

## • 实验研究 Experiment research •

## 家兔小肠动脉介入栓塞后对肠道平滑肌电活动的影响

艾松涛, 王小林, 龚高全, 陈 颀, 林根来, 张 锋, 李国平, 刘凌晓

**【摘要】 目的** 研究介入动脉栓塞后对小肠肌电活动的影响, 为小肠病变栓塞治疗后监测肠管存活和指导临床处理提供理论依据。**方法** 20 只正常家兔, 分别经小肠动脉注射 PVA (350 ~ 550  $\mu\text{m}$ ) 2、6 mg 和生理盐水 2 ml, 分为 2 mg 组 (10 只), 6 mg 组 (5 只) 和对照组 (5 只)。利用微导管动脉栓塞技术, 以基本电节律为观察指标, 研究各组动脉栓塞后 24 h 小肠肌电活动的改变。**结果** 2 mg 组小肠动脉 PVA 栓塞前后慢波频率和波幅分别为  $(17.83 \pm 0.55)$  次/min、 $(0.1641 \pm 0.0043)$  mV 和  $(11.59 \pm 0.23)$  次/min、 $(0.0739 \pm 0.0011)$  mV, 慢波频率和波幅明显下降 ( $P < 0.01$ )。6 mg 组栓塞后 3 ~ 6 h 后基本电节律 (basal electrical rhythm, BER) 活动逐渐消失, 剖腹探查示肠管发生长短不等坏死。对照组小肠动脉生理盐水注射前后慢波频率和波幅分别为  $(17.89 \pm 0.48)$  次/min、 $(0.1632 \pm 0.0020)$  mV 和  $(16.95 \pm 0.34)$  次/min、 $(0.1606 \pm 0.0030)$  mV, 慢波频率和波幅无明显变化 ( $P > 0.05$ )。**结论** 小肠动脉介入栓塞后对小肠 BER 影响显著, 近端空肠电活动的慢波频率和波幅明显下降, 小肠动脉介入栓塞后对胃肠道平滑肌慢波电活动主要表现为抑制作用, 小肠动脉 PVA 栓塞后有望通过动态监测 BER 改变来判断肠管存活与否。

**【关键词】** 栓塞; 小肠肌电活动; 基本电节律

**Alterations in myoelectric activity of the small bowel in rabbits after transarterial embolization** Ai Song-tao, WANG Xiao-lin, GONG Gao-quan, CHEN Yi, LIN Gen-lai, ZHANG Feng, LI Guo-ping, LIU Ling-xiao. Department of Radiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

**【Abstract】 Objective** To explore alterations in myoelectric activity of the small bowel in rabbits after transarterial embolization and provide academic basis for assessing bowel viability and management. **Methods** Twenty normal rabbits were selected and divided into three groups (2 mg group,  $n = 10$ ; 6 mg group,  $n = 5$ ; control group,  $n = 5$ ). Members of 2 mg group were embolized with PVA 2 mg, those of 6 mg group with PVA 6 mg, and the control group with normal saline 2 ml. After microcatheterization embolization, myoelectric activity of the small bowel was recorded for 24 hr using chronically implanted electrodes in conscious rabbits. **Results** In 2 mg group, the frequency and the amplitude of slow wave of proximal jejunum were significantly lower in post-embolization period than pre-embolization period [ $(17.83 \pm 0.55)$  cpm vs  $(11.59 \pm 0.23)$  cpm ( $P < 0.01$ ) and  $(0.1641 \pm 0.0043)$  mV vs  $(0.0739 \pm 0.0011)$  mV ( $P < 0.01$ ), respectively]. In 6 mg group, the frequency and the amplitude of slow wave of proximal jejunum showed significantly lower in post-embolization than pre-embolization period, and the wave disappeared gradually from 3 to 6h after embolization with unequal segment necrosis of the small bowel through laparotomy. In control group, the frequency and the amplitude of slow wave of proximal jejunum revealed no difference between pre-embolization and post-embolization period [ $(17.89 \pm 0.48)$  cpm vs  $(16.95 \pm 0.34)$  cpm ( $P > 0.05$ ) and  $(0.1632 \pm 0.002)$  mV vs  $(0.1606 \pm 0.003)$  mV ( $P > 0.05$ ), respectively]. **Conclusions** Embolization with PVA evokes significant and passive effect on basal electrical rhythm of small bowel. It could provide academic basis for assessing bowel viability to interventional embolization. (J Intervent Radiol, 2005, 14:409-412.)

**【Key words】** Embolization; Intestinal Myoelectrical Activity; Basal electrical rhythm

为了解介入栓塞治疗对肠道肌电活动有何影响

以及其对监测肠管存活的意义, 本研究利用微导管动脉栓塞技术, 以基本电节律为观察指标, 研究在介入栓塞后小肠肠管存活和发生坏死的情况下肠管平滑肌电活动的改变, 评价介入栓塞对小肠肌电活动

作者单位: 200032 复旦大学附属中山医院放射科  
艾松涛为研究生, 现在上海市第二医科大学附属第九人民医院  
通讯作者: 王小林

的影响,为小肠介入栓塞治疗后监测肠管存活和指导临床处理提供理论依据,同时可以为外科剖腹探查时判断缺血肠管提供一种新方法。

## 材料与方法

### 一、实验动物与分组

选择新西兰白兔 20 只,体重 2.4 ~ 3.5 kg,随机分为 3 组,分别为 2 mg 组( $n = 10$ )、6 mg 组( $n = 5$ )与平行对照组( $n = 5$ )。

### 二、实验设备和材料

(一)胃肠电生理记录系统 硬件系统:① Powerlab 系统,为 AD instruments Pty Ltd(澳大利亚埃德仪器有限公司)产品,型号 Powerlab/8SP。② IBM 兼容微型计算机。软件系统:Microsoft Windows 2000 简体中文版操作系统,配备 Powerlab 专用软件 CHART 4.0 for Windows,该软件为虚拟带式记录仪,可连续显示 16 通道数据,用于观察 Powerlab 系统记录的数据,并将其以图形的形式显示出来,有着众多功能,可以方便地更改实验参数如采样率、滤波范围等,并能用来对保存下来的数据进行简单的测量分析。

(二)胃肠电极 为自行制作的双极针形电极。制作方法:选用  $\phi 0.15$  mm,长 45 cm 漆包线。具体方法是刮除漆包线两端表面覆盖物约 0.5 cm,其中一端包埋入胃肠道平滑肌浆膜下,另一端以电烙铁焊上小的锡球,方便电极的连接。双极电极由 2 支上述导线组成,包埋电极时两极之间间距为 1.5 cm。

(三)PVA 颗粒制备(Cordis 公司) 直径为 350 ~ 550  $\mu\text{m}$ ,选取 PVA 约 2 mg 或 6 mg 于 5 ml 针筒内,抽取均采用 1:1 比例混合的 1 ml 欧乃派克与 1 ml 生理盐水,充分混匀,直到 PVA 颗粒悬浮于液体中。

### 三、实验步骤

(一)建立胃肠道电极包埋动物模型 家兔禁食 24 h 后,氯胺酮 100 mg/kg 肌肉注射麻醉后,仰卧位固定兔。在剑突下沿腹中线作一纵行切口,长约 5 cm,于胃肠道平滑肌浆膜下放置胃肠双电极,并以无损缝合线固定。放置位置分别为近端空肠距屈氏韧带下 20、35 和 50 cm 浆膜面,共 6 支 3 对电极,每对电极出腹部切口标记后,再经皮下自动物背部引出,予以腹带包扎保护,并在腹带外再包透明宽胶布,防止家兔损坏电极。术后 7 d 动物手术创伤基本恢复后开始实验。

(二)家兔肠道平滑肌电活动的观察记录 家兔术后第 7 d,此时动物手术创伤基本恢复,禁食 24 h 后,2 mg 组与平行对照组家兔置于兔盒内固定,电

极自兔盒上方引出,连接 Powerlab 系统,实验在家兔清醒安静情况下进行,持续记录胃肠道平滑肌电活动 24 h。

(三)PVA 选择性栓塞小肠动脉后对家兔肠道平滑肌电活动影响 3 组家兔禁食 24 h 后,氯胺酮 100 mg/kg 肌肉注射麻醉后,仰卧位固定兔。均在无菌条件下切开大腿根部皮肤暴露股动脉,经股动脉插入 3F 微导管至肠系膜前动脉主干造影,显示肠系膜前动脉主干及其各级动脉分支。再选择肠系膜前动脉具有 2 级或 2 级以上分支的分支主干,超选肠系膜前动脉第 2 级分支主干造影后,2 mg 组与 6 mg 组注入以上配置好的 PVA 悬液(2 mg 组与 6 mg 组分别注入 PVA 剂量为 2 mg 和 6 mg),注入时间均为 2 min,注射速率为 1 ml/min;平行对照组注入生理盐水 2 ml,注射速率相同。栓塞完毕后,立即以 Powerlab 系统记录 24 h 肠道平滑肌电活动变化。

(四)6 mg 组 24 h 内均死亡,5 只家兔直接剖腹探查。

(五)2 mg 组和平行对照组 栓塞后 15 只家兔均观察 1 个月。

### 四、具体实验参数

(一)CHART 4.0 软件设置 记录通道数设为 3 CHANNEL,振幅范围设为 5 mV,高频滤波设为 0.3 Hz,低频滤波设为 50 Hz,采样频率设为 10 Hz。胃肠道平滑肌电活动记录结果以文件形式保存于硬盘。

(二)肠道平滑肌电活动观察指标 小肠 BER,包括慢波的频率和波幅。

(三)慢波频率计算 每只家兔计数 10 min 内肠道平滑肌电活动慢波数,共取 5 段,得到每分钟慢波频率的均值。

(四)慢波波幅计算 每只家兔选取 3 段干扰小的波段,使用 CHART 4.0 for Windows 软件测量选点的最大波幅,得到该家兔的慢波波幅的均值。

(五)统计方法 所有计量资料以  $(\bar{x} \pm s)$  表示,采用  $t$  检验进行配对资料的比较,以  $P < 0.05$  为差别有统计学意义, $P < 0.01$  为差别有显著统计学意义。统计软件为 SPSS 10.0 for Windows。

## 结 果

一、2 mg 组和平行对照组家兔正常慢波频率和波幅

在禁食 24 h 后的空腹情况下,家兔的近端空肠电活动呈周期性的变化,电活动分为慢波及快波,快波负载于慢波之上,近端空肠的慢波频率约为 17 次

/min, 波幅为 0.16 mV

二、小肠动脉 PVA 栓塞后对家兔肠道慢波频率和波幅的影响

2 mg 组小肠动脉 PVA 栓塞前后慢波频率和波幅分别为  $(17.83 \pm 0.55)$  次/min、 $(0.1641 \pm 0.0043)$  mV 和  $(11.59 \pm 0.23)$  次/min、 $(0.0739 \pm 0.0011)$  mV, 慢波频率和波幅明显下降 ( $P < 0.01$ )。

三、对照组小肠动脉生理盐水注射后对家兔肠道平滑肌电活动慢波频率和波幅的影响

对照组小肠动脉生理盐水注射前后慢波频率和波幅分别为  $(17.89 \pm 0.48)$  次/min、 $(0.1632 \pm 0.0020)$  mV 和  $(16.95 \pm 0.34)$  次/min、 $(0.1606 \pm 0.0030)$  mV, 慢波频率和波幅无明显变化 ( $P > 0.05$ )。小肠动脉生理盐水注射前后对小肠平滑肌电活动的慢波频率和波幅无明显影响, 小肠动脉生理盐水注射术操作本身对小肠平滑肌电活动无影响, 排除了时间因素对实验组统计结果的影响。

四、6 mg 组 PVA 栓塞后对 BER 的影响

6 mg 组 5 只家兔 PVA 栓塞后 24 h 记录示: 5 只家兔栓塞后慢波频率及幅度显著下降, 3 h 到 6 h 后 BER 活动逐渐消失。24 h 内 5 只家兔均死亡, 剖腹探查示肠管发生长短不等坏死 (图 1~3)。

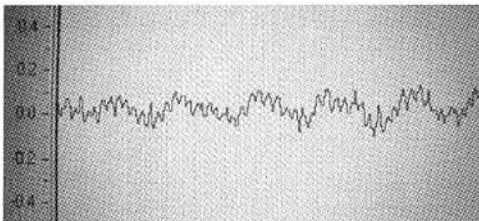


图 1 2 mg 组栓塞后近端空肠平滑肌电活动变化: 慢波频率和波幅均明显降低

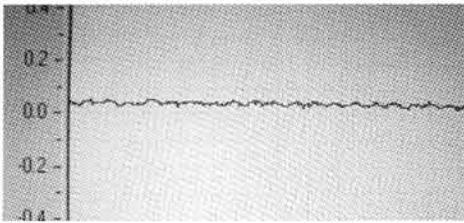


图 2 6 mg 组 PVA 6 mg 栓塞后 3 h 近端空肠平滑肌电活动变化: BER 完全消失。

## 讨 论

在下消化道出血的栓塞治疗中最重要的并发症是不可逆的肠缺血。20 世纪 70 年代和 80 年代相继

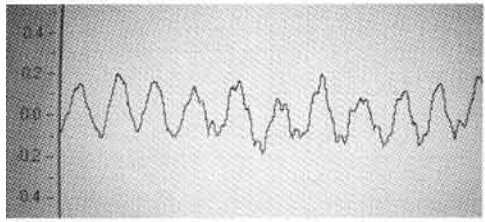


图 3 对照组生理盐水注射后近端空肠平滑肌电活动变化: 慢波频率和波幅均无明显变化

报道了栓塞治疗后早期肠缺血性损伤发生率在 15% 到 30% 之间。临床上各种原因引起肠缺血因为延误诊断有很高的发生率和病死率<sup>[1,2]</sup>。现在用于判断肠管存活的方法有剖腹探查、荧光素染色、多普勒血流检查和临床判断, 均缺乏敏感性和特异性。Ladipo 等<sup>[3]</sup>和 Hegde 等<sup>[4]</sup>通过实验证明胃肠道肌电活动对于肠缺血非常敏感。胃肠道平滑肌的电活动可分为静息膜电位、慢波电位及动作电位。慢波电位的频率, 因动物的种类、器官和部位的不同, 有较大的变化。但无论是胃还是各个肠段均有自己的固定频率, 故又称基本电节律 (basal electrical rhythm, BER)。胃肠 BER 不直接引起收缩, 但它是引起动作电位的基础。应用肠管 BER 检查监测肠缺血坏死, 与检测胃肠道肌电移行性复合波或转运时间等方法评估肠管的存活不同, BER 检测是不需要肠管蠕动的出现即经过很短的分析就能得出有价值的信息, 在一部分因各种原因导致肠缺血的患者, 外科手术探查时难以判断缺血肠段, 以及肠管是否发生坏死。早期预报肠管是否会发生坏死, 可为外科手术争取时间, 减少手术切除小肠范围, 避免急性腹膜炎、感染性休克等严重并发症。

实验中我们观察到了家兔近端空肠平滑肌的电活动, 其慢波在近端空肠的频率约 17 次/min, 同时我们通过软件 CHART 4.0 for Windows 测出家兔近端空肠的波幅为 0.16 mV。实验中所测得慢波的频率和波幅变化较为恒定, 为我们实验测定家兔的肌电活动改变提供了前提条件, 为实验结果提供了可比性。

小肠动脉介入栓塞后对胃肠动力影响显著。实验中发现 2 mg 组小肠动脉 PVA 栓塞后家兔平滑肌慢波的频率和波幅均显著下降, 家兔进食明显减少, 平均 4~5 d 后饮食恢复正常, 平行对照组小肠动脉生理盐水注射后家兔平滑肌慢波的频率和波幅均无明显变化, 饮食影响小, 排除了时间因素对小肠平滑肌电活动 BER 的影响。实验证实小肠动脉介入栓

塞对 BER 有显著统计意义的影响,主要表现为抑制作用。

小肠动脉介入栓塞后胃肠动力的改变是一个动态改变过程,肠管存活和发生坏死时 BER 的改变不同。Hegde 等<sup>[4]</sup>认为肠缺血引起的 BER 改变先于其病理改变,小肠缺血时电活动的改变是一个动态过程,此过程反映了平滑肌的代谢状态,认为小肠的电活动可用于评估小肠缺血与坏死。Ladipo 等认为在阻断小肠血供后 60~120 min 内,BER 频率和幅度显著下降但无病理改变,当缺血发生 210 min 以后,BER 活动记录不到,病理示肠管广泛的黏膜坏死。实验研究认为 BER 的出现预示肠管存活,当肠缺血时小肠电活动的记录可评估小肠缺血与坏死。BER 的频率和波幅与小肠缺血时间长短密切相关,肠管在组织学上的坏死仅发生在肠缺血 8 至 12 h 后,长时间的肠管缺血导致了 BER 消失,肠管最终不可避免会导致坏死。我们的实验证实,2 mg 组小肠动脉栓塞后 24 h 监测家兔慢波频率和幅度均显著下降且 24 h 持续存在,2 mg 组栓塞后观察 1 个月均存活无肠管坏死;6 mg 组发生肠管坏死后 3~6 h 即无法记录到 BER,消失的时间与其他学者研究结果相近,印证了 BER 改变早于肠管发生坏死的时间,24 h 后剖腹发现肠管坏死。我们证实 BER 改变可以正确反映介入栓塞后肠管存活和发生坏死,为指导临床处理提供客观依据。

我们还有许多问题尚待解决。小肠动脉 PVA 栓塞后 BER 检测是使用胃肠道腔外电极记录法,此方法必须肠管下包埋电极,是一种有创的检测方法,除在外科手术中剖腹探查时可判断肠管存活段外,在临床实际应用中存在很大困难。超导量子干涉仪(superconducting quantum interference devices, SQUIDs)的出现初步解决了此问题。SQUIDs 通过无创性探

测由小肠平滑肌电活动产生的磁场,在通过计算机数据处理转为 BER 频率。研究证实 SQUIDs 能无创探测小肠缺血坏死引起的 BER 改变,具有 94% 的敏感度和 100% 的特异度<sup>[5,6]</sup>。SQUIDs 能无创探测小肠的 BER,这种磁场检测的优势可使我们将 SQUIDs 应用于临床,在手术中准确、快速探查缺血肠段。实验证明胃肠道电活动调控形式多样<sup>[7]</sup>,但小肠动脉的栓塞通过怎样具体的神经体液机制发挥对胃肠道电活动的调控作用有待日后进一步研究<sup>[8]</sup>。由于实验条件限制我们未对小肠动脉 PVA 栓塞后快波改变进行分析,这也是我们研究的另一个重要方面。

#### [参 考 文 献]

- [1] Williams L. Mesenteric ischemia. PA:Saunders,1988.331-353.
- [2] Lefkowitz Z, Cappell MS, Kaplan M, et al. Radiology in the diagnosis and therapy of gastrointestinal bleeding. Gastroenterol Clin North Am, 2000,19:489-512.
- [3] Ladipo J K, Bradshaw L A, Halter S, et al. Changes in intestinal electrical activity during ischaemia correlate to pathology. West Afr J Med,2003,22:1-4.
- [4] Hegde SS, Seidel SA, Ladipo JK, et al. Effects of mesenteric ischemia and reperfusion on small bowel electrical activity. J Surg Res, 1998, 74:86-95.
- [5] Bradshaw LA, Allos SH, Wikswo JP, et al. Correlation and comparison of magnetic and electric detection of small intestinal electrical activity. Am J Physiol,1997,272:1159-67.
- [6] Thomas EA, Sjoval H, Bornstein JC. computational model of the migrating motor complex of the small intestine. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol. 2004,286:564-72.
- [7] 秦新裕,雷 勇.胃肠肽类激素与胃肠动力.中国实用外科学杂志,2001,21:329-331.
- [8] CHI-SEN CHANG, SHENG-SHUN YANG, HONG-ZEN YEH, et al. Mediation of transcatheter arterial chemoembolization induced gastric slow-wave dysrhythmia by endogenous prostaglandin. J Gastroenterol Hepatol,2002,17:46-51.

(收稿日期:2004-10-08)



# 家兔小肠动脉介入栓塞后对肠道平滑肌电活动的影响

作者: [艾松涛](#), [王小林](#), [龚高全](#), [陈颐](#), [林根来](#), [张锋](#), [李国平](#), [刘凌晓](#), [AI Song-tao](#),  
[WANG Xiao-lin](#), [GONG Gao-quan](#), [CHEN Yi](#), [LIN Gen-lai](#), [ZHANG Feng](#), [LI Guo-](#)  
[ping](#), [LIU Ling-xiao](#)

作者单位: [艾松涛, AI Song-tao \(上海市第二医科大学附属第九人民医院\)](#), [王小林, 龚高全, 陈颐, 林根来, 张锋, 李国平, 刘凌晓, WANG Xiao-lin, GONG Gao-quan, CHEN Yi, LIN Gen-lai, ZHANG Feng, LI Guo-ping, LIU Ling-xiao \(200032, 复旦大学附属中山医院放射科\)](#)

刊名: [介入放射学杂志](#) **ISTIC PKU**

英文刊名: [JOURNAL OF INTERVENTIONAL RADIOLOGY](#)

年, 卷(期): 2005, 14(4)

被引用次数: 0次

## 参考文献(8条)

1. [Williams L Mesenteric ischemia](#) 1988
2. [Lefkovitz Z, Cappell MS, Kaplan M Radiology in the diagnosis and therapy of gastrointestinal bleeding](#) 2000
3. [Ladipo J K, Bradshaw L A, Halter S Changes in intestinal electrical activity during ischaemia correlate to pathology](#) 2003
4. [Hegde SS, Seidel SA, Ladipo JK Effects of mesenteric ischemia and reperfusion on small bowel electrical activity](#) 1998
5. [Bradshaw LA, Allos SH, Wiksw JP Correlation and comparison of magnetic and electric detection of small intestinal electrical activity](#) 1997
6. [Thomas EA, Sjoval H, Bornstein JC computational model of the migrating motor complex of the small intestine](#) 2004
7. 秦新裕, 雷勇 [胃肠肽类激素与胃肠动力](#) [期刊论文] - [中国实用外科杂志](#) 2001
8. [CHI-SEN CHANG, SHENG-SHUN YANG, HONG-ZEN YEH Mediation of transcatheter arterial chemoembolization induced gastric slow-wave dysrhythmia by endogenous prostaglandin](#) 2002

## 相似文献(1条)

1. 学位论文 [艾松涛 家兔小肠动脉介入栓塞后小肠形态学改变及对肠道平滑肌电活动影响的实验研究](#) 2004  
第一部分 家兔小肠动脉PVA栓塞后小肠形态学改变 目的: 该研究采用微导管动脉栓塞技术, 在正常家兔中研究350-550  $\mu$  m PVA栓塞小肠动脉的安全剂量, 观察栓塞后家兔小肠的形态学改变. 材料与方法: 实验分为两步. 第一步, 12只家兔随机分为3组: A组(PVA栓塞剂量为2mg, n=4)、B组(PVA栓塞剂量为4mg, n=4)及C组(PVA栓塞剂量为6mg, n=4). 栓塞术后观察24小时并剖腹探查取病理. 第二步, 14只家兔随机分为5组(A组、B组、C组、D组、E组). A组为PVA栓塞后即时取栓塞肠段病理(n=3); B组为栓塞后24小时取栓塞肠段病理(n=4); C组为栓塞后10天取病理(n=3); D组为栓塞后20天取病理(n=2); E组为栓塞后30天取病理(n=2). PVA栓塞剂量均为2mg. 第二部分 家兔小肠动脉PVA栓塞后对肠道平滑肌电活动的影响: 目的: 以基本电节律为观察指标研究动脉栓塞后对小肠肌电活动的影响, 为小肠介入栓塞治疗后监测肠管存活提供理论依据. 材料与方法: 该部分共选用新西兰白兔20只, 进行近端空肠浆膜下包埋电极, 随机分为2mg组(n=10)、6mg组(n=5)和平行对照组(n=5), 分别注射2mgPVA(350-50  $\mu$  m)、6mgPVA(350-550  $\mu$  m)和2ml生理盐水. 包埋电极7天后实验. 实验内容包括记录24小时实验前后胃肠道平滑肌电活动, 使用Powerlab专用软件CHART 4.0 for Windows分析小肠动脉PVA栓塞后对小肠基本电节律的影响.

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jrfsxzz200504023.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_jrfsxzz200504023.aspx)  
授权使用: qkxb11(qkxb11), 授权号: a797b896-d563-4c75-b502-9e2f0101d2dc

下载时间: 2010年11月15日