波的频率和传播速度，以及尖峰电位的幅度和时序，共同决定了胃的收缩效率和运动协调性。此种电活动模式使胃能以一种有序的方式进行食物混合和推进，而后进行消化[7-10]。

在刺激或疾病状态下，甚至是自发状态下，GMA均可能发生异常。胃节律失常可基于频率进行定义，包括胃电过缓、胃电过速和胃电节律紊乱（表1[11]）。

表1　胃电节律失常及其定义[11]

分类	解释
无胃电节律/胃电节律紊乱	慢波频率和（或）传播异常；正常人类胃慢波频率范围为2～4个周期/min
静止	没有慢波活动
胃电过缓	慢波活动<2个周期/min
胃电过速	慢波活动>4个周期/min

胃节律失常会影响胃的收缩运动，导致胃排空延迟，引起相应症状[12]。

Chen等[13]对有胃轻瘫症状的患者进行胃电图和胃排空检测，发现餐后胃电节律失常预测胃排空延迟的准确性为78%，餐后功率降低预测胃排空延迟的准确性为75%，以上两种情况均存在，则预测胃排空延迟的准确性为100%。

二、胃电图记录的原理

有多种方法可记录胃电信号：①将电极通过腹部手术固定于胃浆膜层记录胃电；②通过插管或经口吞入带电极导管至胃黏膜层记录胃电[14-15]；③通过内镜将电极贴于胃黏膜层记录胃电[16]；④在体表相应区域放置电极记录胃电。相较于浆膜和黏膜层记录，体表胃电检测无创且更为方便，但其信号相对微弱且易受躯体、呼吸、肠道运动等干扰，所以胃电信号的记录和分析尤其需要标准化、规范化。

大量研究已证实体表记录的胃电信号与黏膜和浆膜层记录的胃电信号是一致的。研究报道，无论是健康志愿者还是胃轻瘫患者，同一个体的体表与自身黏膜或浆膜层胃电的慢波频率相似、振幅变化一致[15-17]。Chen等[18]和Lin等[19]发现胃轻瘫患者在禁食、饮水、流质饮食状态下的体表与黏膜或浆膜层记录的胃电慢波频率和振幅变化均一致。

三、胃电图记录仪

胃电图记录主要由电极、放大器、滤波器、模数转换器和数据处理系统组成。电极采用银-氯化银材质，以确保信号稳定，记录前应进行皮肤准备以减小阻抗。信号通过放大器增强，再经过滤波器消除基线漂移和非胃源性干扰，模数转换器将模拟信号转化为数字信号，并存储于计算机中进行分析，提取胃电信号的主频率、功率、稳定性等信息，以评估GMA[20]。

目前用于临床和研究的胃电图记录设备有多种配置，主要包括单通道、4通道和高分辨率多通道系统。单通道设备结构简单、操作便捷，适用于基础胃电监测，但信息覆盖区域较少，只能记录特定胃区的电活动。高分辨率多通道胃电图系统操作复杂、数据处理需求较大，适合复杂的胃动力学研究而非常规临床使用[21-22]。4通道胃电图信号记录范围覆盖胃体、近端幽门等关键区域，能捕捉胃慢波的空间传播和节律变化，评估通道之间的频率耦合，反映正常慢波的传播，提供全面的动力学信息，已被证实能满足日常临床监测需求，并已广泛应用于临床[23-25]。

四、胃电图的适应证和禁忌证

1. 适应证

胃电图适用于以下情况：①消化不良[25]；②不明原因的恶心、呕吐[26]；③怀疑胃轻瘫[13,27]；④评估药物和非药物治疗的效果[6,28-29]；⑤评估围手术期患者的GMA等[30-32]。胃电图对诊断器质性疾病无明确参考意义[4]。

2. 禁忌证

检查期间不能保持静卧、对电极过敏者禁行胃电图。

五、检查前准备

胃电图检查前，受试者需要至少禁食6 h或过夜，至少停用3 d影响胃动力的药物。

当日检查前，需彻底清洁电极放置处的腹部皮肤：将磨砂膏涂抹于电极放置处皮肤，用纱布刮擦皮肤直至微微发红，再擦去多余的磨砂膏。如无磨砂膏，可用0.9% NaCl溶液替代，擦拭后等待晾干；

WEI CHANG BING XUE

涂抹导电胶至电极贴片处，1 min后待皮肤吸收后，擦去多余的导电胶[6]。

六、检查过程和操作方法

1. 电极贴片放置

目前临床常使用多通道胃电图记录胃电活动，对于儿童或胃切除术后体表投影较小的患者，可选择单通道胃电图。

①4通道：将4个表面电极（电极1~4）置于腹部，大致对应胃体、近端胃窦、远端胃窦和幽门区域；另需放置1个参考电极和1个接地电极。电极3置于剑突与脐连线的中点；电极4置于电极3右侧水平2~4 cm处；电极2和电极1均置于电极3左上方45°，两者间隔4~6 cm，具体位置取决于受试者的体型。参考电极置于电极1水平线与电极3垂直线的交点，接地电极放置于电极3同一水平左侧肋弓处（图1）。

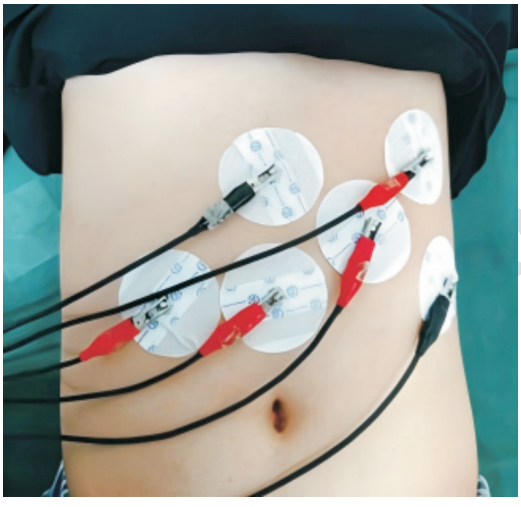


图1 胃电图电极放置位置

注意事项如下。如果患者剑突偏上方，可将电极3位置适当下移，以减少心电干扰。剑突位置偏下者可将电极3位置适当上移，以减少横结肠信号干扰。对于体型消瘦者，如果电极贴片过于密集，可将贴片剪小，但须保留中间电信号接触点[33-34]。

②单通道：第一个电极置于剑突与脐连线的中点，另一个电极置于第一个电极左上45°约5 cm处。参考电极置于第一个电极同一水平左肋缘处[6]。另有文献报道双电极分别置于脐与剑突连线中点旁开45°左3~4 cm和右2 cm处，参考电极与双电极之间呈等腰三角形[4]。

2. 记录

建议空腹时记录30 min，餐后继续记录30~60 min[6,35-36]。餐后延长记录时间可能有更多机会观察胃电节律紊乱及其与症状之间的关系[4]。为明确消化间期胃肠道移行性复合运动（migrating motor complex, MMC）Ⅲ相对胃电图波幅的影响，需要在空腹时记录30 min；在MMC Ⅲ相，胃电图波幅可能高于餐后[36]。如果空腹胃电图记录时间过短，可能观察不到餐后胃电图功率增加，因此建议至少需要记录15 min。

注意事项如下。胃电图记录应在安静环境中进行；受试者需取仰卧位，保持安静，整个过程中不能说话或活动，保持清醒，避免入睡[4,6,37]。

3. 检查试餐

对于一般人群，试餐应为热量为250~450 kcal（1 kcal=4.184 kJ）的食物，且脂肪固体食物占比≤35%[6]。根据国人的饮食习惯，推荐以50 g火腿（约100 kcal）、60~80 g方便面（300~350 kcal）和400 mL水作为试餐[4,37]。

注意事项如下。①试餐应在15 min内进食完毕，待吞咽结束5 min后再进行餐后胃电图检查[38]。关于试餐量及其成分对胃电图影响的研究显示，低热量试餐无法引起餐后生理反应，因此不适用于胃电图检查；将试餐量减少至正常餐量的一半不会影响餐后胃电图变化，因此建议有腹胀等消化道症状的患者使用浓缩试餐[1]。②糖尿病患者需在血糖控制良好的情况下进行胃电图检查。受试者进行胃电图检查前一晚应禁食，密切监测血糖水平以避免低血糖，必要时可静脉输注葡萄糖[39]。检查当日，对于正在使用胰岛素控制血糖的糖尿病患者需注射其日常使用长效胰岛素的剂量[40]，摄入标准餐时按照平时剂量注射短效胰岛素，其间监测血糖水平，必要时调整胰岛素剂量[41]。

七、主要参数的意义

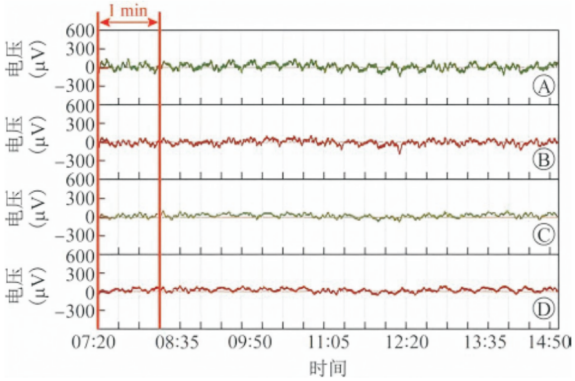
1. 胃电图参数分析

①主频和主功率：功率谱中功率达到峰值时的频率为主频，主频所对应的功率为主功率。健康受试者的胃电图主频在2~4次/min，主频不在此范围内为胃电节律紊乱，主频<2次/min为胃电过缓，主频>4~<9次/min为胃电过速，频谱中缺乏节律性胃电活动为无胃电节律[42]（图2-4）。

研究表明，功能性呕吐患者的餐后主频显著降低[43]，有恶心症状的晕动症患者主频消失[44]，儿童慢性假性肠梗阻患者餐前主频显著升高[45]；此外，原发性胃轻瘫患者餐后主频显著降低[46]。

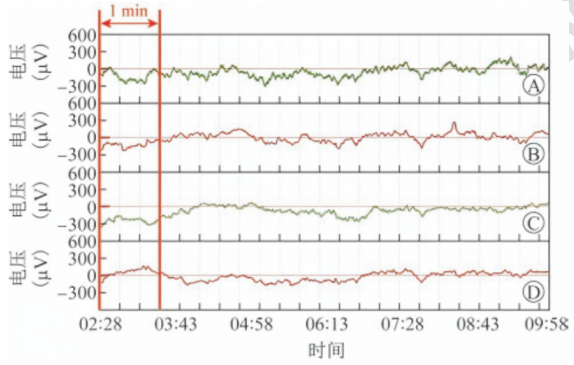
②正常胃电慢波（normal gastric slow wave, N）

百分比(N%):N%指频率在2~4次/min内的胃电占所有胃电的百分比,国外N%参考值为>70%[47],我国N%参考值为>65%[37]。研究表明,功能性消化不良(functional dyspepsia, FD)、胃食管反流病(gastro-esophageal reflux disease, GERD)、原发性假性肠梗阻和功能性呕吐患者的N%均明显降低[25,43,48-49];有恶心症状的晕动症患者和原发性胃轻瘫患者餐后N%也显著降低[44,46]。相关疗效评估显示,经皮穴位电刺激疗法可显著升高GERD和FD患者的N%[29]。



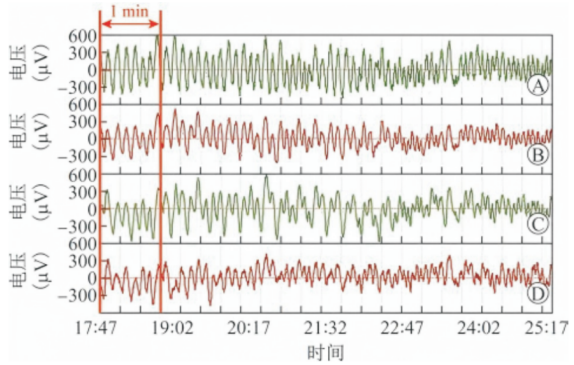
注:根据电极在体表的位置,胃电图通道A、B、C、D分别为胃体、近端胃窦、远端胃窦、幽门的胃电活动

图2 正常节律胃电图(餐前)



注:根据电极在体表的位置,胃电图通道A、B、C、D分别为胃体、近端胃窦、远端胃窦、幽门的胃电活动

图3 胃电过缓的胃电图特征(餐前)



注:根据电极在体表的位置,胃电图通道A、B、C、D分别为胃体、近端胃窦、远端胃窦、幽门的胃电活动

图4 胃电过速的胃电图特征(餐前)

③胃电节律紊乱百分比:该参数反映胃电慢波节律的不规律性,包括胃电过缓百分比、胃电过速百分比、无胃电节律百分比。研究表明,FD、不明原因恶心呕吐和GERD患者的胃电过缓和胃电过速百分比均明显增高[25-26,48];原发性胃轻瘫患者餐后胃电过缓百分比显著增高[46],周期性呕吐综合征患者胃电过速百分比显著增高[50]。恶心呕吐综合征患者常伴有胃慢波节律异常,研究显示,胃电节律紊乱可能是引发恶心呕吐的关键因素[51]。此外,GERD患者的异常胃电慢波与其症状密切相关[52]。

④餐后/餐前主功率比:胃电图主功率受多种因素影响,包括电极位置、皮肤准备情况、腹壁厚度等,因此提出了稳定性更好的指标——主功率比,该指标反映了膳食、水或药物等干预后主功率的相对变化。健康人的主功率比>1[53]。研究表明,FD、不明原因恶心呕吐和周期性呕吐综合征患者的主功率比显著降低[26,51,54],糖尿病胃轻瘫患者餐后主功率比也有所下降[55]。

⑤慢波频率的不稳定系数(instability coefficient, IC):IC为主频标准差与均值的比值,可反映主频在记录期间的变化程度。IC值较高说明主频波动较大,胃慢波稳定性较低;反之,IC值较低则表明胃慢波相对稳定[53]。

⑥慢波偶联百分比:慢波偶联百分比指在整个记录时段内,被确认为偶联状态的慢波时间所占的百分比[47],适用于多通道胃电图。该指标反映胃慢波传播的协调性或一致性。当慢波偶联百分比为0时,提示各个通道中的慢波频率均不相同。研究表明,FD患者餐后慢波偶联百分比显著降低,该参数可用于识别FD患者的慢波解偶联现象[54]。

⑦其他参数:如胃电功率分布百分比、慢波传播百分比等在临床实践中使用较少。胃电功率分布百分比的缺点是对噪音或运动伪影敏感,生理意义不大。

需要注意的是,应避免对胃电图进行时域分析,因为不同受试者之间的胃电图波幅和波形差异较大。

2. 胃电图异常类型

胃电图异常类型可分为3大类:①根据胃电频率,分为胃电过缓、胃电过速、混合性胃电节律紊乱(包括胃电过速和胃电过缓)、无胃电节律;②根据胃电节律紊乱发生时间,分为餐前胃电紊乱、餐后正常,餐前正常、餐后胃电紊乱,以及餐前、餐后胃

电均紊乱；③根据胃电主功率比，餐后/餐前主功率比≤1为异常。

八、胃电图的应用

胃电图检查可通过胃电节律数据分析为胃动力障碍性疾病的诊疗提供客观依据[20]。胃电节律异常与一些常见疾病有关，胃电图检查在一定程度上可为治疗方案的选择提供指导。胃电过速见于FD和糖尿病性胃肠病，可予胃肠促动药，也可予胃电刺激治疗[25,56-58]；胃电过缓与胃轻瘫相关时，推荐采用胃电刺激治疗[59]。胃轻瘫作为胃电节律异常最常见的病因，以特发性和糖尿病性为主[57,60]，其他还包括药物、手术、病毒感染和自身免疫因素[61]，临床治疗以改善症状、恢复胃动力为核心，同时需重视病因管理，如糖尿病性胃轻瘫需严格控糖[62]。动态胃电图监测可协助优化治疗方案，药物与非药物联合干预（饮食和心理干预以及针灸或经皮穴位电刺激疗法等）近年来亦受到推荐。

利益冲突：专家组所有成员声明不存在利益冲突

执笔专家：戴菲（西安交通大学第二附属医院消化内科），刘诗（华中科技大学同济医学院附属协和医院消化内科），向雪莲（华中科技大学同济医学院附属协和医院消化内科），黄智慧（浙江大学医学院附属邵逸夫医院消化内科），张妮娜（南京大学医学院附属鼓楼医院消化内科），段志军（大连医科大学第一附属医院消化内科），姜柳琴（江苏省人民医院消化内科）

专家委员会成员（按姓氏汉语拼音排序）：陈旻湖（中山大学附属第一医院消化内科），迟雁（北京大学第一医院消化内科），戴菲（西安交通大学第二附属医院消化内科），戴宁（浙江大学医学院附属邵逸夫医院消化内科），段志军（大连医科大学第一附属医院消化内科），侯晓华（华中科技大学同济医学院附属协和医院消化内科），黄智慧（浙江大学医学院附属邵逸夫医院消化内科），李晓青（中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院消化内科），李延青（山东大学齐鲁医院消化内科），林琳（江苏省人民医院消化内科），吕宾（浙江中医药大学附属第一医院消化内科），王邦茂（天津医科大学总医院消化内科），王琨（北京大学第三医院消化内科），向雪莲（华中科技大学同济医学院附属协和医院消化内科），肖英莲（中山大学附属第一医院消化内科），姚玮艳（上海交通大学医学院附属瑞金医院消化内科），张妮娜（南京大学医学院附属鼓楼医院消化内科），邹多武（上海交通大学医学院附属瑞金医院消化内科）

参考文献

[1] LEVANON D, ZHANG M, ORR W C, et al. Effects of meal volume and composition on gastric myoelectrical activity[J]. Am J Physiol, 1998, 274 (2): G430-G434.

[2] CALDER S, SCHAMBERG G, VARGHESE C, et al. An automated artifact detection and rejection system for body surface gastric mapping[J]. Neurogastroenterol Motil, 2022, 34 (11): e14421.

[3] CHEN J D, MCCALLUM R W. Clinical applications of electrogastrography[J]. Am J Gastroenterol, 1993, 88 (9): 1324-1336.

[4] 柯美云，周吕. 胃电图检查及其评判标准(草案)[J]. 中华内科杂志, 2000, 39 (3): 211.

[5] SMOUT A J, VAN DER SCHEE E J, GRASHUIS J L. What is measured in electrogastrography?[J]. Dig Dis Sci, 1980, 25 (3): 179-187.

[6] YIN J, CHEN J D. Electrogastrography: methodology, validation and applications[J]. J Neurogastroenterol Motil, 2013, 19 (1): 5-17.

[7] O'GRADY G, GHARIBANS A A, DU P, et al. The gastric conduction system in health and disease: a translational review[J]. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol, 2021, 321 (5): G527-G542.

[8] HINDER R A, KELLY K A. Human gastric pacesetter potential. Site of origin, spread, and response to gastric transection and proximal gastric vagotomy[J]. Am J Surg, 1977, 133 (1): 29-33.

[9] O'GRADY G, DU P, CHENG L K, et al. Origin and propagation of human gastric slow-wave activity defined by high-resolution mapping[J]. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol, 2010, 299 (3): G585-G592.

[10] BERRY R, MIYAGAWA T, PASKARANANDAVADIVEL N, et al. Functional physiology of the human terminal antrum defined by high-resolution electrical mapping and computational modeling[J]. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol, 2016, 311 (5): G895-G902.

[11] DU P, CALDER S, ANGELI T R, et al. Progress in mathematical modeling of gastrointestinal slow wave abnormalities[J]. Front Physiol, 2018, 8: 1136.

[12] O'GRADY G, ANGELI T R, DU P, et al. Abnormal initiation and conduction of slow-wave activity in gastroparesis, defined by high-resolution electrical mapping[J]. Gastroenterology, 2012, 143 (3): 589-598. e3.

[13] CHEN J D, LIN Z, PAN J, et al. Abnormal gastric myoelectrical activity and delayed gastric emptying in patients with symptoms suggestive of gastroparesis[J]. Dig Dis Sci, 1996, 41 (8): 1538-1545.

[14] 徐振耀，沈奇. 胃电图的测量、分析和未来的应用[J]. 国外医学生物医学工程分册, 1993, 16 (1): 25-31.

WEI CHANG BING XUE

[15] HAMILTON J W, BELLAHSENE B E, REICHELDERFER M, et al. Human electrogastrograms. Comparison of surface and mucosal recordings[J]. Dig Dis Sci, 1986, 31 (1): 33-39.

[16] COLESKI R, HASLER W L. Directed endoscopic mucosal mapping of normal and dysrhythmic gastric slow waves in healthy humans[J]. Neurogastroenterol Motil, 2004, 16 (5): 557-565.

[17] SHINE A, MATHUR P, AHMED S, et al. Low-resolution electrogastrogram at baseline and response to temporary gastric electrical stimulation: a comparison of cutaneous with mucosal recordings[J]. Neuromodulation, 2022, 25 (8): 1150-1159.

[18] CHEN J D, SCHIRMER B D, MCCALLUM R W. Serosal and cutaneous recordings of gastric myoelectrical activity in patients with gastroparesis[J]. Am J Physiol, 1994, 266 (1 Pt 1): G90-G98.

[19] LIN Z, CHEN J D, SCHIRMER B D, et al. Postprandial response of gastric slow waves: correlation of serosal recordings with the electrogastrogram[J]. Dig Dis Sci, 2000, 45 (4): 645-651.

[20] PARKMAN H P, HASLER W L, BARNETT J L, et al. Electrogastrography: a document prepared by the gastric section of the American Motility Society Clinical GI Motility Testing Task Force[J]. Neurogastroenterol Motil, 2003, 15 (2): 89-102.

[21] GHARIBANS A A, COLEMAN T P, MOUSA H, et al. Spatial patterns from high-resolution electrogastrography correlate with severity of symptoms in patients with functional dyspepsia and gastroparesis[J]. Clin Gastroenterol Hepatol, 2019, 17 (13): 2668-2677.

[22] GHARIBANS A A, KIM S, KUNKEL D, et al. High-resolution electrogastrogram: a novel, noninvasive method for determining gastric slow-wave direction and speed[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2017, 64 (4): 807-815.

[23] MURAKAMI H, MATSUMOTO H, UENO D, et al. Current status of multichannel lectrogastrography and examples of its use[J]. J Smooth Muscle Res, 2013, 49: 78-88.

[24] OCZKA D, AUGUSTYNEK M, PENHAKER M, et al. Electrogastrography measurement systems and analysis methods used in clinical practice and research:comprehensive review[J]. Front Med (Lausanne), 2024, 11: 1369753.

[25] VARGHESE C, CARSON D A, BHAT S, et al. Clinical associations of functional dyspepsia with gastric dysrhythmia on electrogastrography: a comprehensive systematic review and meta-analysis[J]. Neurogastroenterol Motil, 2021, 33 (12): e14151.

[26] GELDOF H, VAN DER SCHEE E J, VAN BLANKENSTEIN M, et al. Electrogastrographic study of gastric myoelectrical activity in patients with unexplained nausea and vomiting[J]. Gut, 1986, 27 (7): 799-808.

[27] CHEN J, MCCALLUM R W. Gastric slow wave abnormalities in patients with gastroparesis[J]. Am J Gastroenterol, 1992, 87 (4): 477-482.

[28] CHEN J D, KE M Y, LIN X M, et al. Cisapride provides symptomatic relief in functional dyspepsia associated with gastric myoelectrical abnormality[J]. Aliment Pharmacol Ther, 2000, 14 (8): 1041-1047.

[29] YIN J, CHEN J D. Noninvasive electrical neuromodulation for gastrointestinal motility disorders[J]. Expert Rev Gastroenterol Hepatol, 2023, 17 (12): 1221-1232.

[30] 袁杨,曹伯雄,夏艳,等. 食管癌围术期管胃的胃电图变化特征[J]. 中华消化外科杂志, 2015, 14 (12): 997-1001.

[31] KIM H Y, PARK S J, KIM Y H. Clinical application of electrogastrography in patients with stomach cancer who undergo distal gastrectomy[J]. J Gastric Cancer, 2014, 14 (1): 47-53.

[32] HOMMA S, SHIMAKAGE N, YAGI M, et al. Electrogastrography prior to and following total gastrectomy, subtotal gastrectomy, and gastric tube formation[J]. Dig Dis Sci, 1995, 40 (4): 893-900.

[33] SIMONIAN H P, PANGANAMAMULA K, CHEN J Z, et al. Multichannel electrogastrography (EGG) in symptomatic patients: a single center study[J]. Am J Gastroenterol, 2004, 99 (3): 478-485.

[34] SIMONIAN H P, PANGANAMAMULA K, PARKMAN H P, et al. Multichannel electrogastrography (EGG) in normal subjects: a multicenter study[J]. Dig Dis Sci, 2004, 49 (4): 594-601.

[35] SOMARAJAN S, MUSZYNSKI N D, OBIOHA C, et al. Biomagnetic and bioelectric detection of gastric slow wave activity in normal human subjects: a correlation study[J]. Physiol Meas, 2012, 33 (7): 1171-1179.

[36] CHEN J D, RICHARDS R D, MCCALLUM R W. Identification of gastric contractions from the cutaneous electrogastrogram[J]. Am J Gastroenterol, 1994, 89 (1): 79-85.

[37] 陈艳敏,柯美云,王智凤,等. 50名健康人胃电参数及其影响因素的研究[J]. 中华消化杂志, 2000, 20 (4): 227-229.

[38] 刘冠岐,董国玉,丁婷婷,等. 糖尿病胃轻瘫与功能性消化不良患者胃电图检测分析[J]. 中国临床研究, 2021, 34 (12): 1662-1664, 1669.

WEI CHANG BING XUE

[39] TOPOROWSKA - KOWALSKA E, WASOWSKA - KRÓLIKOWSKA K, SZADKOWSKA A, et al. Electrogastrography in children and adolescents with type 1 diabetes: weak correlation with metabolic control parameters[J]. Acta Paediatr, 2006, 95 (11): 1439-1445.

[40] KOCH K L, VAN NATTA M, PARKMAN H P, et al. Effect of liquid and solid test meals on symptoms and gastric myoelectrical activity in patients with gastroparesis and functional dyspepsia[J]. Neurogastroenterol Motil, 2023, 35 (2): e14376.

[41] PORTER J A, MACKENZIE K E, DARLOW B A, et al. Gastric emptying in children with type 1 diabetes mellitus: a pilot study[J]. J Paediatr Child Health, 2019, 55 (4): 416-420.

[42] CHEN J D, PAN J, MCCALLUM R W. Clinical significance of gastric myoelectrical dysrhythmias[J]. Dig Dis, 1995, 13 (5): 275-290.

[43] ZHAO Y, KE M, WANG Z, et al. Pathophysiological and psychosocial study in patients with functional vomiting[J]. J Neurogastroenterol Motil, 2010, 16 (3): 274-280.

[44] LIEN H C, SUN W M, CHEN Y H, et al. Effects of ginger on motion sickness and gastric slow - wave dysrhythmias induced by circular vection[J]. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol, 2003, 284 (3): G481-G489.

[45] BRACCI F, IACOBELLI B D, PAPADATOU B, et al. Role of electrogastrography in detecting motility disorders in children affected by chronic intestinal pseudo - obstruction and Crohn′s disease[J]. Eur J Pediatr Surg, 2003, 13 (1): 31-34.

[46] BRZANA R J, KOCH K L, BINGAMAN S. Gastric myoelectrical activity in patients with gastric outlet obstruction and idiopathic gastroparesis[J]. Am J Gastroenterol, 1998, 93 (10): 1803-1809.

[47] LIN X, CHEN J Z. Abnormal gastric slow waves in patients with functional dyspepsia assessed by multichannel electrogastrography[J]. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol, 2001, 280 (6): G1370-G1375.

[48] ZHANG B, HU Y, SHI X, et al. Integrative effects and vagal mechanisms of transcutaneous electrical acu - stimulation on gastroesophageal motility in patients with gastroesophageal reflux disease[J]. Am J Gastroenterol, 2021, 116 (7): 1495-1505.

[49] 孙越,刘晓红,方秀才,等. 慢性特发性假性肠梗阻一家系报告[J]. 中华内科杂志, 2001, 40 (12): 818.

[50] NAMIN F, PATEL J, LIN Z, et al. Clinical, psychiatric and manometric profile of cyclic vomiting syndrome in adults and response to tricyclic therapy[J]. Neuro - gastroenterol Motil, 2007, 19 (3): 196-202.

[51] CARSON D A, BHAT S, HAYES T C L, et al. Abnormalities on electrogastrography in nausea and vomiting syndromes: a systematic review, meta - analysis, and comparison to other gastric disorders[J]. Dig Dis Sci, 2022, 67 (3): 773-785.

[52] LEAHY A, BESHERDAS K, CLAYMAN C, et al. Gastric dysrhythmias occur in gastro - oesophageal reflux disease complicated by food regurgitation but not in uncom - plicated reflux[J]. Gut, 2001, 48 (2): 212-215.

[53] CHEN J Z, MCCALLUM R W. Electrogastrography: principles and applications[M]. New York: Raven, 1994.

[54] SHA W, PASRICHA P J, CHEN J D. Rhythmic and spatial abnormalities of gastric slow waves in patients with functional dyspepsia[J]. J Clin Gastroenterol, 2009, 43 (2): 123-129.

[55] KAMIYA T, FUKUTA H, HAGIWARA H, et al. Disturbed gastric motility in patients with long - standing diabetes mellitus[J]. J Smooth Muscle Res, 2022, 58 (0): 1-10.

[56] BHARUCHA A E, KUDVA Y C, PRICHARD D O. Diabetic gastroparesis[J]. Endocr Rev, 2019, 40 (5): 1318-1352.

[57] CAMILLERI M, CHEDID V, FORD A C, et al. Gastroparesis[J]. Nat Rev Dis Primers, 2018, 4 (1): 41.

[58] ABELL T L, VAN CUTSEM E, ABRAHAMSSON H, et al. Gastric electrical stimulation in intractable symptomatic gastroparesis[J]. Digestion, 2002, 66 (4): 204-212.

[59] MCCALLUM R W, CHEN J D, LIN Z, et al. Gastric pacing improves emptying and symptoms in patients with gastroparesis[J]. Gastroenterology, 1998, 114 (3): 456 - 461.

[60] GROVER M, FARRUGIA G, STANGHELLINI V. Gastroparesis: a turning point in understanding and treatment[J]. Gut, 2019, 68 (12): 2238-2250.

[61] BHARUCHA A E. Epidemiology and natural history of gastroparesis[J]. Gastroenterol Clin North Am, 2015, 44 (1): 9-19.

[62] JALLEH R, MARATHE C S, RAYNER C K, et al. Diabetic gastroparesis and glycaemic control[J]. Curr Diab Rep, 2019, 19 (12): 153.

原文刊载于：

《中华消化杂志》2025年第45卷第9期595-601页

WEI CHANG BING XUE