

# 取样胶囊吸取胃液的模拟实验分析与研究

黄华, 邸颖, 朱文坚, 黄平

黄华, 邸颖, 解放军广州疗养院 广东省广州市 510515  
朱文坚, 黄平, 解广州华南理工大学机械工程学院 广东省广州市 510640  
广州市科技计划项目资助 No.2005Z3-E0341  
通讯作者: 黄华, 510515, 广东省广州市, 解放军广州疗养院.  
huangyue1992@tom.com  
电话: 020-61657543  
收稿日期: 2006-08-14 接受日期: 2006-09-12

## 摘要

取样胶囊主要是吸取人体消化道内的消化液进行研究, 本文以胃液为例, 对取样胶囊吸取消化液进行探讨, 分析在取样胶囊的研究中选取何种吸附材料最合适. 首先对胃液成分进行分析, 然后配置模拟胃液, 选取六种不同吸附材料进行了吸附实验, 并按实验结果绘制了不同的吸附曲线. 由实验结果, 对各种材料的吸附量、吸附稳定性和可靠性等进行了对比分析, 同时还对取样机构模型设计的简单化因素进行分析. 最后得出结论, 认为德制胶棉在各个因素上都有明显的优势, 适宜作为取样胶囊中的吸附材料.

**关键词:** 取样胶囊; 胃液; 吸附

黄华, 邸颖, 朱文坚, 黄平. 取样胶囊吸取胃液的模拟实验分析与研究. 世界华人消化杂志 2006;14(28):2785-2788  
<http://www.wjgnet.com/1009-3079/14/2785.asp>

## 0 引言

近年来随着科学技术的发展, 医疗相关技术与设备的开发研制迅速崛起. 其中医疗微机器人更是得到前所未有的发展, 成为目前国内外研究的热点. 美国、日本、以色列等国家在这方面的技术处于世界领先地位. 其中, 以色列的医用胃肠道内微型机器人研究成果格外引人注目, 也已在全世界范围内得到了推广应用<sup>[1-4]</sup>. 近年来, 我国在医疗微机器人研究也在快速发展中, 国内等都各自有不少研究成果<sup>[5-7]</sup>. 传统上对人体消化道系统疾病的诊断和治疗是运用导管式内窥镜, 但存在不少弊端, 医疗微机器人的出现则给患者带来福音, 不但诊断时更安全舒适, 而且诊断范围能扩大到传统内窥镜所不能检测的

小肠段等. 现阶段已投入临床使用的是窥视胶囊, 给药、取样等功能的被动式微机器人的研究正在进行中. 其中用于取样的微机器人主要是吸取人体消化道内的消化液进行研究, 吸取的消化液可用于病例诊断或科学研究等<sup>[8-9]</sup>. 在取样胶囊的研究中, 用来吸取消化液的材料的选取是关键, 本文以吸取胃液为例, 从分析胃液成分入手, 配置模拟胃液, 然后进行不同材料的吸附实验, 最后进行分析比较得出结论.

## 1 胃液的分析 and 模拟胃液配置

**1.1 胃液成分分析** 胃液是由许多成分组成的复杂系统, 如盐酸、胃蛋白酶、黏液、胆汁酸、DNA和其他蛋白质. 其中, 蛋白质占有一定的比例, 主要是糖蛋白. 胃是含多种分泌细胞的消化器官, 胃液因直接与胃黏膜接触, 能较敏感的反映胃的病变. 胃液成分的变化可以在相当程度上显示胃的功能状况. 当胃黏膜发生病变时, 其分泌功能也发生变化, 胃液蛋白质成分和浓度也会发生改变. Lowry法结合CEA检测, 测定了一组胃癌患者的胃液蛋白含量, 取95%可信度, 胃液蛋白质含量的临界值为7.7 g/L, >7.7 g/L判为阳性, 否则为阴性. 结果表明, 胃癌组的胃液蛋白质含量显著高于除胃炎异型增生以外的任何一组的蛋白质水平( $P<0.01$ ), 胃癌敏感度65%, 特异性86.7%, 准确性81.6%, 2例早期胃癌中一例阳性. 慢性胃炎伴异型增生的胃液蛋白质含量与胃癌和胃溃疡组比较无显著差异( $P>0.05$ ), 但高于其他4组的蛋白质水平, 其阳性率为38.5%. 肠化生和不伴肠化生两组间无显著性差异. 胃溃疡和十二指肠溃疡的胃液蛋白水平也无显著性差异. 在胃液蛋白质水平与年龄作相关分析, 发现两者呈正相关, 随着年龄的增大, 胃液蛋白质呈升高趋势. 此外胃癌患者胃液蛋白质的SDS-PAGE结果可出现13条区带, 而正常人只有8条区带以下. Moschi *et al*结果显示, 胃癌患者胃液中的酸性糖蛋白含量明显高于正常对照组, 并把他作为诊断胃癌的一项有效指标.

一般认为, 造成胃液蛋白质升高的原因是,

## ■背景资料

近年来, 对ICAM-1与恶性肿瘤侵袭转移关系的研究已成为研究热点. 其在肿瘤侵袭转移中的作用日益受到众多学者的重视. 研究ICAM-1在胃癌侵袭转移的不同阶段相应的表达水平及与其他细胞因子间的相互作用, 对于进一步明确其在胃癌的发生、发展及转移过程中的作用机制具有重要的意义.

### ■创新盘点

本文从ICAM-1的结构、生物学特征、在胃癌组织中的表达及作用机制等几个方面作一综述,并提出了研究ICAM-1的重点应放在其与其他细胞因子的相互作用关系的观点。

表 1 模拟胃液配置比例和实验测量的黏度数据

编号	黏液	水	平均黏度	黏度偏差
1	7.5	1	95.5	$\pm 0.52\%$
2	4.5	1	31.9	$\pm 1.25\%$
3	4.17	1	25.5	$\pm 1.18\%$

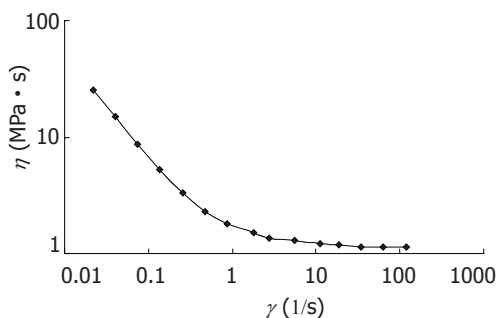


图 1 同心圆筒黏度计测试的胃液的流变特性。

肿瘤对胃壁的破坏和浸润,使细胞内成分分解进入胃液;肿瘤本身分泌和脱落的蛋白质成分进入胃液等是胃蛋白质含量升高的原因,此外,当胃、十二指肠发生炎症或其他病变时,由于炎症使黏膜微循环及细胞膜通透性增加,甚或细胞死亡,使包括蛋白质在内的血浆成分和细胞内容物进入胃液,使胃液蛋白质升高。因此,测定胃液蛋白质含量协助胃癌、胃十二指肠炎症、溃疡的诊断具有重要的临床意义<sup>[9]</sup>。

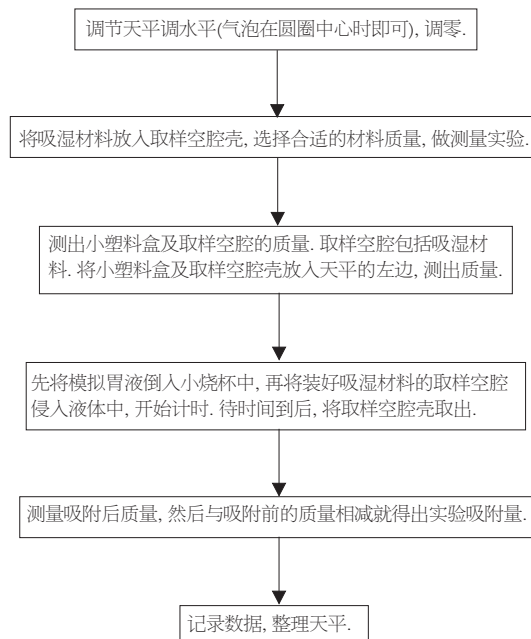
**1.2 模拟胃液的配置** 胶囊在体内吸附胃液时,影响吸附效果的主要因素是黏度,因此实验首先需要配置类似胃液黏度的液体,称“模拟胃液”。胃液是一种剪切减薄性非牛顿液体,他的黏度是随着剪切速率的变化而变化的。而在吸附实验中由于吸附速度和孔都很小,所以剪切速率也很小,因此配置的模拟胃液可黏度稍大,若实验成功,则实际黏度更小的胃液更容易吸附。图1是采用的仪器是日本产的Low-shear30同心圆筒黏度计测试的胃液的流变特性<sup>[10]</sup>。图中,横坐标 $\gamma$ 为剪切速率,单位为1/s;纵坐标 $\eta$ 为动力黏度,单位是mPa·s。

从图中可以看出,随着剪切速率 $\gamma$ 的增大,胃液的黏度 $\eta$ 迅速下降;但剪切速率 $\gamma$ 增大到一定程度后,胃液的黏度 $\eta$ 趋势近一常数,并基本不再随剪切速率 $\gamma$ 的增大而下降。根据图1的人的胃液流变特性,配置胃液在小剪切速率下的黏度。则配置黏度为25.4 MPa·s左右的模拟胃液,模拟胃液采用黏度为94 MPa·s的黏液和水来调和配置。表1给出了3种黏液和水配置比例、在室温条件下实验测量的黏度数据和黏度的偏差。通

过与图1的比较,本文采用的吸附实验以第3种配比液进行。

## 2 吸附实验

**2.1 实验方法** 由于“胶囊”在胃肠道中取样口与胃液接触的方式有很多种,而且胶囊在胃肠道中是不断蠕动的,但取样的时间有限,为保证取样的可靠性和稳定性,必须要求纤维有较强的吸湿性。本实验对多种吸湿材料用实验的方法进行对比、分析,在小烧杯放入合适量的模拟胃液,然后在取样空腔壳中放入适量的吸湿材料,在规定时间内测出吸附模拟胃液的质量,为了减小取样口与胃液的表面张力,将吸湿材料露出取样口,克服表面张力的同时将胃液导入空腔内,完成取样。测量标准可参见文献[11]。实验仪器及用具:小容量烧杯1个,取样空腔壳5个,镊子,小塑料盒1个,毛巾,秒表, TG322A型微量分析天平。实验步骤如下:



**2.2 实验结果** 吸附主要分为3个阶段:(1)接触期,(2)快速吸附期,(3)填充期。一般材料在2-5 min内会完成这3个阶段。每一种材料由于本身的特性,形态的不同而影响他的吸附性能。了解每种材料的吸附原理可以使其发挥最好的吸附能力,达到微胶囊所需的要求。表2给出了实验所采用的6种吸附材料,他们分别是:脱脂棉、精制棉、棉线、普通海绵、进口抹布和德制胶棉的主要吸附特性、实验表现和对其性能的评议与结论。图2中给出了由具体实验数据绘制的本实验采用的6种材料的实验结果曲线,可以看出:随着时间的增加,吸附重量增加。但是,在前60 s

表 2 吸附材料特性、实验表现及其评价

编号	材料	主要吸附特性	实验表现	评议或结论
1	脱脂棉	主要是医用, 其吸水能力比较弱, 在取样空腔中吸附液体主要是靠引流进行取样, 可能出现倒流现象.	实验中, 2 min内可以吸附较大的液体, 但这对灌装脱脂棉的要求很高, 而且为了破坏样液的表面张力, 必须有少量纤维露出取样口.	由于必须将少量细纤维露出取样口, 在脱脂棉充满整个取样空腔的同时, 为避免倒流, 要求棉花取样口与周围均匀的连接.
2	精制棉	精制棉与脱脂棉的吸附原理很相似, 都是主要靠引流来完成吸附.	精制棉之间有很多细小的棉絮, 这些棉絮对引流有阻碍的作用.	吸附效果相对脱脂棉弱一些.
3	棉线	吸水能力较好, 主要靠吸水性和导流完成吸附.	前1 min主要靠吸水及其引流, 待空腔内液体多些时, 加快了吸附速度. 但也要将少量纤维露出取样口, 露出取样口那部分棉线再分别导入其他棉线中.	棉线最大的缺点是为了破坏表面张力必须有少量棉线露出取样口, 这对模型上的设计增加了很大的困难. 若特制“单头多尾”的棉线, 吸附效果应该会更好.
4	普通海绵	海绵的吸水性一般, 但本身的结构有较好的引流性能.	实验时只需要将少量海绵与取样空腔外表面齐平就可吸附到液体, 通过海绵内部的细孔将液体导入整个空腔.	放入空腔的海绵不宜太多, 在松弛的状态下充满空腔, 并且与空腔壁有少量间隙为佳.
5	进口抹布	有很强的吸水性, 但引流能力比较差、结构较紧密.	实验中由于引流差, 所以影响了吸附速度, 另外其结构紧密, 使得吸附量相对较少.	吸水性较强, 较稳定, 且不用破坏液体表面张力就能吸附到液体, 可减少模型设计的困难.
6	德制胶棉	吸水性很强, 类似于海绵的结构, 并有较好的引流性能.	在接触液体后, 吸附速率非常快, 约15 s就能充满整个取样空腔, 在2 min内基本上都能够吸附到足够的液体.	超强的吸水性能避免破坏液体表面张力的步骤, 减小了模型设计的困难.

## ■应用要点

本文提出研究者不能单纯从胃癌患者的血清、癌组织中检测 ICAM-1/sICAM-1 的表达来说明其与胃癌侵袭转移的关系及作用机制, 更应该通过深入研究 ICAM-1/sICAM-1 与其他细胞因子的相互作用, 进一步明确其在胃癌的发生、发展及转移过程中的作用机制, 从而为开辟胃癌诊断治疗的新途径提供可靠的理论依据.

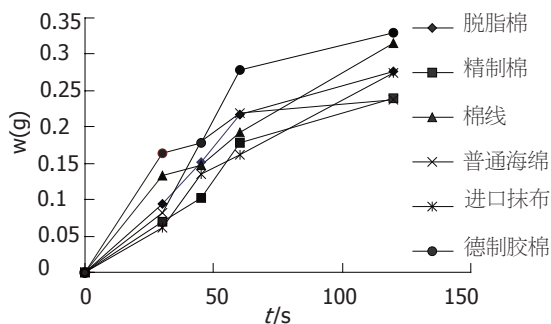


图 2 六种材料吸附实验结果曲线.

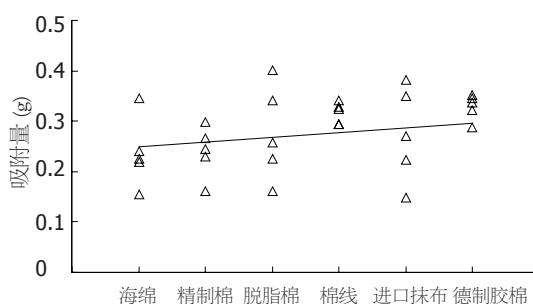


图 3 吸附量趋势比较图.

表 3 各材料吸附量mean与σ

编号	脱脂棉	精制棉	棉线	普通海绵	进口抹布	德制胶棉
mean	0.2769	0.2395	0.3145	0.2368	0.2749	0.3288
σ	0.0427	0.0228	0.0097	0.0308	0.0424	0.0114

的时间里, 通常吸附速度较大(即曲线斜率大), 而当时间继续增加时, 吸附速度有所减慢; 从总体吸附过程来看, 吸附性能由好至差的排序依次是: 德国胶棉、棉线、脱脂棉、进口抹布、精制棉和普通海绵. 2 min时的最大吸附量相差 25.81%.

2.3 讨论与结论 选择最合适的吸附材料是综合了材料的吸附量、吸附稳定性、可靠性及其可行性以及对取样机构模型设计的简单化等多方面的因素. (1)材料吸附量的对比分析:

由图3的趋势曲线图可以很明显的可以看出, 德制胶棉平均吸附量在任何时间段都处于

其他曲线的上方, 即他的平均吸附量具有明显的优势. 平均吸附量稍差的是棉线, 他在前1 min内吸附量相对偏低, 但在第2 min内速度有所提高, 最终也有较为充足的吸附量. 而精制棉和海绵的相对与前2种材料在2 min内的吸附量偏低, 进口抹布在前1 min内吸附速度比较缓慢, 从第2 min速度开始加快, 脱脂棉则比较平均. (2)材料吸附稳定性、可靠性的对比分析: 对测试数据可以以吸附的均值 $\bar{x}$ 和方差 $\sigma$ 来分析. 计算如下:

$$\text{mean为: } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \sigma \text{为: } \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$



### ■同行评价

本文对近年来国内外对ICAM-1与胃癌侵袭、转移关系的文献进行综述,比较系统、深入,体现了此课题当前研究的最高水平,对相关课题研究有借鉴意义。

对测量结果计算如表3所示:以2 min吸附量数据为标准,根据上表来对比各种材料吸附量和稳定性。其中 $\bar{x}$ 越大说明材料的吸附量也越大;而 $\sigma$ 越小,表明每次吸附量与平均值越接近,因此吸附的稳定性越高。由表3样本平均值标准偏差的估计值可知,棉线和德制胶棉的吸附稳定性比较好,而其他4种材料均比较差,且脱脂棉和进口抹布的稳定性最差,最大值同最小值相差超过一倍。(3)对取样机构模型设计的简单化因素的分析及其可行性:

吸附性能主要是综合材料的吸水能力和引流性能好坏,只有吸水能力很强的材料才不必破坏液体与取样空腔表面的液体张力,就可以吸附到液体,在本实验的6种材料中只有进口抹布和德制胶棉有很强的吸水能力,两种材料的形态也都很适合放入取样空腔,受时间、运输等外部因素对他的吸附性能影响比较小。

总之,通过对以上实验的综合分析,以及对以上几种因素讨论表明:德制胶棉在各个因素上都有明显的优势,较适合作为胶囊取样机构的吸附材料。

### 3 参考文献

- 1 Etsuko Kobayashi, Kim Daeyong, Ichiro Sakuma, Takeyoshi Dohi. A new wide-angle view endoscopic robot using wedge prisms. *International Congress Series* 2001; 149-153
- 2 J Peirs, D Reynaerts, H Van Brussel. Design of miniature parallel manipulators for integration in a self-propelling endoscope. *Sensors and Actuators* 2000; 409-417
- 3 Charles Mosse, Tim Mills, Mark appleyard, Paul Swain. Electrostimulation to move endoscopes in the small bowel. *Proc. SPIE*, 2005; 4158: 24-28
- 4 Tong Boon Tang, Erik A Johannessen, Lei Wang, Alexander Astaras, Mansour Ahmadian, Alan F Murray, Jonathan M Cooper, Steve P Beaumont, Brian W Flynn, and David R S Cumming. Toward a Miniature Wireless Integrated Multisensor Microsystem for Industrial and Biomedical Applications. *Iee Sensors Journal* 2002; 2: 628-635
- 5 岑人经. 生物力学与临床研究. 广州: 华南理工大学出版社, 1993
- 6 孙立宁, 刘品宽, 吴善强, 刘涛. 管内移动微型机器人研究与发展现状. *光学精密工程* 2003; 11:326-332
- 7 皮喜田, 郑小林. 基于的消化道微型诊疗系统研究进展. *中国医疗器械信息* 2005; 11: 18-20
- 8 王亚珍, 朱文坚, 黄平. 胶囊式胃肠道取样微机电系统的设计研究. *现代制造工程* 2004; 5: 16-18
- 9 黄华艺. 胃液蛋白质含量测定及其临床意义. *临床荟萃* 1998; 13: 585-586
- 10 周银生, 吴江红, 朱永清, 程西云, 韦云隆. 人体胃液的流变性能研究. *润滑与密封* 2000; 3: 37-38
- 11 黄长艺, 卢文祥, 熊诗波. 机械工程测量与试验技术. 北京: 机械工业出版社 2000

电编 李琪 编辑 王晓瑜

ISSN 1009-3079 CN 14-1260/R 2006年版权归世界胃肠病学杂志社

• 消息 •

## 国际会议

American College of Gastroenterology  
Annual Scientific  
20-25 October 2006  
Las Vegas, NV

71st ACG Annual Scientific and  
Postgraduate Course  
20-25 October 2006  
Venetian Hotel, Las Vegas, Nevada  
The American College of  
Gastroenterology

AASLD 57<sup>th</sup> Annual - The Liver Meeting™  
27-31 October 2006  
Boston, MA  
AASLD

9th World Congress on Gastrointestinal Cancer  
20-23 June 2007  
Barcelona  
Imedex  
meetings@imedex.com