

# 无线动力胶囊技术的应用

李苗苗, 叶必星, 林琳

## ■背景资料

无线动力胶囊技术(WMC)是国外近年来兴起的一项胃肠动力检测技术, 国内尚无应用, 通过胶囊在消化道内运行并实时记录pH、温度、压力信息间接计算出胃肠道各区域的转运时间, 其检测结果与传动力检测技术所得结果具有良好的一致性, 可用于胃轻瘫、功能性便秘等动力异常疾病的诊断。

李苗苗, 叶必星, 林琳, 南京医科大学第一附属医院消化内科 江苏省南京市 210029

李苗苗, 主要从事胃肠动力方面的研究。

作者贡献分布: 本综述由李苗苗查阅整理资料并完成写作; 叶必星进行修改; 林琳审核。

通讯作者: 林琳, 教授, 210029, 江苏省南京市广州路300号, 南京医科大学第一附属医院消化内科。lin9100@yahoo.cn

电话: 025-68136920

收稿日期: 2012-11-01 修回日期: 2012-12-30

接受日期: 2013-01-05 在线出版日期: 2013-01-18

## Rationale for clinical use of wireless motility capsule

Miao-Miao Li, Bi-Xing Ye, Lin Lin

Miao-Miao Li, Bi-Xing Ye, Lin Lin, Department of Gastroenterology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China  
Correspondence to: Lin Lin, Professor, Department of Gastroenterology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, 300 Guangzhou Road, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China. lin9100@yahoo.com  
Received: 2012-11-01 Revised: 2012-12-30  
Accepted: 2013-01-05 Published online: 2013-01-18

## Abstract

The wireless motility capsule (WMC) is a recently developed technique for evaluating gastrointestinal motility. As the capsule moves through the gastrointestinal tract, it allows for real-time measurement of the pH, temperature and pressure of its surrounding environment to indirectly calculate gastric emptying time (GET), small bowel transit time (SBTT), colonic transit time (CTT) and whole gut transit time (WGTT). The WMC is especially suitable for patients suspected of dysmotility in more than one region in the gastrointestinal tract. The US FDA has approved the WMC for the evaluation of gastric emptying time in patients with suspected gastroparesis and colonic transit time in patients with suspected chronic constipation, and for the characterization of antral and duodenal pressure profiles. In addition, the WMC has been tested as an alternative to scintigraphy and radiopaque marker technology in several clinical trials. This review summarizes the rationale for clinical use of the WMC.

## ■同行评议者

毛高平, 教授, 中国人民解放军空军总医院

© 2013 Baishideng. All rights reserved.

**Key Words:** Wireless motility capsule; Gastrointestinal motility; Gastrointestinal pressure; Gastroparesis; Constipation

Li MM, Ye BX, Lin L. Rationale for clinical use of wireless motility capsule. *Shijie Huaren Xiaohua Zazhi* 2013; 21(2): 166-170

## 摘要

无线动力胶囊技术(wireless motility capsule, WMC)是国外近年来兴起的一项胃肠动力检测技术, 通过胶囊在消化道内运行并实时记录pH、温度、压力信息间接计算出胃排空时间(gastric emptying time, GET)、小肠转运时间(small bowel transit time, SBTT)、结肠转运时间(colonic transit time, CTT)和全胃肠道转运时间(whole gut transit time, WGTT)。特别适用于可疑多区域胃肠动力异常的患者。美国食品和药物管理局(food and drug administration, FDA)已批准WMC用于胃轻瘫患者胃排空时间的检测、胃窦十二指肠压力描述及慢性便秘患者结肠转运时间的检测。现对WMC技术的原理和应用作一综述。

© 2013年版权归Baishideng所有。

**关键词:** 无线动力胶囊; 胃肠动力; 胃肠压力; 胃轻瘫; 便秘

李苗苗, 叶必星, 林琳. 无线动力胶囊技术的应用. 世界华人消化杂志 2013; 21(2): 166-170

<http://www.wjgnet.com/1009-3079/21/166.asp>

## 0 引言

胃肠动力和功能异常疾病如胃轻瘫、肠易激综合征、功能性便秘等发病率超过了人群的1/3, 胃肠动力检测有助于这类疾病的诊断和分类。传统的胃肠动力检测方法如不透X线标志物法(radiopaque markers, ROMs)和核素显像具有操作繁琐、需接受辐射等特点, 且缺乏统一的操作和诊断标准。近年来, 一项新的胃肠动力

检测技术: 无线动力胶囊技术(wireless motility capsule, WMC)逐渐在国外得到应用, WMC实时记录胃肠道内的pH、温度、压力信息而间接检测出胃肠道各区域的转运时间, 有利于胃肠道不同区域动力情况的综合判断. 已有多项试验证实WMC检测方法与传统动力检测方法所得结果具有良好的一致性, FDA已批准WMC用于胃轻瘫患者胃排空时间的检测、胃窦十二指肠压力描述及慢性便秘患者结肠转运时间的检测. 现对WMC技术的原理和应用作一综述.

## 1 WMC系统的构造和工作原理

WMC系统目前唯一的品牌为美国SmartPill公司生产的SmartPill胃肠监测系统, 该系统由WMC、便携式数据接收器及数据处理软件构成. WMC为11.7 mm×26.8 mm大小的圆柱体, 与胶囊内镜的外形类似, 包含pH、温度、压力3种感应器, 感受范围分别为0.05-9.00、25℃-49℃、0-350 mmHg. 感应器信号采集频率随时间推移而变化以节省电量, pH信号采集频率为24 h内5 s/次, 24-48 h 10 s/次, 48 h后2.5 min/次; 温度信号采集频率为24 h内20 s/次, 24 h后40 s/次; 压力信号采集频率为24 h内0.5 s/次, 24 h后1 s/次<sup>[1]</sup>. 胶囊将感应器信息以434 MHz的频率传送至便携式数据接收器, 数据接收器可随身携带或近距离放置, 与胶囊的距离需保持在5英尺之内. 胶囊和数据接收器所含电池电量均可维持至少5 d, 检查结束后, 将数据接收器中的信息上传至电脑, 利用数据处理软件对接收器中的信息进行分析并自动生成报告.

WMC通过对pH和温度信息综合分析计算出胃排空时间(gastric emptying time, GET)、小肠转运时间(small bowel transit time, SBTT)、结肠转运时间(colonic transit time, CTT)和全胃肠道转运时间(whole gut transit time, WGTT). 温度的变化是胶囊吞入和排出的标志, 胶囊被吞入后, 温度迅速由环境温度升为人体温度(大约36℃), 排出时则迅速降为环境温度. 胶囊在胃肠道内运行时则根据不同部位pH差异进行定位, 胃内平均pH为1.0-2.5, 当胶囊由胃进入相对碱性的十二指肠时, pH值至少上升2个单位(平均3个单位). 末端回肠的平均pH为7.5, 而结肠环境相对偏酸, 胶囊由回盲瓣进入结肠时, pH下降至少1个单位<sup>[2]</sup>, Zarate等<sup>[3]</sup>将WMC与核素显像技术结合对pH下降的区域进行准确定位, 结果显示9名受试者中, 5名受试者pH下降区域位于盲

肠, 2名位于升结肠, 另外2名位于盲肠和升结肠的移行部, 这些区域的酸性环境主要因厌氧菌对食物中不被吸收的纤维素成分进行发酵, 产生短链脂肪酸(short-chain fatty acid, SCFA)所致, SCFA在盲肠及升结肠中含量最高, 远端结肠含量逐渐减少. SCFA含量受饮食及菌群影响, 部分受试者无法识别CTT的起点, 考虑与SCFA含量较低有关<sup>[4]</sup>.

## 2 检查过程及结果分析

检查前停用影响胃内pH及胃肠动力的药物, 其中PPI停用至少7 d, H2RA和影响胃肠动力药物停用至少3 d, 制酸剂停用至少1 d. 空腹情况下进食260 kcal的标准餐, 随后吞入胶囊并将数据接收器束于受试者腰间, 继续禁食6 h以避免影响胃排空时间, 检查期间患者需记录睡眠、进食、排便及胃肠症状, 保持日常饮食习惯, 避免烟酒, 同时避免剧烈运动(仰卧起坐、俯卧撑及超过15 min的有氧运动).

根据温度曲线可判断胶囊吞入和排出的时间点, 根据pH曲线上两个主要pH变化标志可将WGTT分为GET、SBTT、CTT 3个部分, 少数受试者胶囊通过回盲部时pH值无明显变化, 可用全肠转运时间(small and large bowel transit time, SLBTT)替代CTT, 原因为健康人群的SBTT平均为3-6 h, 而CTT平均为24-60 h, SLBTT数值大致接近CTT, 同时有研究显示WMC测得的SLBTT与ROMs测得的CTT相关性良好( $r = 0.704$ )<sup>[5]</sup>.

## 3 WMC在胃肠动力评估中的应用

### 3.1 胃肠道各区域转运时间的测定

3.1.1 GET: WMC被FDA批准用于胃轻瘫、功能性消化不良等胃排空减慢疾病的诊断. 胃对液体、可消化的固体、不可消化的固体具有不同的排空形式, Cassilly等<sup>[6]</sup>学者将WMC、核素胃排空试验、胃窦十二指肠导管测压(antroduodenal manometry, ADM)3种方法相结合明确WMC在健康人胃内的排空形式, 结果显示通常情况下WMC在III期移行复合运动(migrating motor complex, MMC)的推动下通过幽门进入十二指肠. MMC为发生在消化间期的一种周期性胃肠收缩活动, 共分4期, III期MMC表现为一组规则高振幅收缩的短期爆发, 是MMC的主要组成部分. 在WMC试验中, 胃将标准餐排空后产生MMC, 胶囊随着III期MMC进入十二指肠, 这一排空方式保证了WMC检查胃排空的准确

### ■研发前沿

WMC技术目前的研究热点为对已知或可疑胃肠某区域动力异常的患者进行检查, 全面评估患者的胃肠动力, 为诊断和治疗提供新的信息. 胶囊同时可进行压力测定, 但胶囊中仅有一个压力感受器, 且在消化道中不断移动, 无法测定移行波, 需要新的评判标准以进一步拓展胶囊的压力测定功能.

### ■相关报道

CASSILLY等学者将WMC、核素胃排空试验、胃窦十二指肠导管测压3种方法相结合, 结果显示通常情况下胶囊在健康人胃内的排空形式为III期移行复合运动, 研究不仅将WMC技术与传统的“金标准”方法相比较, 同时提示了胶囊通常在胃排空标准餐后排出幽门, 保证了WMC检查胃排空的准确性.

### ■创新盘点

本文在国内首次介绍了国外近年来一项新的胃动力检测技术-无线动力胶囊技术,对该系统的构造、工作原理、临床应用、优势、安全性、不足等方面一一进行阐述,使国内读者对这一新技术有较全面的了解。

性。WMC在胃动力异常患者胃内的排空形式需进一步研究,使WMC的应用价值得到进一步证实。Kuo等<sup>[7]</sup>对核素胃排空试验和WMC这两种方法进行了对比,研究对象为87名健康人和61名胃轻瘫患者,结果显示WMC测得的GET与核素胃排空试验所测得的GES-4h(4 h核素排空率)、GES-2h(2 h核素排空率)相关系数分别为0.73和0.63,受试者工作特征曲线(the receiver operating characteristic curve, ROC曲线)提示GET的诊断准确性为0.83,而GES-4 h、GES-2 h分别为0.82和0.79,同时该研究显示WMC诊断胃轻瘫的最佳界限值为300 min,敏感性和特异性分别为0.65和0.87,以上结果提示WMC对于胃排空的检测与核素胃排空试验相比具有良好的一致性及更高的准确性。

抑酸药物的应用及慢性萎缩性胃炎、胃轻瘫等病理状态均会改变胃内pH参数。Michalek等<sup>[8]</sup>发现应用高剂量PPI的情况下(埃索美拉唑, 40 mg, bid, 连用1 wk),胶囊通过幽门时pH变化幅度确有降低,但至少在0.5单位以上的pH变化仍可保证GET的准确判断。胃轻瘫患者胃内pH水平的变化与其程度及病因相关,糖尿病性胃轻瘫患者胃酸分泌减少,而特发性胃轻瘫患者的胃酸分泌与健康人相似,同时胃排空越差的患者胃内酸度越低,但这些情况均不影响GET判断的准确性<sup>[9]</sup>。

3.1.2 SBTT: 目前尚无研究应用WMC检测假性肠梗阻等小肠动力障碍疾病。Maqbool等<sup>[10]</sup>应用核素显像及WMC对10名健康人的全消化道动力进行检测,结果显示两种方法对小肠转运时间的测量具有一致性( $r = 0.69$ ;  $P = 0.05$ )。Brun等<sup>[11]</sup>对87名健康人的SBTT进行检测,结果显示SBTT正常值范围为2.5-6.0 h,平均值为4.1 h,这项研究同时发现77名具有消化道动力异常临床表现的患者中,29名(37.6%)患者SBTT延长,同时SBTT延长患者的平均GET、CTT较健康组明显延长。WMC检测SBTT的主要缺点是少数受试者PH曲线上胶囊由小肠进入大肠的标志点无法准确判别,发生率为5%-10%。

3.1.3 CTT: CTT检查主要用于以便秘为主的结肠动力障碍性疾病的诊断和分类,目前广泛采用ROMs,此方法操作方便、费用低,但患者需接受辐射,且缺乏统一的操作和诊断标准。WMC检查中CTT的正常范围为5-59 h,已有多项研究证实WMC和ROMs对于CTT的检查结果具有良好的一致性。Camilleri等<sup>[5]</sup>对158名FC患者同

时行WMC及ROMs检查,STC诊断符合率接近80%,NTC诊断符合率接近91%,总体一致性为86%;ROMs所测得的CTT与WMC测得的CTT、SLBTT具有明显的相关性[CTT( $r = 0.707$ ), SLBTT( $r = 0.704$ )]. Rao等<sup>[12]</sup>的研究通过ROC曲线比较了WMC及ROMs诊断便秘的准确性和特异性,WMC的准确性和特异性分别为0.73和0.95,ROM的准确性和特异性分别为0.71和0.95,提示WMC可有效区别STC和NTC。

3.2 压力测定 WMC的压力测定功能在少数研究中得到初步的探索,胶囊中的压力感受器仅有单个压力感受器,且在消化道中不断移动,无法检测移行波,可记录所在部位的收缩频率和幅度,压力数据以收缩频率(frequency of contractions, Ct),压力曲线下面积(area under the curve, AUC)及动力指数[motility index, MI, Ln(压力幅度总和 $\times$ Ct+1)]形式表示。Kloetzer等<sup>[13]</sup>用WMC比较了71名健康人和42名胃轻瘫(gastroparesis, GP)患者的胃十二指肠动力参数,GP组的胃和十二指肠Ct值较健康对照组降低约35%,33%的GP患者胃Ct值低于正常对照值的5%,主要见于GET超过12 h的重度GP患者(发生率为75%),GET<12 h的患者Ct值中位数与健康对照组差异不明显( $P>0.40$ ),提示胃十二指肠压力信息可协同GET区分胃轻瘫轻重程度。

正常情况下小肠收缩活动存在餐后反应(the fed response):进食后小肠的收缩幅度和频率增加。一项研究回顾性分析了144名受试者的WMC报告,其中包括63名健康人,26名胃轻瘫患者和55名便秘患者,结果显示胃轻瘫组小肠餐后反应较健康组延迟,而便秘组的小肠餐后反应迟钝且短暂,12%的健康人、15%的胃轻瘫患者及24%的便秘患者未检测出明显的餐后反应,异常的小肠餐后反应提示这些患者的餐后症状存在潜在的神经过变<sup>[11]</sup>。

便秘患者结肠运动形式的主要改变为以HAPC(high amplitude propagating sequences, 高频率振幅波)为主的顺行推进波的减少及结肠生理反射的减弱或缺失,后者提示神经性结肠动力异常<sup>[14]</sup>。Hasler等<sup>[1]</sup>应用WMC比较了健康人及不同分型便秘患者结肠活动的特点,结果显示便秘各分型及健康人的Ct没有明显差异,但NTC、中度STC组及IBS-C组的平均AUC高于健康组,IBS-C组差异最为明显,重度STC组未发现差异。健康组、NTC、中度STC及IBS-C组的结肠收缩频率呈现由近端结肠向远端结肠的逐

### ■应用要点

胃肠动力障碍疾病的发生率逐年增加,无线动力胶囊技术是一项无辐射、非侵入性并可综合评估胃肠动力的新技术,具有良好的应用前景。本文对这一技术作了全面介绍,同时通过介绍一些应用实例使读者了解到多区域胃肠动力障碍的发生特点。



渐递增,但在重度STC组未发现这种递增,研究者推测这种异常是引起重度STC的原因之一。

**3.3 全面评估胃肠动力的优势** 胃肠动力障碍常累及胃肠道多个区域,WMC可以全面评估胃肠动力,避免分项进行传统动力检查,对可疑多区域动力异常的患者尤为适用。

Sarosiek等<sup>[15]</sup>的研究显示除GET外,胃轻瘫患者的CTT及WGTT均较健康对照组明显延长,SBTT无明显差异,18%的胃轻瘫患者WGTT延长( $P<0.0001$ ),CTT延长以糖尿病胃轻瘫患者尤为明显( $P=0.0054$ )。同时有研究显示便秘患者的GET、CTT及WGTT均长于健康对照组<sup>[12]</sup>,而对于选择手术治疗的顽固性便秘患者而言,存在消化道动力广泛低下将明显降低手术疗效,WMC检查有助于顽固性便秘患者更合理地选择治疗方式<sup>[16]</sup>。

Rao等<sup>[17]</sup>同时用WMC及传统动力检测法对86名可疑上消化道或下消化道动力异常的患者进行检测,根据症状部位分为上消化道组(upper gastrointestinal, UGI)和下消化道组(lower gastrointestinal, LGI)。结果显示WMC及传统方法在UGI组及LGI组诊断符合率分别为81%和76%,WMC为47%的UGI组和53%的LGI症状组患者提供了新的诊断信息,既而改变了30%UGI组和53%的LGI组的治疗计划:例如以便秘症状为主的患者经WMC检查发现胃排空减慢,可加用促动力剂治疗,而胃轻瘫患者经检查发现CTT延长则可加用泻剂;同时WMC提供的信息可以指导部分患者进一步检查:例如若患者腹胀明显但WMC结果正常,可行氢呼气试验明确是否有小肠细菌过度生长或乳糖不耐受,CTT结果正常的便秘患者可行肛门直肠测压评估盆底肌协调情况。

## 4 WMC的安全性

**4.1 禁忌证** 育龄期女性在检查当日晨需行尿妊娠试验排除妊娠。可能影响胶囊正常通过消化道的疾病均属禁忌证,包括吞咽困难、既往胃石病史、近3 mo内的胃肠道手术史、可疑消化道狭窄或瘘管、胃肠梗阻、克罗恩病或憩室炎等。胶囊产生的无线电信号会与人体植入或携带的电机装置相互干扰,所以心脏起搏器、输液泵植入等情况也被列为禁忌证。目前WMC的使用仅限于成人。

**4.2 不良反应** WMC检查主要的并发症为胶囊滞留及滞留继发的肠梗阻,胶囊吞入2 wk后经

腹部平片证实未排出则考虑为胶囊滞留。一项样本量为6 000例的上市后调查中,胶囊滞留的发生率为20例(0.33%),5例滞留在胃内、2例在小肠、13例在结肠,胃内滞留的胶囊通过内镜取出,其余15例中14例自行排出,1例促动力药物干预后排出。发生胶囊滞留时,首先根据pH值判断胶囊的部位,若滞留部位为结肠,发生梗阻的概率很小,等待胶囊自行排出;若滞留部位为胃或小肠,需每间隔3 d行腹部平片检查直至胶囊排出或进入结肠。一旦出现恶心、呕吐、腹痛、腹胀等肠梗阻症状需内镜或手术取出胶囊,目前尚无需手术干预的案例发生。其余不良反应包括胶囊吞入困难、设备故障及腹痛、恶心、腹泻等消化道症状。

## 5 WMC的不足

WMC对于胃肠转运时间测定的准确性已得到多项研究的证实,但其在压力测定方面的应用仍受到较大的限制,与传统压力测定方法相比,WMC仅有一个压力感受器,且在消化道内不停移动,无法测定移行波,需要新的判断标准以进一步拓展WMC的压力测定功能。WMC检查有发生胶囊滞留的可能性,部分受试者存在未知的胃肠道憩室或狭窄可能,增加了胶囊滞留的风险。此外WMC检查价格较贵,难以在国内广泛开展。

## 6 结论

WMC技术是一项无辐射、非侵入性并可综合评估胃肠动力的新技术,已有多项试验证实WMC检测结果与传统方法的一致性,特别适用于可疑多区域胃肠动力异常的患者,且具有应用于药物临床试验的潜能。WMC对于胃肠压力的测定虽有一定的缺陷,但对于压力参数评判标准的改进将使WMC提供更多的压力信息。随着更多的研究提供有力证据,WMC的应用范围将会进一步拓展。

## 7 参考文献

- Hasler WL, Saad RJ, Rao SS, Wilding GE, Parkman HP, Koch KL, McCallum RW, Kuo B, Sarosiek I, Sitrin MD, Semler JR, Chey WD. Heightened colon motor activity measured by a wireless capsule in patients with constipation: relation to colon transit and IBS. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2009; 297: G1107-G1114 [PMID: 19808653 DOI: 10.1152/ajpgi.00136.2009]
- Evans DF, Pye G, Bramley R, Clark AG, Dyson TJ, Hardcastle JD. Measurement of gastrointestinal pH profiles in normal ambulant human subjects. *Gut*

## ■名词解释

移行复合运动:发生在消化间期的一种周期性胃肠收缩活动,共分4期:Ⅰ期为间断蠕动期,胃肠偶尔出现间断性收缩;Ⅱ期是不规则收缩期,胃肠开始有散发的蠕动收缩波;Ⅲ期为强烈收缩期,表现为一组规则高振幅收缩的短期爆发,是MMC的主要组成部分;Ⅳ期为收缩消退期,活动渐减弱。

## ■同行评价

无线动力胶囊技术是国外近年来兴起的胃肠动力检测技术, 有较好的临床应用前景。本文对该系统的构造、构造原理和临床应用作了较全面的介绍, 表述清楚, 文字较流畅, 作为一项新技术介绍有一定的临床应用指导价值。

- 3 Zarate N, Mohammed SD, O'Shaughnessy E, Newell M, Yazaki E, Williams NS, Lunniss PJ, Semler JR, Scott SM. Accurate localization of a fall in pH within the ileocecal region: validation using a dual-scintigraphic technique. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2010; 299: G1276-G1286 [PMID: 20847301 DOI: 10.1152/ajpgi.00127.]
- 4 Brinkworth GD, Noakes M, Clifton PM, Bird AR. Comparative effects of very low-carbohydrate, high-fat and high-carbohydrate, low-fat weight-loss diets on bowel habit and faecal short-chain fatty acids and bacterial populations. *Br J Nutr* 2009; 101: 1493-1502 [PMID: 19224658 DOI: 10.1017/S0007114508094658.]
- 5 Camilleri M, Thorne NK, Ringel Y, Hasler WL, Kuo B, Esfandiyari T, Gupta A, Scott SM, McCallum RW, Parkman HP, Soffer E, Wilding GE, Semler JR, Rao SS. Wireless pH-motility capsule for colonic transit: prospective comparison with radiopaque markers in chronic constipation. *Neurogastroenterol Motil* 2010; 22: 874-882, e233 [PMID: 20465593 DOI: 10.1111/]
- 6 Cassilly D, Kantor S, Knight LC, Maurer AH, Fisher RS, Semler J, Parkman HP. Gastric emptying of a non-digestible solid: assessment with simultaneous SmartPill pH and pressure capsule, antroduodenal manometry, gastric emptying scintigraphy. *Neurogastroenterol Motil* 2008; 20: 311-319 [PMID: 18194154 DOI: 10.1111/j.1365-2982.]
- 7 Kuo B, McCallum RW, Koch KL, Sitrin MD, Wo JM, Chey WD, Hasler WL, Lackner JM, Katz LA, Semler JR, Wilding GE, Parkman HP. Comparison of gastric emptying of a nondigestible capsule to a radio-labelled meal in healthy and gastroparetic subjects. *Aliment Pharmacol Ther* 2008; 27: 186-196 [PMID: 17973643]
- 8 Michalek W, Semler JR, Kuo B. Impact of acid suppression on upper gastrointestinal pH and motility. *Dig Dis Sci* 2011; 56: 1735-1742 [PMID: 21086166 DOI: 10.1007/s10620-010-1479-8]
- 9 Hasler WL, Coleski R, Chey WD, Koch KL, McCallum RW, Wo JM, Kuo B, Sitrin MD, Katz LA, Hwang J, Semler JR, Parkman HP. Differences in intragastric pH in diabetic vs. idiopathic gastroparesis: relation to degree of gastric retention. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2008; 294: G1384-G1391 [PMID: 18403619 DOI: 10.1152/]
- 10 Maqbool S, Parkman HP, Friedenberg FK. Wireless capsule motility: comparison of the SmartPill GI monitoring system with scintigraphy for measuring whole gut transit. *Dig Dis Sci* 2009; 54: 2167-2174 [PMID: 19655250 DOI: 10.1007/s10620-009-0899-9]
- 11 Brun M, Michalek W, Surjanhata B, Kuo B. Small bowel transit time (SBTT) by wireless motility capsule (WMC): normal values and analysis of pressure profiles in different subgroups of patients with slow SBTT. *Gastroenterology* 2011; 140: S865
- 12 Rao SS, Kuo B, McCallum RW, Chey WD, DiBaise JK, Hasler WL, Koch KL, Lackner JM, Miller C, Saad R, Semler JR, Sitrin MD, Wilding GE, Parkman HP. Investigation of colonic and whole-gut transit with wireless motility capsule and radiopaque markers in constipation. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2009; 7: 537-544 [PMID: 19418602]
- 13 Kloetzer L, Chey WD, McCallum RW, Koch KL, Wo JM, Sitrin M, Katz LA, Lackner JM, Parkman HP, Wilding GE, Semler JR, Hasler WL, Kuo B. Motility of the antroduodenum in healthy and gastroparetics characterized by wireless motility capsule. *Neurogastroenterol Motil* 2010; 22: 527-533, e117 [PMID: 20122128]
- 14 Dinning PG, Di Lorenzo C. Colonic dysmotility in constipation. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 2011; 25: 89-101 [PMID: 21382581 DOI: 10.1016/j.bpg.2010.12.006]
- 15 Sarosiek I, Selover KH, Katz LA, Semler JR, Wilding GE, Lackner JM, Sitrin MD, Kuo B, Chey WD, Hasler WL, Koch KL, Parkman HP, Sarosiek J, McCallum RW. The assessment of regional gut transit times in healthy controls and patients with gastroparesis using wireless motility technology. *Aliment Pharmacol Ther* 2010; 31: 313-322 [PMID: 19814743 DOI: 10.1111/j.1365-2036.2009.04162.x]
- 16 Redmond JM, Smith GW, Barofsky I, Ratych RE, Goldsborough DC, Schuster MM. Physiological tests to predict long-term outcome of total abdominal colectomy for intractable constipation. *Am J Gastroenterol* 1995; 90: 748-753 [PMID: 7733081]
- 17 Rao SS, Mysore K, Attaluri A, Valestin J. Diagnostic utility of wireless motility capsule in gastrointestinal dysmotility. *J Clin Gastroenterol* 2011; 45: 684-690 [PMID: 21135705 DOI: 10.1097/MCG.0b013e3181ff0122.]

编辑 田滢 电编 闫晋利

