

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2020.09.004

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2020.09.004>

## 猪小肠及系膜损伤的生物力学研究

刘畅<sup>1</sup>, 周航<sup>2</sup>, 杨幼林<sup>1</sup>

(1. 哈尔滨医科大学附属第一医院消化内科, 哈尔滨 150001; 2. 黑龙江省医院消化内科, 哈尔滨 150036)

**[摘要]** 目的: 利用猪小肠及系膜, 探究成襻时小肠及系膜可承受最大拉力。方法: 选取不同长度的猪小肠及系膜, 应用半圆硬质弯杆替代小肠镜模拟肠管成襻, 采用推拉力计测量小肠壁及系膜能承受的最大拉力。结果: 牵拉力逐渐增加时, 肠系膜最先受损。肠系膜能承受的最大牵拉力与肠管长度呈正相关( $r=0.932$ ,  $P<0.001$ ), 猪小肠系膜能承受的最大牵拉力( $Y$ )与肠管长度( $X$ )的回归方程:  $Y=2.205X+13.732$ 。结论: 当小肠成襻时, 即使没有肠壁损伤, 肠系膜撕裂也可能发生。形成的肠襻越大, 系膜所能承受的牵拉力越大。这些结果可以指导小肠镜的操作。

**[关键词]** 小肠镜; 组织损伤; 破坏负荷

## Biomechanical study on small bowel and mesenteric injuries of pigs

LIU Chang<sup>1</sup>, ZHOU Hang<sup>2</sup>, YANG Youlin<sup>1</sup>

(1. Department of Gastroenterology, First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150001;

2. Department of Gastroenterology, Heilongjiang Provincial Hospital, Harbin 150036, China)

**Abstract** **Objective:** To analyze the tolerance of mesentery and small bowel when loops were formed via using the samples of pigs. **Methods:** Porcine mesentery and small bowel of different lengths were subjected to tensile tests. Semicircular steel rods were used to replace enteroscope to simulate the loop formation. Tensiometer was to measure the maximum tensile force that the mesentery and small bowel could bear. **Results:** The mesentery was the first to be damaged when the pulling force increased. There was a positive linear correlation between the maximum pulling force and the length of the loop ( $r=0.932$ ,  $P<0.001$ ). The regression equation between the maximum pulling force that the porcine mesentery can bear ( $Y$ ) and the length of the loop( $X$ ) is  $Y=2.205X+13.732$ . **Conclusion:** When the small bowel becomes a loop, mesenteric tear may occur even if there is no small bowel damage. The greater the loop is, the greater pulling force the mesentery can withstand. These results can guide the operation of enteroscopy.

**Keywords** small intestinal endoscopy; tissue damage; failure load

收稿日期 (Date of reception): 2019-09-07

通信作者 (Corresponding author): 杨幼林, Email: yangyoulinyyl@163.com

目前绝大多数小肠疾病的检查手段是双气囊小肠镜(double-balloon enteroscopy, DBE)。DBE可直观、清晰地观察小肠黏膜,通过控制镜身对可疑部位反复观察,反复冲洗黏膜可清晰地暴露视野,对可疑病变活检取得病理学组织,尤其是可以对发现的小肠阳性病变实施内镜下治疗,比如内镜下止血、息肉切除、小肠狭窄的扩张、小肠支架置放及取异物等<sup>[1-2]</sup>,免除了患者外科手术的负担。DBE是消化道内镜技术里程碑式的重要进展,拓宽了传统消化内镜的检查、治疗范围。DBE检查过程中可能会出现一些并发症,一般为咽喉部疼痛、腹痛、腹胀等,严重的包括有麻醉意外、胃肠道穿孔、消化道出血、肠系膜撕裂、急性胰腺炎、吸入性肺炎等<sup>[3-5]</sup>。本实验利用不同长度的猪小肠及系膜(mesentery and small bowel, MSB)进行试验,旨在探究成襻条件下,MSB能承受最大牵拉力的大小,使内镜医生对于DBE操作并发症的发生机制有更深层的认识,并指导DBE的操作。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

尚志种猪宰杀后在超活体条件下取出小肠及系膜标本( $n=5$ ),并且立即进行清洗,随即开始实验。从实验动物宰杀到实验操作完成的时间不超过6 h。选取3个直径8.5 mm的硬质弯杆模拟小肠镜身,弯杆的弧直径分别是20, 30, 40 cm。选用量程为200 N、分度值为0.5 N的推拉力计测量牵拉力大小。用2根直径为3 cm的橡胶棒固定肠系膜根部。

### 1.2 猪小肠成襻模型损伤实验

将每条完整的猪小肠及系膜分解为长度为10, 15, 20, 25, 30, 35及40 cm的7段,5个相同长度的样本为一组。取第一组长度为10 cm的样本进行第一次实验。使用橡胶棒将肠系膜根部固定,将弧直径为20 cm硬质弯杆凹面朝向系膜根部穿过小肠腔,充分展开肠管及系膜使其成扇形。在半圆弯杆两端使用绳索连接推拉力计,持续缓慢向肠系膜对侧拉动测力计,直至观察到肠管某一层或肠系膜出现损伤,读出此时测力计示数(图1)。对于该组肠管重复上述实验5次。其他长度组的肠管实验过程同上,其中,长度为10 cm和15 cm的肠管选用弧直径为20 cm的弯杆,长度为20, 25, 30 cm的肠管选用弧直径为30 cm的弯杆,长度为35 cm和40 cm

的肠管选用弧直径为40 cm的弯杆,目的是使肠系膜能够充分展开。



图1 破坏肠段并记录数据,橡胶棒固定住肠系膜,弯杆穿过小肠,通过绳索与拉力计连接

Figure 1 Mesentery and small bowel was destroyed, and the data was recorded; the mesentery was fixed with the rubber rods; the semicircular rod passed through the small bowel, and was connected to the tensiometer by a rope

### 1.3 统计学处理

应用SPSS 20.0软件进行数据分析。计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )描述,以肠管及系膜撕裂时所受牵拉力为因变量,以肠管长度为自变量,采用一元线性回归分析二者之间的关系,推算回归方程, $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 肠壁和系膜撕裂的先后顺序

7组不同长度的小肠及系膜样本受到牵拉时,均是肠系膜先出现撕裂,此时检查肠管黏膜、肌层、浆膜层无撕裂伤(图2)。



图2 小肠系膜撕裂受到牵拉力逐渐增加,系膜撕裂,此时肠管各层结构完好

Figure 2 Mesentery was torn as the increasing of the pulling force, while the small bowel was intact

## 2.2 小肠及系膜能承受的最大拉力与成襻肠管长度的关系

成襻肠管长度与小肠及系膜可承受最大牵拉力之间具有直线回归相关关系 ( $r=0.932$ ,  $P<0.001$ ), 回归方程:  $Y=2.205X+13.732$ , 其中 $X$ 为成襻肠管的长度,  $Y$ 为已知肠管长度推算出的小肠及系膜可承受的最大牵拉力(表1)。

表1 小肠及系膜可承受的最大拉力与成襻肠管长度的关系  
Table 1 Relationship between the maximum pulling force that the mesentery and small bowel could bear and the length of the loop

肠管长度 /cm	可承受最大牵拉力 /N	$r$	$P$
10	34.6 ± 1.3546		
15	49.7 ± 1.2510		
20	57.2 ± 4.7476		
25	64.4 ± 2.7991	0.932	<0.001
30	85.6 ± 8.3057		
35	88.0 ± 1.7393		
40	102.5 ± 2.0555		

## 3 讨论

2003年Yamamoto等<sup>[6-7]</sup>发明的双气囊小肠镜检查正式应用于临床, 使得传统的检查盲区可以在直视下诊治, 小肠疾病的诊断率明显提高, 诊断阳性率为70%~90%<sup>[8-11]</sup>。多篇文献[3-4,12]报道DBE的并发症在<1%, Mensink等<sup>[5]</sup>共调查欧洲、亚洲、澳洲10个中心的2 367次DBE, 诊断性DBE并发症的发生率为0.8%, 被认为安全性较好<sup>[13-16]</sup>。但小肠镜检查操作时间较长, 大多需要在麻醉下进行, 对技术能力要求较高<sup>[17-18]</sup>。研究小肠镜检查过程中肠管及系膜的损伤机制有助于内镜医师对小肠镜有更深入的了解, 提高小肠镜检查水平。

由于小肠系膜的游离性, 加之麻醉状态下肠管松弛, 小肠及系膜可作为一个整体被牵拉, 并且小肠镜较细, 镜身外径8.5 mm, 这些特点决定其易结襻。本实验以小肠及系膜为样本, 纪录其在张力负荷下成襻时的机械行为, 发现损伤始于系膜。Bège等<sup>[19]</sup>曾研究小肠及系膜的生物力学行为, 认为孤立的肠管或系膜不能完全描述MSB的

机械特点, 本实验得到受力的结果与该实验基本一致。结果提示当患者术后表现出不适时, 可能是出现了肠系膜的损伤, 而损伤未及血管时, 常常不会导致严重后果, 不能被常用的检查手段发现。本研究是Bège等<sup>[19]</sup>实验的延伸, 得出线性回归方程, 认为成襻大小与其可承受最大牵拉力的大小之间存在正相关, 形成的肠襻越小则其可承受的牵拉力越小。若患者存在肠粘连、狭窄、重度憩室病等问题, 易形成很小的肠襻, 此时不需要很大的张力就可以使肠系膜出现损伤。

因此, 要求内镜医师轻柔进镜, 熟练解襻, 减少并发症的发生。操作医师需要非常熟练地掌握滑镜技巧, 转动并推进内镜, 而不是硬插内镜, 进镜困难时多次钩拉内镜改变肠管排列, 尽可能不让肠管成襻。操作要点是尽可能在扭转少、襻小的时候就停止进镜, 不给肠管增加更多的负担, 尽早把襻解除。解襻的方法是向没有阻抗的方向旋转并回拉, 对于复杂的襻形, 需要左右旋转组合使用。解襻后的自由感只有操作者能亲身体会。另外, 助手最好是内镜医师, 能够准确地辅助手法压迫和帮助学生变换体位。当进镜困难时, 有时仅通过体位变换就能感到镜身又前进了, 视野变开阔了, 出现意想不到的效果。用手压迫可使屈曲部钝化或阻止肠管伸展, 促进肠管缩短, 便于镜身通过屈曲部。通过吸引, 调节空气量; 定时注入水或润滑剂是帮助减少成襻及解襻的一些基本技巧。术者的经验、X线片对减少并发症可能有帮助。

本实验还存在一些不足。研究采用的是猪小肠及系膜, 猪肠系膜与人类相比有两点主要不同: 它含有的脂肪组织相对少, 并且没有周围血管弓。然而, 猪是肠道系统最接近人类的动物<sup>[20]</sup>。由于诸多技术限制, 无法使用活体的腹部器官进行机械测试。本实验为减少离体状态可能对实验结果造成的影响, 在杀死动物后尽可能短的时间内对新鲜样本进行了清洗、取样和测试。此实验是在22℃的室温下操作的, 而人体是37℃, 只要避免极端温度, 本研究认为测试温度不会改变样品的机械性能<sup>[21-22]</sup>。

综上所述, 小肠及系膜组织样本在静态载荷下损伤的研究有助于理解成襻时系膜损伤的过程, 帮助操作医师明确原理、掌握技巧、指导操作, 并提出了小肠镜检查后腹部不适的可能原因, 为诊疗提供了新思路。研究结果存在一定局限性, 还须更进一步的研究来验证。

## 参考文献

1. Akyuz U, Akyuz F. Diagnostic and therapeutic capability of double balloon enteroscopy in clinical practice[J]. *Clin Endosc*, 2016, 49(2): 157-160.
2. Ross AS. A decade of double-balloon enteroscopy: what have we learned?[J]. *Gastrointest Endosc*, 2011, 74(3): 571-572.
3. Xin L, Liao Z, Jiang YP, et al. Indications, detectability, positive findings, total enteroscopy, and complications of diagnostic double-balloon enteroscopy: a systematic review of data over the first decade of use[J]. *Gastrointest Endosc*, 2011, 74(3): 563-570.
4. Tang L, Huang LY, Cui J, et al. Effect of double-balloon enteroscopy on diagnosis and treatment of small-bowel diseases[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2018, 131(11): 1321-1326.
5. Mensink PB, Haringsma J, Kucharzik T, et al. Complications of double balloon enteroscopy: a multicenter survey[J]. *Gastrointest Endosc*, 2007, 39(7): 613-615.
6. Yamamoto H, Sekine Y, Sato Y, et al. Total enteroscopy with a nonsurgical steerable double-balloon method[J]. *Gastrointest Endosc*, 2001, 53(2): 216-220.
7. Yamamoto H, Sugano K. A new method of enteroscopy--the double-balloon method[J]. *Can J Gastroenterol*, 2003, 17(4): 273-274.
8. Wang J, Guo Q, Zhao J, et al. Multidetector CT enterography versus double-balloon enteroscopy: comparison of the diagnostic value for patients with suspected small bowel diseases[J]. *Gastroenterol Res Pract*, 2016, 2016: 5172873.
9. Pata C, Akyüz Ü, Erzın Y, et al. Double-balloon enteroscopy: the diagnosis and management of small bowel diseases[J]. *Turk J Gastroenterol*, 2010, 21(4): 353-359.
10. 郭志国, 彭焱源, 辛毅, 等. 双气囊小肠镜在小肠出血患者治疗中的应用价值及安全性研究[J]. *中国内镜杂志*, 2017, 23(1): 103-106.  
GUO Zhiguo, PENG Shaoyuan, XIN Yi, et al. Application and safety of double balloon enteroscopy in patients with small bowel hemorrhage[J]. *China Journal of Endoscopy*, 2017, 23(1): 103-106.
11. 欧希龙, 史乃蕴, 蔡惠美, 等. 双气囊内镜检查45例分析[J]. *中国内镜杂志*, 2012, 18(5): 524-527.  
OU Xilong, SHI Naiyun, CAI Huimei, et al. 45 cases analysis of double-balloon endoscope examination[J]. *China Journal of Endoscopy*, 2012, 18(5): 524-527.
12. Saygili F, Saygili SM, Oztas E. Examining the whole bowel, double balloon enteroscopy: Indications, diagnostic yield and complications[J]. *World J Gastrointest Endosc*, 2015, 7(3): 247-252.
13. May A, Nachbar L, Pohl J, et al. Endoscopic interventions in the small bowel using double balloon enteroscopy: feasibility and limitations[J]. *Am J Gastroenterol*, 2007, 102(3): 527-535.
14. Kaffes AJ, Koo JH, Meredith C. Double-balloon enteroscopy in the diagnosis and the management of small-bowel diseases: an initial experience in 40 patients[J]. *Gastrointest Endosc*, 2006, 63(1): 81-86.
15. Heine GD, Hadithi M, Groenen MJ, et al. Double-balloon enteroscopy: indications, diagnostic yield, and complications in a series of 275 patients with suspected small-bowel disease[J]. *Endoscopy*, 2006, 38(1): 42-48.
16. Yen HH, Chen YY, Su WW, et al. Intestinal necrosis as a complication of epinephrine injection therapy during double-balloon enteroscopy[J]. *Endoscopy*, 2006, 38(5): 542.
17. 智发朝, 肖冰, 姜泊, 等. 双囊电子小肠镜在小肠出血诊断中的应用[J]. *中华消化内镜杂志*, 2005, 22(1): 19-21.  
ZHI Fachao, XIAO Bing, JIANG Bo, et al. Clinical application of doubleballoon video enteroscopy for small intestinal bleeding[J]. *Chinese Journal of Digestive Endoscopy*, 2005, 22(1): 19-21.
18. 智发朝, 姜泊, 潘德寿, 等. 全小肠直视检查的双囊电子小肠镜的初步临床应用[J]. *中华医学杂志*, 2003, 83(20): 1832-1833.  
ZHI Fachao, JIANG Bo, PAN Deshou, et al. Preliminary clinical application of double-balloon enteroscopy for direct vision examination of whole small intestine[J]. *National Medical Journal of China*, 2003, 83(20): 1832-1833.
19. Bège T, Ménard J, Tremblay J, et al. Biomechanical analysis of traumatic mesenteric avulsion[J]. *Med Biol Eng Comput*, 2015, 53(2): 187-194.
20. Sack WO. *Essentials of pig anatomy*[M]. Ithaca, NY: Veterinary Textbooks, 1982: 42-43.
21. Rubod C, Boukerrou M, Brieu M, et al. Biomechanical properties of vaginal tissue: preliminary results[J]. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*, 2008, 19(6): 811-816.
22. Wex C, Stoll A, Fröhlich M, et al. Mechanics of fresh, frozen-thawed and heated porcine liver tissue[J]. *Int J Hyperthermia*, 2014, 30(4): 271-283.

本文引用: 刘畅, 周航, 杨幼林. 猪小肠及系膜损伤的生物力学研究[J]. *临床与病理杂志*, 2020, 40(9): 2248-2251. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2020.09.004

**Cite this article as:** LIU Chang, ZHOU Hang, YANG Youlin. Biomechanical Study on Small Bowel and Mesenteric Injuries of Pigs[J]. *Journal of Clinical and Pathological Research*, 2020, 40(9): 2248-2251. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2020.09.004