

《国内胃肠电应用研究现状》编委名单

主 编：金乃时

副主编：汪克明 曹柏松

编 委：(以姓氏笔划为序)

丁永沛	左志成	朱小惠	李文竹	李在疏
刘世超	汤雨倩	许冠荪	任 涌	庄 鼎
余开森	陈文发	陈永荣	陈宗舜	陈桂荣
汪克明	杨家斌	金乃时	张少鹤	张经济
周有强	周逸平	项立敏	徐光尧	翁泰来
黄少辉	曹柏松	鲁 斌	赖鼎元	

前 言

经全国胃肠电应用研究专家组的共同努力，对来自全国二十九个省、直辖市、自治区（除西藏自治区和台湾省外）200多篇“全国胃肠电应用研究学术交流会”的论文，进行了认真的归类整理。论文荟萃了我国目前胃肠电应用研究的精华，体现了胃肠电应用研究国内最高水平。因内容涉及胃肠平滑肌生理、病理、药理、电生理及针灸经络研究、放免检查、胃肠内窥镜检查、X线钡餐透视检查、生物医学工程等诸多方面，本次只收入胃肠平滑肌电基础理论研究及临床应用研究文章近70篇，编辑成此书，以反映我国胃肠电研究水平和应用概况。

近年来的研究表明：胃肠平滑肌电活动是胃肠运动功能灵敏指标之一，与临床生理、病理直接相关。胃肠电图的检测不干扰胃肠正常功能性活动，体表长时间无创性动态观察引起了国内外专家学者的极大兴趣，并致力于胃肠电的研究应用，使临床胃肠电图初步形成一门新兴的学科。

卫生部陈敏章部长对胃肠电应用研究非常关心，多次发表重要讲话，促进了我国胃肠电图临床应用研究迅速发展。安徽作为EGEG胃肠电图仪的发源地，受到国家科委高度重视与支持，将合肥新技术应用研究所胃肠电图仪研究与应用列为国家级“火炬计划”。经同道们短短十年的努力，已跃居世界领先水平。尤其在胃肠功能性疾病的辅助诊断、指导中医辨证施治等方面取得了开拓性成果，以电生理学技术和方法取得模量进行智能化微机处理分析，使胃肠电临床应用研究的科学性和效价得到进一步提高。

胃肠电图的临床研究应用，必须全国统一合理的仪器参数，尽

可能排除系统误差。除分析平均频率、平均幅值、波形的节律性及进餐功能实验的变化规律外，还应分析波形特征或异常波形的各种参数，并结合临床症状进行综合分析，方能较准确地评价胃肠功能状态，得出正确的辅助诊断结论。

在编写过程中，得到合肥市新技术应用研究所大力支持和资助。同时受到安徽省消化协会、安徽中医学院针灸经络研究所的大力支持。在此致以衷心感谢。

为节省篇幅，本书只选择正文，摘要、插图及参考文献从略。

本书可供从事胃肠电研究工作者、胃肠电图临床医师及高等医学院校师生、研究生阅读参考。

由于本书属一门新兴学科内容，加之时间和水平有限，一定有不妥和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

一九九三年八月

目 录

前言.....	(I)
---------	-------

第一部分 胃肠平滑肌电活动基础理论研究

1. 胃电的基本类型	张经济 (3)
2. 胃肠道平滑肌的电活动	钱雪景等 (8)
3. 胃肠道的消化间期综合肌电	张经济 (14)
4. 经内窥镜检查消化道功能的进展	金乃时 (23)
5. 胃肌电的研究进展	陈国志 (28)
6. 胃电图的历史、现状及展望	许冠荪 (34)
7. 大鼠离体胃电的观察	李在琰 (40)
8. 胃肠道肌电活动临床应用基础理论研究	张经济等 (44)
9. 电刺激下丘脑弓状核对大鼠胃电和胃内压的影响及途径分析	马 嵘等 (50)
10. 电刺激缰核对大鼠胃电的影响及途径分析	张秉洁等 (58)
11. 针刺对大鼠应激性胃肠粘膜损害及电活动变化影响的研究	朱凤仙等 (63)
12. 从实验性肝损伤大鼠胃电改变来认识中医的脏腑学说	袁 铮等 (67)
13. 350m 氮氧模拟饱和潜水实验中潜水员体表胃电图的变化	杨 军等 (72)
14. 实验性急性肠梗阻对家兔胃肠电活动的影响	朱凤仙等 (77)

15. 胃电图诊断和胃镜诊断符合率与中医证型及耳穴电阻关系的实验研究..... 翁泰来等(81)
16. 大承气汤对家兔胃电活动影响的初步探讨..... 李宏森等(90)
17. “足三里”穴针刺效应与体表胃电图关系的初步探讨..... 翁泰来等(92)
18. 经胃镜记录胃粘膜电活动与体表胃电图的比较..... 许冠荪等(96)

第二部分 临床胃电图

1. 临床胃电图检查操作统一规范(试行)..... (101)
2. 胃电图参考诊断标准(试行)..... (103)
3. 国内胃电图研究和胃电图临床应用进展..... 周逸平等(104)
4. 正常人胃X线测量与体表胃电图电极定位... 王正平(114)
5. 100名健康人胃电图的分析..... 许冠荪等(116)
6. 临床胃电图资料分析..... 汪克明(121)
7. 50例健康小儿胃电图分析..... 余开森等(125)
8. 胃节律紊乱综合征及其治疗..... 余开森(129)
9. 上海市中、小学生正常胃电图测定(120例)报告..... 陈永荣等(132)
10. 关于胃电图特殊波形的探讨(附100例资料分析)..... 陈 喆(138)
11. 胃电图的临床诊断意义初探..... 鲁 斌等(141)
12. 胃电图普查与内镜检查对照..... 杨家斌等(148)
13. 胃电图与胃镜检查对照205例..... 冷雁德等(153)
14. 胃电图与胃镜诊断对比观察100例..... 翁泰来等(157)
15. 体表胃电图的临床应用(附310例胃镜对照分析)..... 张亚雄(162)
16. 慢性浅表性胃炎患者胃电图研究..... 汪克明(170)

17. 110例慢性胃病胃电图参数分析 林峻等 (175)
18. 胃电图诊断 1132例胃炎、溃疡病的随访观察报告
..... 施裕森等 (180)
19. 胃电图临床应用研究 周有强等 (184)
20. 胃电图 200例分析报告 刘世超 (188)
21. 胃电图 2200例临床应用体会 宋培荣等 (192)
22. 慢性胃炎中医分型与胃电图参数的关系
(附 600例慢性胃炎胃电图分析) 冷文章等 (196)
23. 胃电图诊断慢性胃炎 500例分析 李文竹 (199)
24. 胃电图与胃镜对照检查 120例小结 邹鸟源 (203)
25. 胃电图诊断十二指肠炎的初步探讨 田培兴等 (209)
26. 消化性溃疡的胃电图诊断探讨 于长久 (212)
27. 小儿长期反复发作性腹痛与胃、十二指肠炎
症及溃疡 (附 219例胃电图分析) 徐荣谦等 (217)
28. 32例胃癌患者胃电图表现特征及探讨 黄少辉等 (227)
29. 胃癌的胃电图诊断初探 浦永辉 (230)
30. 胃电图在胃癌诊断中的价值 梁如双 (233)
31. 胃复安对胃电图参数影响的观察 陈文发等 (239)
32. 常见脾胃病中医辨证分型与胃电图检查结果
关系 邹震谷等 (243)
33. 肝硬化腹水病人胃功能改变的初步研究 谢洪成等 (248)
34. 中药治疗慢性浅表性胃炎的胃电图观察 韩永群等 (253)
35. 386例非溃疡性消化不良的初步研究 赖鼎元 (258)
36. 胃电图的临床应用 汪克明等 (263)
37. 胃电图对胃疾病诊断价值的探讨 徐月玲等 (268)

第三部分 临床肠电图

1. 临床肠电图检查操作统一规范 (试行) (277)
2. 临床肠电图参考数据 (试行) (279)

3. 体表结肠电图检测的定位研究 金乃时等 (280)
4. 100 例正常成人结肠电图分析 王启之等 (288)
5. 正常人体表结肠电图图形分析初探 黎锐平等 (291)
6. 结肠电图分型的临床应用 陈宗舜等 (296)
7. 肠电图临床应用的探讨 周惠印等 (300)
8. 人体结肠浆膜下肠电图形的初探 陈伟等 (303)
9. 正常人血清胃动素浓度与结肠电活动关系的探索
..... 黎锐平等 (309)
10. 人体体表结肠电图波形计算方法初探 黎锐平等 (314)
11. 体表与体内测定小肠肌电的比较和研究
..... 张少鹤等 (319)
12. 体表肠电图临床应用价值初探 陈宗舜 (323)
13. 体表结肠电图的临床检测与肠镜导入记录电极
法探讨 张少鹤等 (328)

第一部分

胃肠平滑肌电活动基础理论研究

胃电的基本类型

张经济

(兰州医学院生理学教研室)

小肠、结肠和胃尾端 2/3 部位的平滑肌细胞，其膜电位具有周期性的波动，这种震荡电位称为慢波、基本电节律或起步电位。当慢波的震荡电位使细胞膜的除极超过某一阈电位水平时，就能引起细胞膜发生快速发放的电震荡，称为峰电或快波，并伴发平滑肌收缩。单个或成簇的峰电，仅在慢波除极时才能发放，所以相应平滑肌位相性收缩的最大节律，就与该部位慢波的节律是相同的。

但是，并不是每个慢波发生除极时，都能使膜电位达到发生峰电的阈电位，故许多慢波并不伴有峰电发放和肌肉收缩。胃肠道的内在神经和外来神经释放的递质、其他组织释放的某些特殊的内源性物质，都是通过改变细胞膜的除极程度，以控制胃肠道的运动；而慢波的肌源性作用，是决定胃肠道随慢波周期发生收缩的部位，收缩的最大节律以及相邻部位每个收缩之间的间隔时间关系。

在空腹情况下，即使胃和小肠等均不收缩，处于静止状态，也能在所有时间内记录到胃肠电活动的慢波。但在人和狗靠近贲门 1/3 的部分胃常缺乏胃电的节律活动，称为胃电的静止区。在胃体的下部及胃窦区，胃电慢波具有明显的优势，其波幅愈近幽门愈大。当胃发生收缩时，在慢波的顶端或其后常负载有峰电，或称快波。

一、胃电慢波的节律类型

文献报道，人胃电慢波节律每分钟为3次左右，狗胃电的慢波节律约为每分钟5次；胃电慢波节律的其它类型，尚未见报道。我们先后在26只狗的慢性实验中，每次连续记录胃电活动6~8小时，总记录时间达1503小时32分钟，注意到胃慢波节律常表现有三种不同的类型。

1. 慢波或主波 (slow wave or primary wave)

慢波是胃肠道电活动的主要类型，亦称主波，是所有实验狗胃电记录中的主要节律，总记录时间中的92%均为这一节律。其频率、振幅和波形均可受神经、体液等因素的影响。

2. 快慢波 (rapid slow wave)

就是快的慢波，是一种持续不同时间的较快节律的慢波。在26只狗的23只实验中，均记录到这种节律。快慢波频率每分钟平均为 13.4 ± 1.7 次，变动于8~16次之间，较慢波快2倍以上。快慢波发生时的持续时间，长者可达86分钟，短者仅连续4~5个波，不到一分钟，但一般为4~8分钟，在所有实验中，该波占总记录时间的7.4%。快慢波只发生在消化间期综合肌电的静止期和不规律峰电活动期，其上不负载峰电。诱发峰电的因素，能抑制快慢波发生。

3. 早发慢波 (premature slow wave)

就是在正常的慢波节律中，有一个波形略异的慢波提前发生，且与其后一个慢波间有一较长的间期，与心脏早搏后的代偿间歇相类似。

二、空腹时胃电的活动类型

空腹时胃电的活动是以峰电（快波）周期性活动为特征的综

合肌电现象，称消化间期综合肌电。在每个综合肌电周期中，根据负载有峰电的慢波数量，可将综合肌电分为三个类型或四个时相。在仅有慢波电活动时称静止期或Ⅰ相；部分慢波上负载有振幅和数量均不相等的峰电时，称不规则峰电活动期或Ⅱ相；在所有慢波上都负载有成簇的峰电活动时，称规律峰电活动期或Ⅲ相；由Ⅲ相过渡到Ⅰ相的很短过渡期称Ⅳ相。空腹时胃电的活动，总是按照四个时相的顺序，周而复始地周期性进行。其中Ⅲ相活动是最强的活动，持续约10~25分钟，且同时发生于胃体和胃窦。没有象小肠那样从上端向下端的移行现象。

在研究胃周期性活动发生的机理中，MiaoIn等指出，胃Ⅲ相活动时迷走神经的放电频率增加，Hall等观察到冷冻颈部迷走神经干，能抑制胃的周期性活动，因此认为胃的周期性活动是中枢神经通过迷走神经来控制的。但是我和许多学者的报告中，都证明迷走神经干切除后，胃的周期性运动依然存在。Ⅲ相时迷走神经的放电增多，似乎是通过迷走神经传入纤维的反馈机制所造成。Thomas等在胃体部制成孤立的去神经小胃，发现去神经小胃的周期性运动与其余大胃的周期性运动相一致，这说明激素在胃的周期性活动中有重要作用。另外，胃的周期性活动总是与十二指肠的周期性活动相一致，去神经小胃在十二指肠发生Ⅲ相时其活动节律和强度也明显增加，这表明十二指肠Ⅲ相活动时释放的激素，可以影响胃的肌电和收缩运动。但是，就目前所知，这些激素并不能产生胃周期性活动。关于胃周期性活动的发生机理，目前仍不清楚，但一般认为中枢神经系统通过其传出神经对胃周期性活动的发生有重要的意义，其传出神经可能不是迷走神经。

三、进餐后胃电的活动类型

进食能引起胃电活动的改变。进食开始后，经过5~20秒的潜伏期，胃电慢波明显减慢；进食完毕，胃电慢波节律随即恢复，

但一般仍较进食前略慢，约两小时后，才完全恢复到进食前的水平。

进食除引起慢波节律改变外，最主要的变化是能完全破坏胃的周期性活动，使胃周期性的空腹活动型转变为消化型，其消化间期综合肌电的活动消失。消化型的肌电活动，峰电呈间断性的发放，类似消化间期综合肌电Ⅰ相，但是其性质完全不同，它缺乏周期性转变和移行的特征。进食破坏周期性综合肌电时间的长短与食物热量成比例关系，也同食物的化学成分有关，在热量相等的情况下，脂肪破坏的时间大于糖类和蛋白质，这可能同脂肪在胃内的排空慢于糖类和蛋白质之故。进食混合食物，破坏周期性综合肌电的时间，人为3~4小时，狗为12~14小时。

进食破坏消化间期综合肌电(IDMEC)，可能同神经和胃肠道激素的释放有关，进食后能引起胃肠腔内容物增多，血液循环中的消化产物增加，二者均可引起胃肠肌电活动改变，但狗的实验证明，从肠管外给予各种营养物质并不能破坏IDMEC。进食活动能引起许多胃肠激素的分泌和神经的兴奋。静脉灌注胃肠激素，如五肽胃泌素、胆囊收缩素和胰岛素等，都能引起IDMEC破坏，并诱发类似消化型的胃电活动，所以这些激素被认为是进食引起IDMEC周期紊乱的原因。但是，也有一些食物不引起循环血液中胃泌素、胰岛素水平的改变，仍能破坏IDMEC周期，而且这些激素诱发的胃电活动，也不完全与消化型胃电活动相同。因此Wingate提出，这些激素以旁分泌形成的局部浓度，较血液中的浓度水平具有更重要的意义。

切断迷走神经后，虽能引起胃内食物滞留，胃排空减慢，但对进食破坏IDMEC周期的影响很小。在小肠的研究中，用葡萄糖溶液灌流局部肠道袢，激活内在神经，也能改变肠袢的电活动类型，破坏其IDMEC周期，但其余小肠则不受影响，这一局部效应是神经性的还是体液性的仍不清楚，但这结果说明，胃肠腔内的内容物能通过内在神经或局部化学物质因素，调节胃肠肌电活动

的类型。食物的形状、气味和食物的期待，也能破坏 IDMEC 周期活动，这些结果都说明神经体液因素在破坏 IDMEC 周期性活动中的作用。Sarles 和 Kelly 的实验特别强调神经作用，因为受神经支配的空肠，进食完全不能破坏其 IDMEC 的周期性活动，或仅发生很短时间的破坏，与有神经支配的胃和十二指肠比较，具有明显的差异。

四、胃的周期性活动与其它活动的关系

在空腹时，胃和十二指肠 IDMEC III 相活动开始后，相应的食道下括约肌、胆囊和 Oddi 氏括约肌也都发生强烈的收缩，同时胰液、胃液和胆汁的分泌也都加强；胃酸和胃蛋白酶的分泌在 III 相活动前的 30 分钟明显高于 III 相活动后的 30 分钟；另外，重碳酸盐、胰淀粉酶、胆酸、胰蛋白酶、胆红素和胰脂肪酶的分泌，也都伴随 III 相的活动而增高。随着 IDMEC 的周期性活动，水、葡萄糖和电解质的吸收也呈相应的波动，I 相时吸收最强，III 相时吸收最小，食后状态的吸收率大于空腹状态。血浆游离脂肪酸的浓度在 IDMEC 周期中，也呈现 III 相时最高，I 相时最低。这一变化似乎与交感神经 β 受体的周期性兴奋变化有关。

五、总 结

胃电可分为慢波和快波（峰电）两种，慢波是胃电的基本节律，在各种情况下都规律的发生。峰电伴随胃的位相性收缩而发生，在空腹时呈周期性的活动类型，进食后表现为稳定的不规则峰电活动。胃电慢波的周期是肌源性的，胃电快波的不同类型，似乎与外来神经、内在神经丛的活动以及某些胃肠道激素释放有关。

胃肠道平滑肌的电活动

钱雪景 徐光尧

(安徽医科大学生理教研室)

胃肠道平滑肌电活动的研究虽比其它生物电(如心电、脑电)的研究开展得晚。但近年来胃肠生理学者们不仅在完整动物而且在离体的肌条上都进行了研究,其发展迅速,已倾向于把它作为研究胃肠道生理和病理变化的一项指标。

一、胃肠平滑肌细胞内外的离子分布 及细胞膜的特性

1. 胃肠平滑肌细胞内的离子分布

平滑肌细胞膜内外的离子分布与横纹肌及心肌纤维类同,膜内 K^+ 较多,膜外 Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- 较多。以肠平滑肌为例其离子分布见表1。

表1 猫肠环形肌的离子分布和平衡电位

细胞外离子浓度	细胞内离子浓度	平衡电位 (mV)		实测静息电位
		(37°C Nernst 公式计算)		
Na ⁺	153mol/L	19mol/L	+55	-55~-60
Ka ⁺	4mol/L	164mol/L	-101	
Cl ⁻	132mol/L	55mol/L	-23	
Ca ²⁺	2.5mol/L	10 ⁻⁷ mol/L	+100	

2. 胃肠平滑肌膜的特性

(1) 膜电阻较高。静息平滑肌单位面积膜电阻较高, 为 $13 \sim 21 \text{ k}\Omega/\text{cm}^2$, 比蛙骨骼肌的快肌 ($1.5 \sim 0.4 \text{ k}\Omega/\text{cm}^2$) 和心肌浦肯野纤维 ($1.2 \sim 2.0 \text{ k}\Omega/\text{cm}^2$) 的高。平滑肌的电阻较高反映膜对 K^+ , Cl^- 和 Na^+ 的通透性较低。豚鼠结肠带对 K^+ , Cl^- 和 Na^+ 的通透性系数分别为 $P_{\text{K}} = 10 \times 10^{-8} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, $P_{\text{Cl}} = 6.7 \times 10^{-8} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, $P_{\text{Na}} = 1.8 \times 10^{-8} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。平滑肌细胞体积较小, 因而总表面积较大, 其所以能够维持细胞内离子或分子的相对恒定而无需消耗大量能量就是由于膜电阻较高的缘故。

(2) 胃肠平滑肌膜上存在着 Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- 通道。

(3) 胃肠平滑肌上有多种离子泵, 如 Na-K-ATP 酶泵 (Na-K 泵), Ca-Mg-ATP 酶泵 (Ca 泵) 和 $\text{Cl-HCO}_3\text{-ATP}$ 酶泵 (Cl 泵)。

二、胃肠平滑肌的电生理学特征

1. 静息电位

与 K^+ , Na^+ , Cl^- 均有关

用细胞内微电极记录观察到相对静息期的胃肠道平滑肌细胞膜两侧的电位差一般为 $50 \sim 55 \text{ mV}$, 膜内为负, 膜外为正。平滑肌静息电位比心室肌 (80 mV)、骨骼肌 (90 mV) 为低, 这主要是由于平滑肌内 Na^+ , Cl^- 浓度较高, 而 K^+ 浓度较低所致, 膜的静息电位主要与 K^+ 的向外扩散有关。此外, 还与 Na^+ , Cl^- 等离子的扩散有关。但根据 K^+ , Na^+ , Cl^- 三种离子溶液平衡电位的恒电场公式 (Constant field equation) 计算, 豚鼠结肠带静息电位, 其值为 -37 mV 左右。可见平滑肌静息电位除与 K^+ , Na^+ , Cl^- 的移动有关外, 还与其他离子特别是 Ca^{2+} 有关。一般还认为静息电位与钠泵的生电作用有关, 即钠泵对 Na^+ , K^+ 不对等的转运, 使运出膜外的 Na^+ 量大于运入膜内的 K^+ 量, 造成膜外带正, 膜内带负。静息电位还可能与生电性氯泵、钙泵有关。

$$E_m = 61 \cdot \log_{10} \left[\frac{K_o^+ + \frac{P_{Na}}{P_K} Na_o^+ + \frac{P_{Cl}}{P_K} Cl_o^-}{K_i^+ + \frac{P_{Na}}{P_K} Na_i^+ + \frac{P_{Cl}}{P_K} Cl_i^-} \right]$$

2. 从胃肠平滑肌上记录到两种类型的电活动

(1) 基本电节律。细胞外记录或微电极细胞内记录法均发现，在空腹情况下，即使胃肠道平滑肌不收缩，也可以记录到一种自发的、缓慢的、节律的去极化波，称为基本电节律 (basic electrical rhythm, BER) 或称起步点电位 (pacesetter potential, PSP)。由于这种电位变化极为缓慢，持续时程 1~8 秒，所以又称为慢波 (slow wave)，但 Davenport 提出“慢波”一词不明确，以不用为好。人胃的 BER 约为 3 次/分，从十二指肠到回肠，BER 的频率有一个下降梯度（但在结肠，从结肠起始部至下部，有一个频率的升高梯度），不同动物的胃肠道的不同部位，BER 的节律亦不同（见表 2）。BER 的振幅随部位而异，胃体部较小，胃窦部较大，细胞内记录为 -15~-50mV。当狗胃不运动时，BER 的每一周期由两部分组成，初始部分通常是单相波（细胞内记录）、双相或三相波（细胞外记录）。后一部分的电位变化较小，几乎成一平直线，直到下一周期的单相或双相波为止。当狗胃运动时细胞内记录 BER 的波形，可分为初期的快速去极化、快速部分复极化、持续去极化构成平台电位、然后慢慢复极化。狗小肠的 BER 波形随肠段而异。十二指肠和上部空肠每一周期由快速去极化、平台期和复极化所组成。其余肠段为双相正弦波。BER 是肌源性的，因为除去外来神经和内在神经丛或用神经阻断剂、神经节阻断剂后，BER 仍能继续发生。胃底和贲门端胃体没有节律性电活动。胃的 BER 起源于胃大弯中部的纵行肌，向小弯和幽门方向扩布。扩布速度沿大弯侧比小弯侧稍快，窦部比体部快，体部为 $0.1 \sim 1.2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ，接近胃窦时人为 $1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ，终末胃窦部达到 $1.5 \sim 4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。小肠的