

# 基于电-机复合机制实现胃动力学的检测与评价

赵舒, 任超世

赵舒, 任超世, 中国医学科学院, 北京协和医学院生物医学工程研究所 天津市 300192

赵舒, 博士, 助理研究员, 主要从事生物电阻抗技术基础与临床应用研究.

国家自然科学基金资助项目, No. 81301288

作者贡献分布: 赵舒完成论文写作; 任超世修改、审定.

通讯作者: 任超世, 教授, 博士生导师, 300192, 天津市南开区白堤路236号, 中国医学科学院生物医学工程研究所.

renbme@163.com

电话: 022-87891583

收稿日期: 2013-10-30 修回日期: 2013-12-10

接受日期: 2013-12-19 在线出版日期: 2014-02-08

## Gastric motility measurement and evaluation based on electrical-mechanical composite mechanism

Shu Zhao, Chao-Shi Ren

Shu Zhao, Chao-Shi Ren, Institute of Biomedical Engineering, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Tianjin 300192, China

Supported by: the National Natural Science Foundation of China, No. 81301288

Correspondence to: Chao-Shi Ren, Professor, Institute of Biomedical Engineering, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, 236 Baidi Road, Nankai District, Tianjin 300192, China. renbme@163.com

Received: 2013-10-30 Revised: 2013-12-10

Accepted: 2013-12-19 Published online: 2014-02-08

## Abstract

Gastric motility and emptying are a composite course involving electrical activity and mechanical contraction. In the research of gastric motility, the electrical activity should be closely connected to the subsequent mechanical contraction based on the understanding of electrical-mechanical composite mechanism. Existing simulation research and clinical research suggest that electrogastrogram (EGG) signals can provide physiological time scales, and gastric motility can be extracted from impedance signals. According to the coupling of the myoelectric activity and the mechanical contraction of the stomach, the correlation analysis of multiple signals can be performed. And then the influence of various factors such as the range, time and transmission distance of the gastric contraction

can be deeply explored. The method combining gastric impedance and synchronous EGG measurements is effective and promising for evaluating gastric motility.

© 2014 Baishideng Publishing Group Co., Limited. All rights reserved.

**Key Words:** Gastric motility; Electrical-mechanical composite mechanism; Electrical bioimpedance; Electrogastrogram

Zhao S, Ren CS. Gastric motility measurement and evaluation based on electrical-mechanical composite mechanism. *Shijie Huaren Xiaohua Zazhi* 2014; 22(4): 453-460 URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/22/453>. asp DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wcjd.v22.i4.453>

## 摘要

胃的运动和排空是一个复杂的电活动-机械收缩和传导的过程, 胃动力学研究应该基于电-机复合机制的认识高度, 将电活动和由其引发的胃机械收缩与传导紧密联系. 相关模拟与临床实验研究表明, 电阻抗胃运动信号与胃电图 (electrogastrogram, EGG) 检测结合, 以EGG作为胃起搏生理时标, 由多通道电阻抗信号提取胃的运动状态, 依据EGG活动与机械收缩的偶联, 进行多源信号相关分析, 深入探讨胃传导性收缩的幅度、时限、方向以及传导距离等因素的影响, 可建立有效的胃动力功能无损检测 and 评价新方法, 实现基于胃动力电-机复合机制的胃动力学研究.

© 2014年版权归百世登出版集团有限公司所有.

**关键词:** 胃动力; 电-机复合机制; 生物电阻抗; 胃电图

**核心提示:** 胃阻抗信号与胃的运动相对应, 胃电图 (electrogastrogram) 反映胃的电活动, 以其表征胃的起搏, 作为生理时标, 以阻抗信号提取胃的运动信息, 依据胃电活动与机械收缩的偶联, 可建立有效的、基于电-机复合机制的无损胃动力检测和评价方法.

赵舒, 任超世. 基于电-机复合机制实现胃动力学的检测与评价. *世界华人消化杂志* 2014; 22(4): 453-460 URL: <http://>

## ■背景资料

胃肠疾病常见多发, 严重影响到人们的工作和生活质量. 随着社会经济的发展和, 工作节奏加快, 压力增加, 生活规律性变化, 发病率呈现逐年升高的趋势. 已受到国内外消化内科医生的特别关注和重视. 胃肠疾病通常与胃功能紊乱相关, 功能性胃肠疾病和胃肠动力障碍是目前消化系统疾病研究中最引人注目的领域. 在胃肠领域中, 这两大类疾病患病率高, 治疗困难, 消耗医药资源大, 其病因与发病机制至今还不十分清楚.

## ■同行评议者

魏睦新, 教授, 南京医科大学第一附属医院

## ■ 研发前沿

长期以来,人们对胃动力功能的研究落后于对胃的内、外分泌功能及胃的形态学的研究,其中一个很重要的原因就是缺乏方便、有效的胃动力学检查手段,研究、提供一种方便、有效,能反映整个消化过程胃的运动及变化,可全面、准确进行胃动力学无损检测与评价的方法,是胃动力学研究与临床应用深入和进一步发展的需要,也是胃动力检测方法的研究前沿。

www.wjgnet.com/1009-3079/22/453.asp DOI: http://dx.doi.org/10.11569/wcjd.v22.i4.453

## 0 引言

胃肠动力学是一门正在迅速发展、多学科交叉的新兴学科<sup>[1,2]</sup>,在国内外一直是研究的热点<sup>[3]</sup>。30年来,人们对功能性胃肠病(functional gastrointestinal disorders, FGID)以及胃肠动力障碍性疾病(disorders of gastrointestinal motility, DGIM)的认识有了长足的进步,但仍有诸多问题尚不够清楚<sup>[4]</sup>。近年来,通过应用现代生物学技术进行研究,使人们对胃肠生物力学的认识有了一定程度的提高,并获得了大量宝贵信息。研究数据表明,胃肠神经与胃肠肌肉之间存在相互协调、相互作用的关系,但这种关系并非呈线性<sup>[4]</sup>。现代医学的检测手段通过大量动物实验逐渐应用于人体,有些已为临床服务。胃肠腔压力、排空和运行时间、各括约肌功能及肌电活动等研究为生理和病理状态下的胃肠运动提供了大量的客观资料,而食物、酸度、胃肠激素、神经、药物、精神环境等对胃肠运动影响的研究亦逐步深入,使胃肠运动观念不断更新和发展<sup>[5]</sup>。

消化系自然形成的具有自主调节机制的力学器官,摄入食物的种类不同,其动力模式不同,以使食物达到最大限度的消化和吸收,并最终将废物排出体外。其调节能力之神奇,使人叹为观止<sup>[4]</sup>。胃的收缩是发生在平滑肌细胞膜表面的肌电活动的机械性表现,他由胃平滑肌的电活动开始,引发胃体、胃窦收缩并向远端的幽门传播,是一个从电活动开始,到机械收缩、胃体蠕动、传导的复杂过程<sup>[2]</sup>。他遵从电活动的节律,也取决于传导性收缩的幅度、收缩时限、方向以及传导距离等因素的影响,同时还受到食物种类、胃肠激素反应、昼间变异等多种因素的制约<sup>[3]</sup>。

胃动力或胃的运动和排空是一个复杂的电活动-机械收缩和传导的过程,单方面从电(活动)或机(机械收缩)的角度认识和研究胃动力显然是不完整的。必须从电-机复合机制的高度认识和建立胃动力检测与评价方法<sup>[1]</sup>。

## 1 胃动力电-机复合机制

胃是由明显不同的三个肌肉单位组成,即胃底、胃窦、幽门,他们互相协调,与十二指肠运动相联系,不仅将其内容物向前推送,也参与完成混合、研磨及吸收食物并最终将废物排出体

外的过程,许多胃肠疾病的根本在于运送其内容物受阻。胃肠道对食物的混合及推进功能是通过三种类型的收缩运动的调控完成的。(1)节律性位相性收缩运动;(2)极度推进性收缩运动;(3)张力性收缩。混合推进运动的作用取决于传导性收缩的频率、幅度、收缩时限、方向以及传导的距离<sup>[6]</sup>。

在非消化期和消化期间,胃运动形式及其调节机制有不同的特点<sup>[7]</sup>。胃空腹状态下并非静止,胃腔内压力呈周期性变化,出现静息和运动循环往复的空腔(消化间期)运动模式,称为消化间期移行性复合运动(interdigestive migrating motor complex, MMC)。消化系各部位的运动状况及其内容物的流动形式存在着很大的差异。首先发现胃肠道具有运输食物功能的生理学家,当时没有办法对其进行检测。直至今日,由于缺乏相应的检测技术,有关消化系运动模式及食物流动形式的研究仍然不够完善<sup>[4]</sup>。胃的蠕动是由胃平滑肌细胞的电活动激活的。在胃的蠕动性收缩中,肌电电流流经所累及的肌肉。这些电流能触发胃的收缩,但并不是一定伴随收缩。已观察到两种胃的肌电活动:慢波和锋电位(图1)。锋电位直接与窦部收缩有关,当慢波伴发锋电位,胃窦就发生收缩,锋电位的频率、振幅、持续时间决定了肌肉收缩的力度和持续时间。因为锋电位只能发生在慢波时相上,所以胃收缩的节律由胃慢波的频率决定<sup>[2]</sup>。

胃的肌电活动可在浆膜、腔内或体表进行测量,浆膜或腔内电极都能记录慢波和锋电位。浆膜记录胃肌电活动是最可靠的,但这种方法是有创伤的。腔内记录是比较可靠的,而且比浆膜记录创伤性小。体表记录的胃肌电活动称为胃电图(electrogastrogram, EGG),EGG是无创的,因而颇具吸引力,他反映了胃的不同区域肌电活动的总和<sup>[3]</sup>。EGG可精确地测量胃慢波,用于研究胃收缩的节律性,但不能反映锋电位,EGG不直接对应于胃的运动,与胃收缩或运动状态的关联性不强。

胃动力研究涉及胃在消化期的运动和排空过程,以及非消化期(消化间期)的MMC。胃的收缩是发生在平滑肌细胞膜表面的肌电活动的机械性表现,他由胃平滑肌的电活动开始,引发胃体、胃窦收缩并向远端的幽门传播,是一个由电活动激励,产生机械收缩,继而引发胃体蠕动、传导的复杂过程<sup>[2]</sup>。他遵从电活动的节律,也取决于传导性收缩的幅度、收缩时限、方向

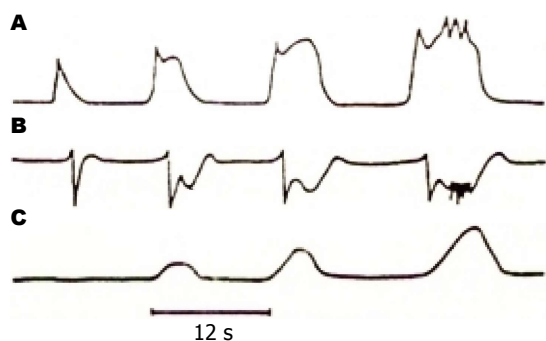


图1 胃肌电活动的慢波和锋电位。A: 细胞内记录; B: 细胞外记录; C: 机械收缩。

以及传导距离等因素的影响<sup>[3]</sup>。

人们通常认为, 胃肠运动是在神经系统控制下进行的被动性收缩。事实上, 胃肠运动的许多方面由肌肉本身固有性质所决定。了解胃肠运动的调控机制有助于认识胃肠运动及食物运输过程, 并能够正确地理解产生消化系各部位功能差异的原因<sup>[4]</sup>。胃的收缩和蠕动遵从电活动的节律, 也取决于肌肉本身的固有性质。胃动力学研究应该基于电-机复合机制的认识高度, 建立有效的胃动力检测与评价方法, 将电活动和由其引发的胃机械收缩与传导紧密联系, 深入分析胃传导性收缩的幅度、收缩时限、方向以及传导距离等因素的影响。

## 2 胃运动检测方法

1887年, Pflunger最早采用气球记纹法观察胃运动功能。如今腔内压力测定, 放射性核素技术(闪烁显像、放射性核素呼气实验等)以及体表EGG, B超等的临床应用, 提高了人们对胃运动生理及病理生理的认识。末端开放导管灌注系统和微型压力传感器的发展, 使远端胃和十二指肠运动的临床观察成为可能, 并作为胃运动障碍性疾病的检测手段。末端带囊导管加腔内传感器、恒压器可记录近端胃张力性收缩和舒张; 胃窦壁运动、幽门压力也可利用最近研制的传感器进行测定<sup>[5]</sup>。遗憾的是, 这些方法大都或者有创, 或者使用射线、放射性核素, 对患者有害。超声方法虽然可以观察到胃排空或胃运动情况, 但要用于消化过程的长时间检查和评价, 在操作和技术上还存在不少困难, 难于实现。EGG虽然无创、方便, 但其与胃运动的相关性不强, 特异性存在争议, 有待进一步深入研究。因而目前尚无一种方法可完整地了解胃排空和运动情况, 很难预测哪种方法可以作为诊断常规<sup>[5]</sup>。

应该指出, 以上方法除了有创、有害、操

作困难、价格昂贵等外, 还有一个共同、最大的问题, 就是没有能从电-机复合机制的高度上获取胃动力参数。他们只是从机或电的角度测量某一、两项指标(压力、张力、顺应性、通过时间、排空率、胃电等), 与整个消化过程的胃运动状态和胃动力变化相关性不强, 难于全面、准确反映胃肠道动力与消化生理、病理变化规律。

胃电活动的锋电位直接与窦部收缩有关, 当慢波伴发锋电位时, 胃窦就发生收缩, 其收缩节律就是胃慢波的频率。所以只要同时获取到胃电活动的慢波与锋电位, 就可以在一定程度上将胃的电活动与胃体的机械收缩相关联, 基于电-机复合机制进行胃动力研究。采用浆膜或腔内电极能同时记录到慢波和锋电位, 尤其是浆膜电极记录的胃肌电活动是最可靠的, 如将其记录到的慢波和锋电位相关联, 就可以实现基于电-机复合机制的胃动力学研究。虽然浆膜或腔内电极方法是有创伤的, 难以应用于临床, 但是对于实验动物的胃动力学研究还是一种不错和可行的手段。曾见到一些胃动力研究工作, 其在动物实验中采用了浆膜胃电检测方法<sup>[8,9]</sup>, 但却只利用了其中的胃电慢波信号, 仅限于研究胃电活动的节律性影响, 舍弃了直接反映胃运动的锋电位信息, 十分可惜。如果能同时利用浆膜电极胃电记录获取的慢波与锋电位, 并将胃的电活动和胃的收缩运动相关联, 就可实现基于电-机复合机制的胃动力学研究。从而提升其研究工作水平及学术价值。

## 3 阻抗胃动力测量与应用

生物电阻抗, 或简称阻抗测量技术, 是一种利用生物组织与器官的电特性及其变化规律提取与人体生理、病理状况相关的生物医学信息的检测技术, 具有无创、无害、廉价、操作简单和功能信息丰富等特点。胃是人体内比较容易提取阻抗信息的器官之一, 胃的容积可由空腹状态下的约50 mL增加到摄入食物后的1.5 L左右<sup>[7]</sup>, 变化显著。在胃的活动期, 如胃排空或胃收缩、蠕动时, 由于胃的形态、容积及其内容物组成情况的改变所导致的胃部电特性变化非常明显。因而, 胃阻抗及其变化可有效地反映胃容积(胃排空)和胃动力(胃的收缩和胃体运动)状况<sup>[1]</sup>。生物电阻抗胃动力检测通过置于人体上腹的体表电极注入微小激励电流, 检测电阻抗信号, 通过消化过程中胃的电特性及其变化规律, 提取与胃运动过程相联系的胃动力学信息, 是一种方

### ■ 相关报道

电阻抗胃动力检测是一种发展中的新技术, 其进一步的深化与发展应深入研究体表测量的信号幅值与腹内胃运动的定量关系; 发展多导阻抗测量技术; 提取食物消化过程中沿胃体、胃窦到幽门的运动传播信息。电阻断层成像(electrical impedance tomography, EIT)代表了生物阻抗技术的发展方向, 具有功能成像、无损伤和医学图像监护三大优势。EIT胃动力测量以置于体表的电极阵列实现无损检测, 以实时图像方式直接显示体内胃体的收缩和运动状况, 将为胃动力学基础研究与临床应用提供一种全新的图像检测与监护手段, 具有潜在的诱人应用前景。



## ■ 创新盘点

胃的收缩由胃平滑肌的电活动开始,引发胃体、胃窦收缩并向远端的幽门传播,是一个由电活动激励,产生机械收缩,继而引发胃体蠕动、传导的复杂过程。本文基于电-机复合机制认识高度,将EGG和阻抗胃动力检测有机地结合,从体表阻抗信号提取胃的收缩运动与传导信息,建立能完整了解胃运动和排空情况,可有效检测与评价胃动力功能的无损伤研究方法。为实现基于电-机复合机制的胃动力学研究和临床检测提供了一种方便、安全、有效的手段。

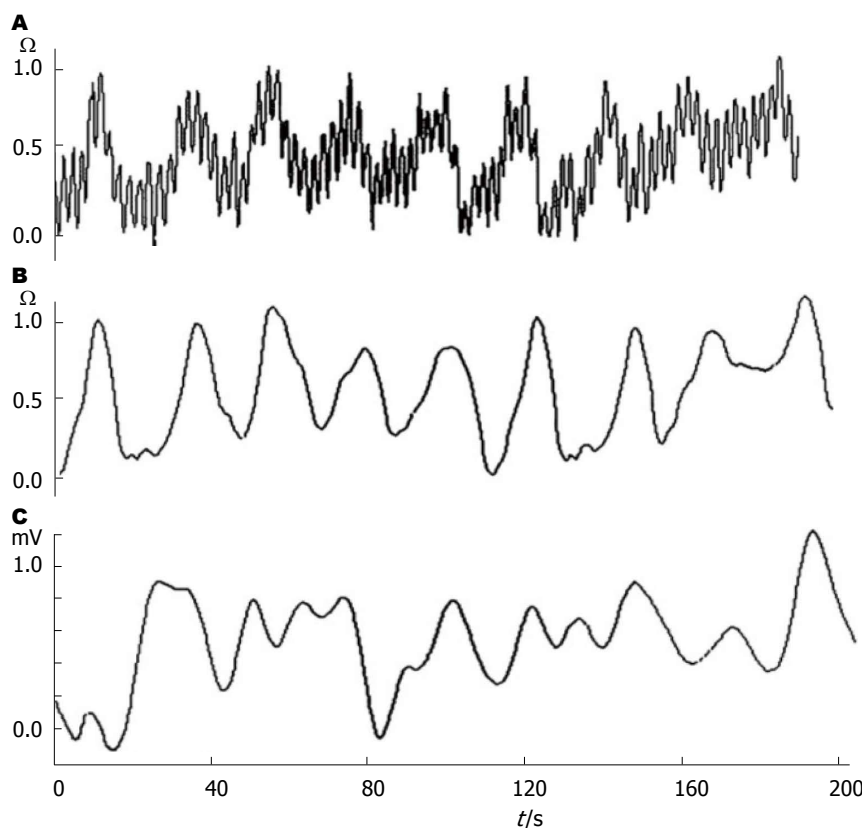


图2 生物电阻抗胃动力测量结果。A: 阻抗混合信号; B: 分离出的胃运动; C: 同步EGG信号。

便、廉价的无损伤检测与评价方法<sup>[10]</sup>。

Sutton等与McClelland等<sup>[11,12]</sup>于1985年报告了采用阻抗方法提取胃运动信号的研究工作,得到了反映胃排空过程的曲线,并从中获取到与胃收缩频率相一致的, 2-4次/min的胃蠕动信号。为采用阻抗方法提取胃动力信息奠定了基础。Familoni等<sup>[13]</sup>于1987年将阻抗方法和EGG测量结合以获得胃电活动和胃收缩的信息,表明只要合理放置电极就可以通过阻抗方法无创检测胃电和胃收缩活动,可通过EGG波形的分析获得胃内电活动的运动方向。为了研究胃部阻抗信号变化的原因, Kothapalli<sup>[14]</sup>在1992年建立了一个腹部三维模型以研究相关因素对胃阻抗变化的贡献,分析了当电流激励电极和电压检测电极位于不同位置时,阻抗信号与食物容量、电阻率和胃收缩的关系。在药物影响实验方面, Murphy等<sup>[15]</sup>1997年以生物电阻抗法作为胃排空检测手段,比较了镇痛药盐酸曲马朵和吗啡对人体胃排空的影响。其间,还有不少学者报告了胃阻抗测量方法<sup>[16-19]</sup>、测量装置<sup>[20,21]</sup>、胃阻抗信息处理<sup>[22,23]</sup>及用于胃排空测量及影响因素分析<sup>[24-26]</sup>、返流<sup>[27,28]</sup>、胃扩张状态测定<sup>[29]</sup>等研究结果。

值得注意的是李章勇等2007年报告了一种

采用阻抗测量进行胃动力检测的方法,并通过小波多分辨分析从体表胃阻抗混合信号中分离出反映胃运动的信号<sup>[30,31]</sup>,如图2, 3。此后,王伟<sup>[32-34]</sup>、李章勇<sup>[35-42]</sup>、刘纯伦<sup>[43]</sup>、方晓杰<sup>[44]</sup>、阳家长<sup>[45]</sup>、刘圣蓉<sup>[46]</sup>、赵舒<sup>[47,48]</sup>、任超世<sup>[49,50]</sup>等陆续报告了阻抗胃动力测量方法的改进与发展,以及采用阻抗胃动力方法用于功能性消化不良、糜烂性胃炎患者检测,以及某些药物对胃动力影响的临床实验研究结果,显示了电阻抗胃动力检测方法良好的临床应用前景。

2010年,李章勇等<sup>[51]</sup>以青年学生为检测对象,采用四通道阻抗胃动力检测方法研究胃运动空间传导关系,观察到主频为3次/min的阻抗胃动力信号波形自近端胃体向幽门方向的传导,且胃运动的前向传导和逆向传导时相关系明显,交替存在。当前向传导和逆向传导相遇时会出现传导失耦联(图4)。表明了多道阻抗胃动力检测方法用于研究阻抗胃动力信息的幅值、频率变化和空间传导关系的可行性。

#### 4 阻抗胃动力测量方法学研究

电阻抗胃动力检测虽然已显示出良好的临床应用前景。但是,作为一种采用体表电极的间接测量方法,腹部体表阻抗信号与腹内胃运动之间

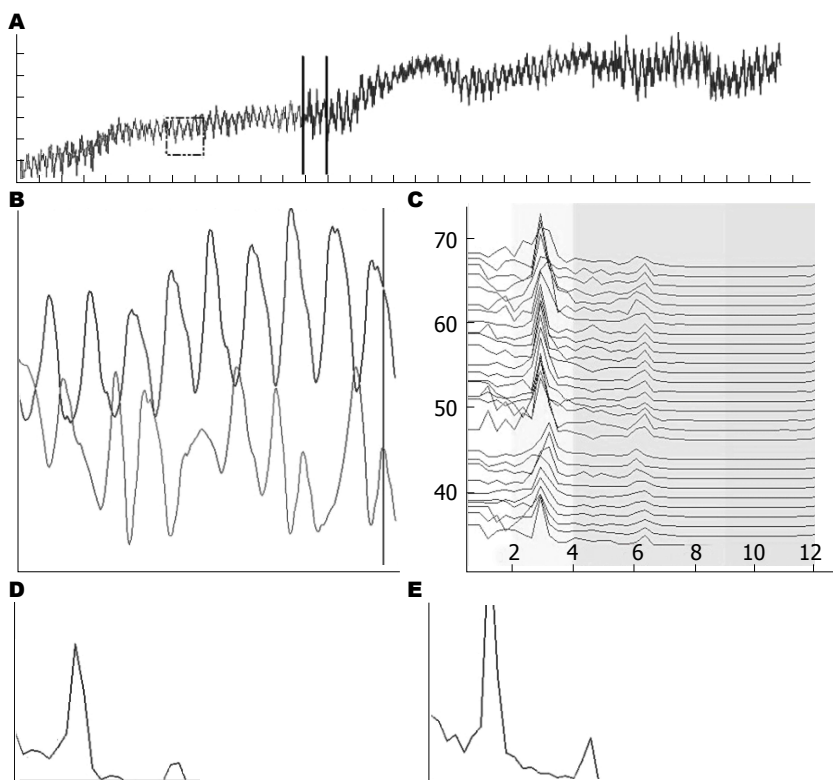


图3 典型的健康人阻抗胃动力信号与谱分析结果。A: 原始阻抗混合信号; B: 提取的胃动力信号(上)和同步EGG信号(下); C: 胃动力信号动态谱; D: 餐前阻抗胃动力总功率谱; E: 餐后阻抗胃动力总功率谱。

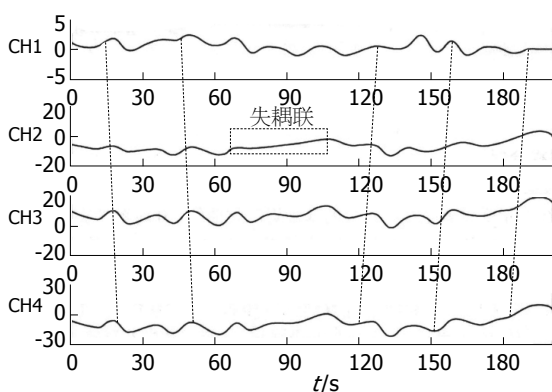


图4 四通道阻抗胃动力检测结果。

的定量关系尚未建立,相关性还有待深入研究。目前的单通道阻抗测量以体表胃投影区的平均阻抗变化反映胃的运动,还不能准确表明胃不同部位的收缩差异和沿胃体、胃窦直至幽门的传导时相关系,阻抗胃动力测量的方法学研究仍需继续深入。为了给阻抗胃动力测量方法提供基础支持,作者进行了阻抗胃动力测量方法的原理仿真与模拟实验研究。

**4.1 原理仿真研究** 阻抗胃动力测量原理研究以盐水槽中的胃弯管模型仿真腹中的胃体,借助Comsol multiphysics软件,采用有限元法(finite element method, FEM),通过改变模型形状和各部分电导

率分布来模拟胃的收缩、运动过程。研究胃部电导率与容积变化,胃的收缩蠕动、传导过程对体表多通道阻抗测量信号的影响及变化规律。

结果表明,由体表获得的阻抗信号的幅值变化,与消化过程中胃部电导率、容积和胃环行肌的收缩深度(腔闭合程度)相关。当胃收缩蠕动波从起搏点向幽门传导时,多通道体表胃阻抗信号的频率反映胃不同部位的收缩节律,各通道的波形存在明显的时相关系。胃内容物分别为高电导率和低电导率(相对于背景)情况时,体表电压波形的变化趋势相同,方向相反。但高、低电导率胃内容物对体表测量阻抗信号的影响不是简单的反相关系(图5)。

**4.2 模拟验证实验** 为验证仿真研究结果的有效性,建立了盐水槽模拟实验装置和相应的多通道阻抗胃动力测量系统,以不同形状、不同电导率胃体模型在盐水槽中的运动模拟胃的收缩与传导,进行胃动力检测模拟验证实验(图6)。结果表明多通道电阻抗信号的变化规律与胃电导率和运动方向的变化规律相同,能较好地反映胃收缩位相和运动传导的过程,与仿真研究结果相符。

以上阻抗胃动力测量仿真与模拟验证实验表明,由体表获取的阻抗信号与消化过程中胃

#### ■应用要点

电阻抗胃动力检测已显示出良好的发展与应用前景,但仍需要一个从方法学研究到应用技术研究,再到临床应用的发展过程。要求工程技术与临床应用紧密结合、相互促进以及多方面的合作与配合,特别需要临床医生和工程技术人员,才能逐渐完善,日臻成熟。浆膜电极胃电记录能可靠地获取胃电活动的慢波和锋电位,将慢波和锋电位相关联,可实现基于电-机复合机制的胃动力学研究。虽然是一种有创方法,但用于实验动物的胃动力学研究还是一种不错和可行的手段。

### ■名词解释

生物电阻抗技术: 一种利用组织与器官的电特性及其变化规律提取与人体生理、病理状况相联系生物医学信息的检测技术, 具有无创、廉价、方便和功能信息丰富等特点。采用生物阻抗方法, 通过置于上腹体表的电极注入微小激励电流, 测量电阻抗信号, 依据消化过程中胃组织的电特性及其变化规律, 可无创提取与胃动力学状况相对应的生理、病理信息, 检测胃的运动状况, 获取胃的收缩、蠕动、传导及排空过程信息。

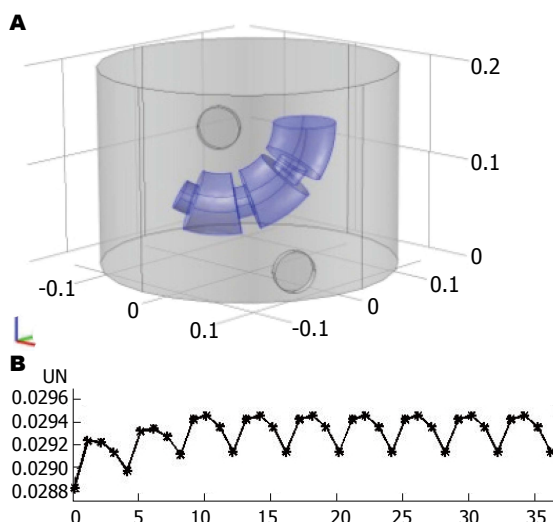


图5 胃弯管模型与胃收缩传导仿真结果。A: 胃弯管模型; B: 胃收缩传导仿真结果。

电导率、容积和胃环行肌的收缩程度相关。多通道阻抗胃动力测量的各通道波形存在明显的相位相关性, 反映了胃的收缩和蠕动节律, 以及收缩、蠕动从起搏点向幽门传导的时相关系, 为阻抗胃动力测量方法奠定了理论基础, 为发展多道阻抗胃动力测量方法和测量系统的设计提供了仿真基础与实验依据。

## 5 结论

胃动力是一个电活动-机械收缩和传导的复杂过程, 应该从电-机复合机制的高度认识和研究胃动力, 建立可完整了解胃运动和排空情况的胃动力检测与评价方法<sup>[52]</sup>。浆膜电极胃电记录能可靠地获取胃电活动的慢波和锋电位, 将慢波和锋电位相关联, 可实现基于电-机复合机制的胃动力学研究。虽然是一种有创方法, 但用于实验动物的胃动力学研究还是一种不错和方便的手段, 应该引起相关研究人员的注意。

EGG是由胃的体表投影区记录的胃电活动, 无创、方便, 反映了胃不同区域肌电活动的总和, 可用于精确地测量胃慢波, 与胃的收缩节律相对应。生物电阻抗胃动力检测通过置于人体上腹的体表电极注入微小交流电流, 依据消化过程中胃的电特性及其变化规律, 提取与胃收缩、蠕动及传导过程相联系生物医学信息, 是一种方便、廉价的无损伤检测与评价方法。多通道阻抗胃动力测量以各通道波形的幅值和相位关系, 反映胃的收缩和蠕动, 以及其从起搏点向幽门的传导过程, 是阻抗胃动力测量方法进一步深化、发展的方向。将EGG和阻抗胃动

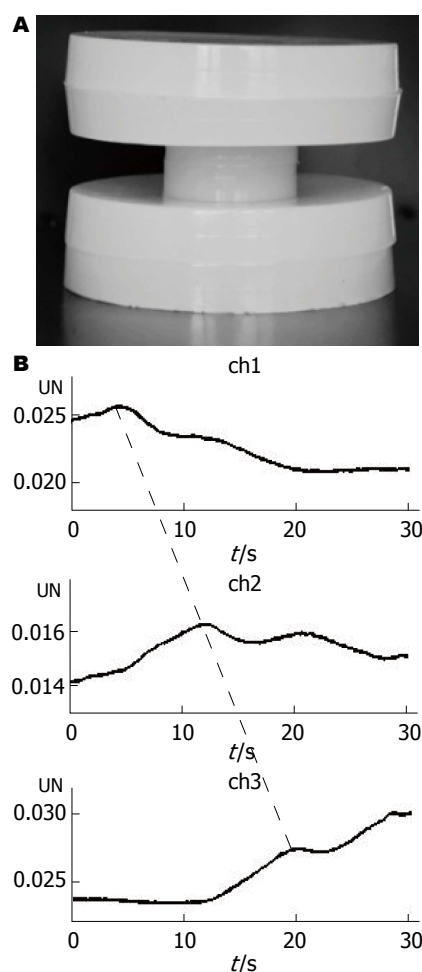


图6 阻抗胃动力测量动态模拟试验。A: 三层琼脂胃体模型; B: 多通道测量信号反映胃的收缩和蠕动传导。

力检测有机地结合, 以EGG表征胃的起搏, 作为生理时标, 以阻抗信号提取胃的运动信息, 依据胃电活动与机械收缩的偶联, 进行多信号相关分析, 可建立有效的胃动力功能无损伤检测和评价方法, 实现基于胃动力电-机复合机制的胃动力学研究。

电阻抗胃动力检测是一种发展中的新技术, 显示了良好的应用前景。和其他成熟技术一样, 阻抗胃动力检测也需要一个从方法学研究到应用技术研究, 再到临床应用的发展过程。他要求工程技术与临床应用紧密结合、相互促进, 需要多方面的合作与配合, 特别需要临床医生和工程技术人员努力和默契。电阻抗胃动力检测作为一种间接测量方法, 体表阻抗信号与腹内胃运动之间的定量关系, 以及消化期、消化间期各种因素的影响还有待进一步深入研究。

## 6 参考文献

- 1 李章勇, 任超世. 生物阻抗技术与胃动力评价. 第1版. 重庆: 重庆大学出版社, 2010: 1-4



- 2 周吕, 柯美云. 神经胃肠病学与动力基础与临床. 第1版. 北京: 科学出版社, 2005: 22-24
- 3 周吕, 柯美云. 肠胃动力学: 基础与临床. 第1版. 北京: 科学出版社, 1999: 185-187
- 4 Hans Gregersen著. 樊艳华, 王虹, 窦艳玲译. 胃肠生物力学: 胃肠动力新视角. 第1版. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 128-130
- 5 潘国宗, 曹世植. 现代胃肠病学(上册). 第1版. 北京: 科学出版社, 1994: 161-167
- 6 Schuster MM, Crowell MD, Koch KL编. 许彬, 袁耀宗译. 舒斯特胃肠动力学. 第2版. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2003: 4-10
- 7 姚泰. 生理学. 第5版. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 234-236
- 8 黄伟锋, 张慧, 欧阳守, 卢春敬. 5-HT及电刺激对胃节律紊乱模型新西兰白兔胃电活动的影响. 世界华人消化杂志 2011; 19: 2486-2491
- 9 黄伟锋, 张慧, 欧阳守, 卢春敬. 大黄素对兔胃电的影响及其作用机制. 世界华人消化杂志 2012; 20: 3417-3423
- 10 赵舒, 任超世. 无创检测与评价胃动力功能-生物电阻抗方法. 世界华人消化杂志 2006; 14: 465-469
- 11 Sutton JA, Thompson S, Sobnack R. Measurement of gastric emptying rates by radioactive isotope scanning and epigastric impedance. *Lancet* 1985; 1: 898-900 [PMID: 2858747 DOI: 10.1097/00132586-198606000-00036]
- 12 McClelland GR, Sutton JA. Epigastric impedance: a non-invasive method for the assessment of gastric emptying and motility. *Gut* 1985; 26: 607-614 [PMID: 3891533 DOI: 10.1136/gut.26.6.607]
- 13 FAMILONI BO, Kingma YJ, Bowes KL. Noninvasive assessment of human gastric motor function. *IEEE Trans Biomed Eng* 1987; 34: 30-36 [PMID: 3557481 DOI: 10.1109/TBME.1987.326012]
- 14 Kothapalli B. Origin of changes in the epigastric impedance signal as determined by a three-dimensional model. *IEEE Trans Biomed Eng* 1992; 39: 1005-1010 [PMID: 1452167 DOI: 10.1109/10.161332]
- 15 Murphy DB, Sutton A, Prescott LF, Murphy MB. A comparison of the effects of tramadol and morphine on gastric emptying in man. *Anaesthesia* 1997; 52: 1224-1229 [PMID: 9485982 DOI: 10.1111/j.1365-2044.1997.214-az0349.x]
- 16 Sutton JA, Kilminster SG, Mould GP. The clinical pharmacology of single doses of otilonium bromide in healthy volunteers. *Eur J Clin Pharmacol* 1997; 52: 365-369 [PMID: 9272405 DOI: 10.1007/s002280050302]
- 17 Giouvanoudi A, Amaee WB, Sutton JA, Horton P, Morton R, Hall W, Morgan L, Freedman MR, Spyrou NM. Physiological interpretation of electrical impedance epigastrogaphy measurements. *Physiol Meas* 2003; 24: 45-55 [PMID: 12636186 DOI: 10.1088/0967-3334/24/1/304]
- 18 Beltrán NE, de Folter JJ, Godínez MM, Díaz U, Sacristán E. Algorithm for characteristic parameter estimation of gastric impedance spectra in humans. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2007; 2007: 4131-4134 [PMID: 18002911 DOI: 10.1109/IEMBS.2007.4353245]
- 19 Giouvanoudi AC, Spyrou NM. Epigastric electrical impedance for the quantitative determination of the gastric acidity. *Physiol Meas* 2008; 29: 1305-1317 [PMID: 18854603 DOI: 10.1088/0967-3334/29/11/006]
- 20 Chen RX, Wan DR. Further investigation of reliability on impedance gastrograph for continuous measurement of human gastric contractile activity. *Proceedings of the 8th international conference on electrical bio-impedance*, Kupio, Finland, 1992 July 28-31: 151-152
- 21 陈日新, 程立红, 康明非. 健康成人胃运动阻抗图特征的功率谱分析. 江西中医学院学报 1997; 9: 25-26
- 22 赵瑞珍, 郑建勇, 宋国乡. 小波变换方法检测胃动力. 第四军医大学学报 2001; 22: 1700-1703
- 23 Zhang F, Jiang DZ. [Noninvasive measurement of gastric emptying rates and gastric motility]. *Zhongguo Yiliao Qixie Zazhi* 2001; 25: 209-212 [PMID: 12583219 DOI: 10.3969/j.issn.1671-7104.2001.04.007]
- 24 Nakae Y, Onouchi H, Kagaya M, Kondo T. Effects of aging and gastric lipolysis on gastric emptying of lipid in liquid meal. *J Gastroenterol* 1999; 34: 445-449 [PMID: 10452675 DOI: 10.1007/s005350050294]
- 25 Chaw CS, Yazaki E, Evans DF. The effect of pH change on the gastric emptying of liquids measured by electrical impedance tomography and pH-sensitive radiotelemetry capsule. *Int J Pharm* 2001; 227: 167-175 [PMID: 11564551 DOI: 10.1016/S0378-5173(01)00795-5]
- 26 Soulsby CT, Khela M, Yazaki E, Evans DF, Hennessy E, Powell-Tuck J. Measurements of gastric emptying during continuous nasogastric infusion of liquid feed: electric impedance tomography versus gamma scintigraphy. *Clin Nutr* 2006; 25: 671-680 [PMID: 16698141 DOI: 10.1016/j.clnu.2005.11.015]
- 27 Zentilin P, Dulbecco P, Savarino E, Giannini E, Savarino V. Combined multichannel intraluminal impedance and pH-metry: a novel technique to improve detection of gastro-oesophageal reflux literature review. *Dig Liver Dis* 2004; 36: 565-569 [PMID: 15460839 DOI: 10.1016/j.dld.2004.03.019]
- 28 Garay L, Ramos EG, Cardiel E, Muñoz R, Hernández PR. In vivo and in situ measurement of electrical impedance for determination of distention in proximal stomach of rats. *Med Eng Phys* 2006; 28: 648-655 [PMID: 16483828 DOI: 10.1016/j.medengphys.2005.10.010]
- 29 Chen CL, Cook IJ. Proximal versus distal oesophageal motility as assessed by combined impedance and manometry. *Dig Liver Dis* 2009; 41: 104-109 [PMID: 18760980 DOI: 10.1016/j.dld.2008.05.003]
- 30 Li ZY, Sha H, Wang Y, Zhao S, Wang W, Ren CS. A new approach of gastric motility measurement and evaluation by bioimpedance. *Proceedings of 13th international conference on electrical bio-impedance & 8th conference on electrical impedance tomography*, Graz, Austria, 2007 August 29: 691-694
- 31 Li ZY, Ren CS, Sha H. Wavelet transform to extract bio-impedance gastric motility information. *Proceedings of the 2nd international conference on complex systems and applications-modeling, control and simulations*, Jinan, China, 2007 June 8-10: 1237-1241
- 32 王伟, 李章勇, 任超世. 小波变换和阻抗技术在胃动力研究中的应用. 中国组织工程研究与临床康复 2007; 11: 2434-2436
- 33 王伟, 任超世, 李章勇, 魏进民. 基于阻抗法的胃排空检测. 临床医学工程 2008; 15: 24-26
- 34 王伟, 任超世, 李章勇. 胃电和胃阻抗信号的同步采集与分析系统. 微计算机信息 2009; 25: 74-76
- 35 李章勇, 任超世, 沙洪, 王伟. 基于Aduc834的生物阻抗胃动力信号采集方法. 自动化与仪表 2007; 22: 13-16
- 36 李章勇, 赵舒, 王妍, 沙洪, 任超世. 电阻抗胃动力信息

## 同行评价

胃的收缩是发生在平滑肌细胞膜表面的肌电活动的机械性表现, 是一个由电活动激励, 产生机械收缩, 继而引发胃体蠕动、传导的复杂过程。胃的运动状态的评价, 对于功能性胃病的诊断有及其重要的作用, 对于类似萎缩性胃炎等器质性病变的评价和疗效评估也有参考价值。本文比较权威地评述了这个研究领域的发展概况, 也提出了有价值的展望信息, 有较高的学术价值。

- 检测与处理方法研究. 中国组织工程研究与临床康复 2007; 12: 647-650
- 37 李章勇, 沙洪, 赵舒, 王妍, 任超世. 采用电阻抗方法测量液体胃排空. 中国医疗器械杂志 2008; 32: 253-256
- 38 李章勇, 沙洪, 赵舒, 王妍, 任超世. 生物电阻抗方法测量液体胃排空研究. 中国组织工程研究与临床康复 2008; 12: 2477-2480
- 39 李章勇, 胡娜, 任超世. 功能性消化不良诊断与生物电阻抗检测方法. 国际生物医学工程杂志 2009; 32: 125-127
- 40 李章勇, 任超世. 阻抗胃动力检测方法与功能性消化不良评价. 中国生物医学工程学报 2009; 28: 372-376
- 41 Li Z, Ren C. Gastric motility measurement and evaluation of functional dyspepsia by a bio-impedance method. *Physiol Meas* 2008; 29: S373-S382 [PMID: 18544817 DOI: 10.1088/0967-3334]
- 42 Li ZY, Ren CS, Zhao S, Sha H, Deng J. Gastric motility functional study based on electrical bioimpedance measurements and simultaneous electrogastrigraphy. *J Zhejiang Univ Sci B* 2011; 12: 983-989 [PMID: 22135147 DOI: 10.1088/0967-3334/29/6/S31]
- 43 刘纯伦, 李章勇, 方晓杰, 王伟, 任超世, 潘敏. 功能性消化不良病人胃动力检测初步探讨. 中国医学物理学杂志 2008; 25: 657-659
- 44 方晓杰, 刘纯伦, 李章勇, 周旭春, 王丕龙, 任超世. 生物阻抗技术评价多潘立酮对功能性消化不良胃动力的影响. 中国实用内科杂志 2009; 29: 333-335
- 45 阳家长, 李章勇, 刘纯伦, 方晓杰. 生物阻抗方法评价糜烂性胃炎患者胃动力. 重庆医学 2009; 38: 1356-1358
- 46 刘圣蓉, 李章勇, 任超世, 刘纯伦, 方晓杰. 胃炎患者的胃动力功能评价. 中国医学物理学杂志 2009; 26: 1224-1227
- 47 赵舒, 任超世. 生物阻抗胃动力检测方法. 中国医学装备 2010; 7: 1-6
- 48 赵舒, 沙洪, 李章勇, 任超世. 基于小波能量熵特征的阻抗胃动力信号识别. 中国生物医学工程学报 2011; 30: 321-325
- 49 任超世, 李章勇, 王伟, 赵舒, 邓娟. 无创电阻抗胃动力检测与评价. 中国组织工程研究与临床康复 2010; 14: 1653-1657
- 50 任超世, 李章勇, 赵舒. 生物电阻抗胃动力检测与评价. 世界华人消化杂志 2010; 18: 1-8
- 51 李章勇, 蒋祥林, 任超世, 郭毅军, 张汇泉, 赵德春. 多道阻抗胃动力信息采集和分析方法. 国际生物医学工程杂志 2010; 33: 36-39
- 52 Zhao S, Sha H, Li ZY, Ren CS. Electrical bioimpedance gastric motility measurement based on an electrical-mechanical composite mechanism. *World J Gastroenterol* 2012; 18: 3282-3287 [PMID: 22783053 DOI: 10.3748/wjg.v18.i25.3282]

编辑 郭鹏 电编 闫晋利



ISSN 1009-3079 (print) ISSN 2219-2859 (online) DOI: 10.11569 2014年版权归百世登出版集团有限公司所有

## • 消息 •

## 《世界华人消化杂志》被评为中国精品科技期刊

本刊讯 2011-12-02, 中国科学技术信息研究所在北京发布2010年中国科技论文统计结果, 经过中国精品科技期刊遴选指标体系综合评价, 《世界华人消化杂志》被评为2011年度中国精品科技期刊. 中国精品科技期刊以其整体的高质量示范作用, 带动我国科技期刊学术水平的提高. 精品科技期刊的遴选周期为三年. (《世界华人消化杂志》编辑部)