

## 犬肠缺血/再灌注时小肠对早期肠内营养耐受能力的实验研究

胡森 夏斌 黎君友 陈廷秀 段美丽 张淑文

**【摘要】** 目的 研究肠道低灌注状态下实施早期肠内营养(EEN)时小肠功能指标及耐受能力的变化。方法 健康雄性杂种犬 24 只,夹闭肠系膜上动脉(SMA)1 h 后恢复灌注造成肠缺血/再灌注(I/R)损伤,复流后 4 h 实施 EEN,将瑞代营养液( $4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )经肠黏膜张力计管持续滴注 3 h,如果动物出现肠道不能耐受症状(如呕吐、腹泻等)则停止,间隔 6 h 后再次实施 EEN,直至动物肠道能够耐受为止。按随机数字表法将动物分成单纯 EEN 组、单纯 I/R 组、I/R 后 EEN 组(I/R+EEN 组),每组 8 只。检测小肠黏膜二氧化碳分压( $\text{PiCO}_2$ )、D-木糖吸收量、小肠腔内压力判定小肠灌注和功能变化。结果 肠 I/R+EEN 组肠道不能耐受发生率(87.5%)和严重程度均显著高于单纯 EEN 组(0)和单纯 I/R 组(12.5%)。实施 EEN 后,与单纯 I/R 组和单纯 EEN 组相比,I/R+EEN 组小肠腔内压力及肠  $\text{PiCO}_2$  均显著升高,而血浆 D-木糖吸收量显著降低( $P$  均 $<0.01$ )。结论 肠 I/R 能显著降低小肠对 EEN 的耐受能力,肠 I/R 后过早( $<12 \text{ h}$ )实施 EEN 能加重小肠 I/R 损伤,并进一步抑制小肠吸收和运动功能。

**【关键词】** 肠内营养; 缺血/再灌注损伤,肠; 动物模型; 肠耐受

## Experimental study on gut tolerance to early enteral nutrition following intestinal ischemia/reperfusion

HU Sen\*, XIA Bin, LI Jun-you, CHEN Ting-xiu, DUAN Mei-li, ZHANG Shu-wen. \* Burn Institute, First Hospital Affiliated to the PLA General Hospital, Beijing 100037, China.

**【Abstract】** Objective To investigate the effects of early enteral nutrition (EEN) on intestinal function and gut tolerance after intestinal ischemia/reperfusion (I/R) injury. Methods Twenty-four male dogs were randomly divided into three groups: EEN only, I/R only and I/R+EEN. The superior mesenteric artery (SMA) was blocked for 1 hour followed by restoration of blood flow. EEN was given 4 hours after reperfusion by continuous infusion of Fresubin nutrition fluid ( $4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , Fresenius Kabi Co, Germany) into gut via a tonometric catheter for 3 hours till intolerance symptoms, which including vomiting and diarrhea which indicated gut intolerance.  $\text{CO}_2$  partial pressure of intestinal mucosa ( $\text{PiCO}_2$ ), D-xylose absorption and intestinal luminal pressure were measured to reflect intestinal function and perfusion. Results Incidence and severity of diarrhea and vomiting were significantly higher in I/R+EEN group (with 87.5% intolerance) than those in I/R only group (12.5%) and EEN only group (0). After EEN,  $\text{PiCO}_2$  and intestinal cavity pressure were significantly higher, and the D-xylose absorption much lower, in the I/R+EEN group compared with the I/R group and EEN group (all  $P < 0.01$ ). Conclusion Intestinal I/R may result in decreased tolerance to EEN. Too early enteral nutrition (less than 12 hours after gut hypoperfusion) may enhance intestinal ischemia injury and further inhibit its function of propulsion and absorption.

**【Key words】** enteral nutrition; gut ischemia/reperfusion injury; animal model; gut tolerance

早期肠内营养(early enteral nutrition, EEN)作为一种治疗手段,因其更符合机体的生理状态和能更有效地促进肠道功能恢复而被外科及危重病医学领域广泛接受和普遍采用<sup>[1-3]</sup>。但近年来的临床实践表明,在对严重创伤、烧伤、休克及外科大手术后患者实施 EEN 的过程中,常发生腹胀、腹痛、呕吐、腹泻,甚至非梗阻性肠坏死(NOBN)等肠道并发症和

对 EEN 不能耐受(intolerance)<sup>[4-6]</sup>。以往认为,实施 EEN 时发生肠道并发症的原因主要与肠内营养成分和技术有关,但通过临床病例分析发现,许多对 EEN 不能耐受的患者都不同程度地处于肠道低灌注和再灌注状态,而肠缺血/再灌注(I/R)损伤是严重创伤、烧伤、休克及外科大手术后常见的病理生理过程。因此,有必要对肠 I/R 时实施 EEN 对小肠功能和耐受能力的影响及其机制进行深入研究。本实验的目的是:①建立研究肠道 I/R 状态下实施 EEN 的实验模型,模拟临床严重创伤、烧伤、休克时肠道低灌注状态以及复苏后肠道隐匿性缺血时实施 EEN 的过程;②研究肠道 I/R 时实施 EEN 对小肠功能和耐受能力的影响,为临床安全可靠地实施 EEN 提供实验依据。

基金项目:北京市科技计划重大项目课题(2002-641)

作者单位:100037 北京,解放军总医院第一附属医院烧伤研究所(胡森,夏斌,黎君友,陈廷秀,夏斌现在张家口解放军二五一医院工作);首都医科大学附属北京友谊医院(段美丽,张淑文)

作者简介:胡森(1959-),男(汉族),山东临沂人,医学博士,研究员,主要从事休克和多器官功能障碍综合征的研究(Email:hs82080@yahoo.com.cn)。

## 1 材料与方 法

**1.1 动物模型制备:**健康雄性杂种犬 24 只,体重 10~15 kg,解放军总医院第一附属医院实验动物科提供,适应性饲养 1~2 周后进行实验。手术前禁食、水 18 h,氯胺酮(8 mg/kg)+速眠新 II (0.1 ml/kg)肌肉注射麻醉。无菌手术行右侧股动、静脉插管,监测平均动脉压(MAP,Cardiomax 型血流动力学监测仪)和静脉输液。取上腹部正中切口逐层进腹,于距 Treiz 韧带 10~15 cm 处行空肠造口,放置 TONO-16F 肠黏膜气体张力计(带有肠内营养通道, Datex-Ohmeda, 芬兰),荷包缝合固定;再距此造口处 15~20 cm 同法造口,放置肠腔内测压管(北京颐松科技发展有限公司);上述各管均自腹壁引出固定,并分别与肠黏膜张力检测仪(Tonocap 型)、ZNB-XB 型营养型输液泵(中国科学院力学研究所)和胃肠动力测压仪(Cardiomax 型)相连接,各组动物术中均输入质量分数为 0.9%的氯化钠和质量分数为 5%的葡萄糖注射液(30 ml/h)。术后 6 h 待动物完全清醒后制备肠 I/R 模型:钝性游离肠系膜上动脉(SMA)根部,夹闭 SMA 60 min 后恢复血流;还纳肠管后逐层关闭腹腔,术毕肌肉注射硫酸庆大霉素 80 kU;待 SMA 恢复灌注后 4 h 开始实施 EEN,先用 ZNB-XB 型输液泵的配套加温装置预热肠内营养管,至温度达到 37~40 C 时,再按照 4 ml·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>滴速持续滴注(经预实验单纯 EEN 组动物完全耐受)瑞代营养液(德国费森尤斯卡比公司生产),维持并连续观察 3 h;若动物肠道不能耐受(出现肠道症状)则停止 EEN,间隔 6 h 后再次实施 EEN,仍难以耐受则再相隔 6 h 实施 EEN,直至动物肠道能够耐受(无肠道症状出现)为止。整个 EEN 过程在动物完全清醒状态下完成。

**1.2 实验分组:**将动物按随机数字表法分成单纯 EEN 组、单纯 I/R 组和 I/R 后 EEN 组(I/R+EEN 组),每组 8 只。单纯 I/R 组夹闭 SMA 1 h 后复流,自复流 4 h 起肠内滴注生理盐水 4 ml·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>;I/R+EEN 组夹闭 SMA 1 h 后复流 4 h,行肠内滴注瑞代营养液 4 ml·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>;单纯 EEN 组不夹闭 SMA,其余操作同 I/R+EEN 组。

**1.3 肠道不能耐受症状的判定:**按照参考文献<sup>[7,8]</sup>和预实验的结果,我们以呕吐和腹泻等肠道症状作为肠道不能耐受的症 状指标,出现其中任一项症状即判定为肠道不能耐受。其中呕吐物在 50 ml 以内为(+),50~100 ml 为(++),100 ml 以上为(+++);腹泻量在 50 ml 以内为(+),50~100 ml 为(++),

100 ml 以上为(+++)。

**1.4 指标检测及方法:**分别在缺血 60 min(I60)、复流 4 h(R4,即实施 EEN 即刻,EEN0)、复流 5 h(R5,即实施 EEN 1 h,EEN1)、复流 8 h(R8,EEN4)、复流 12 h(R12,EEN8)以及复流 24 h(R24,EEN20)各时间点测定下列指标。小肠黏膜灌注:将插入肠腔内的 TONO-16F 肠黏膜气体张力计与肠黏膜张力检测仪连接,直接测定肠黏膜二氧化碳分压(PiCO<sub>2</sub>)<sup>[9]</sup>。小肠动力:将腹腔引出的肠腔内测压管与胃肠动力测压仪连接后,先抽空测压管气囊内空气,然后注入 2 ml 气体,待气体平衡 5 min 后,通过压力传感器经监测仪显示出肠腔内压力记录值,连续记录 10 min 肠腔内平均压力。小肠吸收功能:测定血浆 D-木糖吸收量<sup>[10]</sup>,用注射器将质量分数为 10%的木糖溶液(0.5 g/kg)经肠内营养通道注入肠腔,1 h 后采血,取血浆 25 μl,分别加入显色剂(间苯三酚 1 g,冰乙酸 200 ml,浓盐酸 12 ml)2.5 ml,充分混匀后,100 C 水浴 8 min,流水中冷却至室温。于 DU-7 Beckman 紫外分光光度计上在 554 nm 处测定吸光度(A)值,根据标准曲线计算 D-木糖浓度,单位以 mmol/L 表示。

**1.5 统计学分析:**数据以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用 SPSS 10.0 统计软件进行 *t* 检验、方差分析及相关分析;计数资料使用  $\chi^2$  检验;*P*<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结 果

**2.1 肠道不能耐受情况(表 1):**单纯 EEN 组全部耐受;I/R+EEN 组不能耐受发生率(87.5%)及严重程度均高于单纯 EEN 组(0)和单纯 I/R 组(12.5%),差异均有显著性(*P*均<0.01)。所有不能耐受的动物在停止 EEN 并间隔 6 h 后均能耐受再次 EEN。

表 1 肠 I/R 犬肠道不能耐受情况(*n*=8)  
Table 1 Gut intolerance condition following intestinal I/R(*n*=8)

组别	呕吐(只)			腹泻(只)			不能耐受发生率 〔只(%)〕
	+	++	+++	+	++	+++	
单纯 EEN 组	0	0	0	0	0	0	0/8(0)
单纯 I/R 组	0	0	0	0	0	1	1/8(12.5)
I/R+EEN 组	0	3	2	1	2	3	7/8(87.5)*△

注:与单纯 EEN 组比较,\**P*<0.01;与单纯 I/R 组比较,△*P*<0.01

**2.2 PiCO<sub>2</sub>(表 2):**实验过程中单纯 EEN 组 PiCO<sub>2</sub>变化不大;实施 EEN 前,单纯 I/R 和 I/R+EEN 组 PiCO<sub>2</sub>均显著高于单纯 EEN 组(*P*均<0.01),但两组间比较差异无显著性;实施 EEN 后,I/R+EEN

组  $\text{PiCO}_2$  进行性增加,与单纯 I/R 组比较,差异均有显著性( $P$  均  $< 0.01$ );恢复灌注后 24 h 两组差异无显著性;I/R+EEN 组内实施 EEN 前后比较差异也有显著性( $P < 0.01$ )。

**2.3 肠腔内压力(表 3):**I/R+EEN 组与单纯 I/R 组肠腔内压力在实施 EEN 前差异均无显著性,但均显著高于单纯 EEN 组( $P$  均  $< 0.01$ );实施 EEN 后,I/R+EEN 组肠腔内压力显著高于单纯 I/R 组( $P < 0.01$ );恢复灌注后 24 h 两组肠腔内压力差异已无显著性( $P > 0.05$ ),但仍显著高于单纯 EEN 组水平( $P < 0.01$ );I/R+EEN 组内实施 EEN 后肠腔内压力显著高于实施前( $P < 0.01$ ),但复流后 24 h 差异已无显著性( $P > 0.05$ )。

**2.4 血浆 D-木糖吸收量(表 4):**I/R+EEN 组与单纯 I/R 组 D-木糖吸收量在实施 EEN 前差异均无显著性,但显著低于单纯 EEN 组( $P$  均  $< 0.01$ );实施 EEN 后,I/R+EEN 组 D-木糖吸收量显著低于单纯 I/R 组( $P < 0.01$ );恢复灌注后 24 h 两组差异无显著性;I/R+EEN 组内实施 EEN 前后比较差异有显著性( $P < 0.01$ )。

### 3 讨论

目前认为,24 h 以内(最多不超过 48 h)进行肠道营养为 EEN,其优、缺点已有大量临床或实验研究进行过评述。对于在 EEN 中不能耐受的问题,以往认为发生肠道并发症主要与营养液本身和 EEN 实施技术有关,因此,大部分讨论集中在选择合理的

肠内营养方案(包括营养液的成分、渗透压、输入时间、输入速度以及营养液的浓度和温度等)及营养管的置入方式等方面。但临床经验表明,对于休克和危重病患者实施营养的时机则更为重要<sup>[11,12]</sup>。

肠 I/R 是严重创伤、烧伤、休克和外科大手术后常见的病理生理过程。创伤、烧伤、休克时由于应激反应,全身血流重新分布,以保证心、脑等生命器官的血供,肠道作为首要的牺牲器官,血流量减少较体循环更为显著,因此,可出现严重的缺血、缺氧及再灌注损伤<sup>[13]</sup>。研究证实,严重创伤休克时体循环灌注恢复后,胃肠道仍处于低灌注状态,而且肠道血流完全恢复正常需要 48 h<sup>[14]</sup>。因此,许多接受 EEN 的患者都不同程度地处在肠道低灌注或隐匿性休克状态。

本实验结果显示,I/R+EEN 组肠道不能耐受发生率(87.5%)和严重程度显著高于单纯 EEN 组(0)和单纯 I/R 组(12.5%)。实施 EEN 后,与单纯 I/R 组和单纯 EEN 组相比,I/R+EEN 组肠腔内压力及肠  $\text{PiCO}_2$  均显著升高,而血浆 D-木糖吸收量显著降低。表明肠 I/R 能显著降低小肠对 EEN 的耐受能力,肠 I/R 后过早实施 EEN 能加重小肠缺血状态,并进一步抑制小肠吸收和运动功能。

肠 I/R 时小肠对 EEN 发生不能耐受的机制尚未完全阐明,但肠 I/R 造成肠黏膜细胞能量代谢障碍,导致胃肠排空和吸收功能抑制是引起不能耐受的主要原因。肠黏膜上皮刷状缘上广泛分布的吸收

表 2 肠 I/R 犬小肠  $\text{PiCO}_2$  的变化( $\bar{x} \pm s, n=8$ )

Table 2 Changes of intestinal mucosal  $\text{PiCO}_2$  in dogs gut with I/R( $\bar{x} \pm s, n=8$ )

组别	I60	R4(EEN0)	R5(EEN1)	R8(EEN4)	R12(EEN8)	R24(EEN20)
单纯 EEN 组	47.0±1.3	49.0±0.8	46.0±1.1	45.0±1.7	47.0±1.2	46.0±1.4
单纯 I/R 组	115.0±1.7*	75.0±1.9*	78.0±1.3*	82.0±1.1*	71.0±1.4*	65.0±1.2*
I/R+EEN 组	113.0±2.1*	73.0±1.7*	85.0±1.4* $\Delta^{\#}$	93.0±1.3* $\Delta^{\#}$	105.0±1.1* $\Delta^{\#}$	68.0±1.5*

mm Hg

注:与单纯 EEN 组比较:\* $P < 0.01$ ;与单纯 I/R 组比较: $\Delta P < 0.01$ ;与本组 R4(EEN0)比较: $^{\#} P < 0.01$ ;1 mm Hg=0.133 kPa

表 3 肠 I/R 犬小肠腔内压力变化( $\bar{x} \pm s, n=8$ )

Table 3 Changes of pressure of gut cavity in dogs gut with I/R( $\bar{x} \pm s, n=8$ )

组别	I60	R4(EEN0)	R5(EEN1)	R8(EEN4)	R12(EEN8)	R24(EEN20)
单纯 EEN 组	12.3±0.9	13.7±1.3	11.6±1.4	12.7±1.1	13.1±1.2	12.9±1.1
单纯 I/R 组	17.5±1.1*	23.5±1.9*	24.6±1.3*	27.1±1.7*	23.7±1.5*	20.6±1.3*
I/R+EEN 组	17.6±1.3*	23.1±1.7*	27.5±1.1* $\Delta^{\#}$	29.8±1.4* $\Delta^{\#}$	32.3±1.6* $\Delta^{\#}$	21.1±0.9*

kPa

注:与单纯 EEN 组比较:\* $P < 0.01$ ;与单纯 I/R 组比较: $\Delta P < 0.01$ ;与本组 R4(EEN0)比较: $^{\#} P < 0.01$

表 4 肠 I/R 犬血浆 D-木糖含量变化( $\bar{x} \pm s, n=8$ )

Table 4 Changes of absorption on D-xylose in dogs gut with I/R( $\bar{x} \pm s, n=8$ )

组别	I60	R4(EEN0)	R5(EEN1)	R8(EEN4)	R12(EEN8)	R24(EEN20)
单纯 EEN 组	3.68±1.05	3.72±0.87	3.93±0.54	3.89±0.76	3.71±0.93	3.81±0.85
单纯 I/R 组	2.28±0.23*	1.51±0.31*	1.49±0.13*	1.37±0.23*	2.12±0.15*	2.45±0.31*
I/R+EEN 组	2.31±0.14*	1.57±0.36*	1.07±0.15* $\Delta^{\#}$	0.89±0.25* $\Delta^{\#}$	0.76±0.12* $\Delta^{\#}$	2.39±0.37*

mmol/L

注:与单纯 EEN 组比较:\* $P < 0.01$ ;与单纯 I/R 组比较: $\Delta P < 0.01$ ;与本组 R4(EEN0)比较: $^{\#} P < 0.01$

细胞是肠道吸收的基本单位。肠缺血一方面造成肠黏膜损伤,致使大量吸收细胞受到破坏,严重影响肠道吸收功能;另一方面,大多数营养物质在肠道吸收过程中需要消耗 ATP、通过  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶泵做功完成。正常情况下,ATP 供给充足,营养物在小肠的吸收过程中不会造成肠黏膜 ATP 消耗引起的吸收功能抑制。而肠 I/R 损伤能严重干扰肠细胞的能量代谢,显著降低肠黏膜 ATP 的含量,从而加重了肠黏膜的代谢应激,造成肠吸收功能障碍<sup>[15-17]</sup>。

木糖吸收实验是研究小肠吸收功能的重要实验方法。D-木糖为五碳糖,在肠道内不能完全被吸收,其吸收需要钠泵转运,常用于反映肠道吸收功能。本实验显示,单纯 I/R 组与 I/R+EEN 组血浆 D-木糖虽然显著低于单纯 EEN 组,但实施 EEN 前两组间差异并无显著性;实施 EEN 后,I/R+EEN 组血浆 D-木糖显著低于单纯 I/R 组;I/R+EEN 组内实施 EEN 前后比较差异也有显著性。充分说明肠 I/R 时实施 EEN 不仅不能改善肠道功能,反而加重肠黏膜代谢应激和缺血状态,并进一步抑制小肠吸收功能。

肠运动功能特别是推进性蠕动活动是肠道消化和吸收功能的基础。肠运动功能受肠神经系统和体液两种因素调节,肠缺血时,由于肠黏膜下层的黏膜下神经丛(麦氏丛)和位于环行肌与纵行肌之间的肌间神经丛(欧氏丛)受到损伤,影响其对肠道平滑肌收缩的支配与调节,造成肠道运动功能障碍;另一方面,由于缺血、缺氧造成营养底物缺乏,能量代谢障碍,肠道环行肌与纵行肌的收缩受到抑制,继而发生肠蠕动功能障碍,影响环状收缩波向肠道远端的传播,使肠道推进力出现紊乱。肠腔内压力测定是评价小肠运动功能变化较为理想的方法。本实验结果显示,实施 EEN 后,I/R+EEN 组肠腔内压力显著高于单纯 I/R 组;I/R+EEN 组内各时间点比较,实施 EEN 后显著高于实施前;I/R+EEN 组不能耐受发生率(87.5%)和严重程度均显著高于单纯 I/R 组(12.5%),这是由于缺血造成肠麻痹及肠腔闭塞的结果。此时若实施 EEN,由于小肠运动功能障碍,营养物排空受阻,导致肠腔内压力升高,这也与临床危重患者实施 EEN 时出现不能耐受的情况相似。

综上所述,本研究结果提示:创伤、烧伤、休克及外科大手术后常存在胃肠缺血和隐匿性休克,对此类患者实施 EEN 时,选择合适的时机、并判断肠道的耐受能力十分重要。实施 EEN 应在伤后 24 h 后进行,并且适量、慢速输入。监测肠耐受能力时除观

察肠道有无不耐受症状外,可进行肠道灌注及吸收和动力指标的监测,肠  $\text{PiCO}_2$ 、肠腔内压力和 D-木糖吸收实验与肠道耐受症状的相关性还有待于深入研究。

#### 参考文献:

- 黎介寿. 肠内营养——外科临床营养支持的首选途径[J]. 中国临床营养杂志, 2003, 11: 171-172.
- Braga M, Gianotti L, Gentilini O, et al. Early postoperative enteral nutrition improves gut oxygenation and reduces costs compared with total parenteral nutrition [J]. Crit Care Med, 2001, 29: 242-248.
- Fukatsu K, Zarzaur B L, Johnson C D, et al. Enteral nutrition prevents remote organ injury and death after a gut ischemic insult [J]. Ann Surg, 2001, 233: 660-668.
- Montejo J C. Enteral nutrition-related gastrointestinal complications in critically ill patients; a multicenter study [J]. Crit Care Med, 1999, 27: 1447-1453.
- Marvin R G, McKinley B A, McQuiggan M, et al. Nonocclusive bowel necrosis occurring in critically ill trauma patients receiving enteral nutrition manifests no reliable clinical signs for early detection [J]. Am J Surg, 2000, 179: 7-12.
- Munshi I A, Steingrub J S, Wolpert L. Small bowel necrosis associated with early postoperative jejunal tube feeding in a trauma patient [J]. J Trauma, 2000, 49: 163-165.
- Mentec H, Dupont H, Bocchetti M, et al. Upper digestive intolerance during enteral nutrition in critically ill patients; frequency, risk factors, and complications [J]. Crit Care Med, 2001, 29: 1955-1961.
- Davies A R, Froomes P R, French C J, et al. Randomized comparison of nasojejunal and nasogastric feeding in critically ill patients [J]. Crit Care Med, 2002, 30: 586-590.
- Hu S, Sheng Z Y. The effects of anisodamine and dobutamine on gut mucosal blood flow during gut ischemia/reperfusion [J]. World J Gastroenterol, 2002, 8: 555-557.
- 黎君友, 孙丹, 吕艺, 等. 脓毒症大鼠小肠功能变化的研究 [J]. 中国危重病急救医学, 2004, 16: 352-354.
- Eatock F C, Brombacher G D, Steven A, et al. Nasogastric feeding severe acute pancreatitis may be practical and safe [J]. Int J Pancreatol, 2000, 28: 23-29.
- Marik P E, Zaloga G P. Early enteral nutrition in acutely ill patients; a systematic review [J]. Crit Care Med, 2001, 29: 2264-2270.
- Hassoun H T, Kone B C, Mercer D W, et al. Post-injury multiple organ failure; the role of the gut [J]. Shock, 2001, 15: 1-10.
- 胡森, 晋桦, 吕艺, 等. 山羊低血容量性休克和复苏后胃肠黏膜内 pH 值的变化 [J]. 中国危重病急救医学, 1997, 9: 708-710.
- 胡森, 盛志勇, 柳琪琳, 等. 大鼠小肠缺血再灌注时肠内给予不同营养物对肠黏膜吸收功能和能量代谢的影响 [J]. 中华医学杂志, 2002, 82: 689-691.
- Kozar R A, Hu S, Hassoun H T, et al. Specific intraluminal nutrients alter mucosal blood flow during gut ischemia/reperfusion [J]. JPEN, 2002, 26: 226-229.
- 胡森, 盛志勇. 肠缺血/再灌注时肠内给予不同营养物对肠黏膜 ATP 含量的影响 [J]. 氨基酸和生物资源, 2002, 24: 63-65.

(收稿日期: 2006-09-20)

(本文编辑: 李银平)