

· 综 述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2021.17.035

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20210416.1308.002.html\(2021-04-16\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20210416.1308.002.html(2021-04-16))

腹横肌平面阻滞用于腹部术后镇痛的研究进展*

李明茜 综述,王善秋[△] 审校

(重庆医科大学附属第一医院麻醉科 400016)

[摘要] 腹横肌平面阻滞是一种为前外侧腹壁提供镇痛的区域神经阻滞技术。随着超声技术的出现,取得了巨大发展,现广泛应用于临床。目前,多模式镇痛被大力提倡,腹横肌平面阻滞与其他镇痛方式联合应用,可达到更佳的镇痛效果,但配药方案、途径、适应证等方面仍存在分歧。该文就解剖、技术发展、临床应用等方面对腹横肌平面阻滞进行综述。

[关键词] 腹横肌平面阻滞;超声;临床应用;并发症;综述

[中图法分类号] R-1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2021)17-3041-05

Advances in transversus abdominis plane block applied in the postoperative analgesia of abdominal surgery*

LI Mingxi, WANG Shanqiu[△]

(Department of Anesthesiology, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

[Abstract] Transverse abdominis plane block is a regional nerve block technique that provides analgesia to the anterolateral abdominal wall. With the advent of ultrasound technology, great progress has been made and now it is widely used in clinical practice. At present, multi-mode analgesia has been strongly advocated, and the transversus abdominis plane block combined with other analgesia technique can achieve better analgesia effect. However, there are still differences in prescriptions, approach, indications and other aspects. This article reviews the advances in Anatomy, technique and clinical application of transverse abdominal block.

[Key words] transversus abdominis plane block; ultrasound; clinical application; complication; reviews

腹横肌平面(the transversus abdominis plane, TAP)阻滞作为一种躯干神经平面阻滞技术,主要为腹部手术患者提供术中及术后镇痛。TAP阻滞操作方便、效果确切、不良反应少,联合其他麻醉方式作用时,可减少阿片类药物的用量,从而降低了不良反应的发生率,提高了患者的舒适度及满意度,加速了患者康复,符合加速康复外科(enhanced recovery after surgery, ERAS)的多模式镇痛理念^[1]。本文对TAP阻滞相关研究进展进行综述。

1 解 剖

1.1 TAP

腹壁的不同部位解剖结构不同。侧腹壁,除皮肤、皮下组织外,由外向内分别为腹外斜肌、腹内斜肌、腹横肌及相关筋膜鞘,前腹壁还包括腹直肌。腹

横肌和腹内斜肌之间的平面称为TAP^[2]。

1.2 支配腹壁的神经

前外侧腹壁由胸腰段脊神经前支支配,肋间神经($T_6 \sim T_{11}$)、肋下神经(T_{12})和第一腰神经(L_1)与伴行的血管行走于TAP。TAP内可见广泛的神经分支和交通支,每个节段起源的神经至少有两条。腋前线有许多神经分支起源于 $T_9 \sim L_1$,且起源于上下相邻节段的分支广泛相连,组成“TAP神经丛”。这些神经发出的分支穿行至腹内斜肌、腹外斜肌及腹直肌^[3]。因此,可通过阻滞TAP的神经来阻断前腹壁和侧腹壁的感觉。

2 超声引导TAP阻滞

由于解剖结构变异和操作者技术能力差别,盲目穿刺下的TAP阻滞局部麻醉药注射部位和药物扩散

* 基金项目:国家临床重点专科建设项目[财社(2011)170号];重庆市医学重点学科项目[渝卫科教(2007)2]。 作者简介:李明茜(1995—),在读硕士研究生,主要从事临床麻醉研究。 [△] 通信作者, E-mail: maplestorytuan@163.com。

范围等有较大差异,会导致麻醉效果不佳,且局部麻醉药中毒、神经损伤、局部血肿、脏器损伤等并发症增加^[4]。随后,超声引导可视化技术的发展,操作者能观察到阻滞区域的解剖结构和局部麻醉药的扩散情况,可提高区域阻滞的精确性和安全性。超声引导下神经阻滞已成为区域麻醉阻滞的金标准^[5]。盲目穿刺下的 TAP 阻滞已被淘汰,超声引导下的 TAP 阻滞在临床上广泛应用。

2.1 侧方入路(腋中线法)

研究表明侧方入路 TAP 阻滞的注射液扩散的范围为 $T_{10} \sim L_1$,适用于阑尾切除术、腹腔镜下妇科手术等下腹部手术^[2]。具体方法如下^[6]:患者取仰卧位,在腹前外侧壁放置超声探头,成像深度为 4~6 cm,此处 3 层肌肉的结构最为清楚。首先识别 TAP,位于腹内斜肌和腹横肌之间,然后滑行超声探头,横过腋中线,穿刺针垂直腋中线平面,可视下达到 TAP 层。回抽后可先注射少量的生理盐水试探针尖的位置,确定后可给予适量局部麻醉药,可见注射液在 TAP 层呈椭圆形散开。

2.2 肋下入路

侧方入路 TAP 阻滞适用范围为下腹部手术,具有一定局限性。后研究发现另一种途径:放置超声探头平行肋骨下缘,在剑突区附近进针,穿过腹直肌,根据腹横肌和腹直肌之间的解剖差异,局部麻醉药沉积在腹横肌和腹直肌或腹直肌和腹直肌后鞘之间^[7]。这种途径称为“肋下入路”,注射液扩散的范围为 $T_6 \sim T_9$,适用于胃切除术、胆囊切除术等上腹部手术。

2.3 后入路

后入路 TAP 阻滞与侧方入路 TAP 阻滞的不同点在于定位更加靠后,可见腹横肌逐渐形成腱膜,腰方肌在腱膜后内侧,注射部位位于腰方肌附近的腱膜表面。由于注射药物扩散可达椎旁间隙,阻滞范围扩大,为前下腹壁及侧腹壁,阻滞范围为 $T_9 \sim T_{12}$ 。

2.4 斜肋下阻滞

2010 年由 HEBBARD 等^[8]提出,经肋下 TAP 阻滞改良形成。与其他方法比较,需要更长的针头(15~20 cm)和更大剂量的麻醉药(40~80 mL)。阻滞路径为剑突至同侧髂嵴前部,阻滞方法为沿肋下斜线多点多次注射。超声探头沿阻滞路径向外侧移动,在腹直肌、腹横肌移行处和腋前线成像,分别进针至腹直肌和腹横肌之间及腋前线处的 TAP 层,将药物向外侧多点注入。随着药物的注入扩张,两次进针注射的药物连为相通的平面^[9],阻滞 $T_6 \sim L_1$ 脊神经,为全腹均能提供有效镇痛。但也存在一些不足,如对操作者的技术要求比较高;局部麻醉药需求量大,容易增加中毒的概率。

2.5 双侧双重阻滞(四重阻滞)

2011 年 BØRGLUM 等^[10]首次提出四重阻滞可为全腹提供有效的术后镇痛。针对下腹部($T_{10} \sim T_{12}$)的阻滞,采用传统的 TAP 阻滞。而针对上腹部的阻滞,根据腹横肌与腹直肌的解剖关系,大致分为两种阻滞方式,(1)内侧肋间 TAP 阻滞(MIC-TAP):如腹横肌在腹直肌甚至腹直肌后鞘后方,局部麻醉药注射在腹直肌后鞘与腹横肌之间。(2)外侧肋间 TAP 阻滞(LIC-TAP):如腹横肌未达到腹直肌后方,则局部麻醉药在腹直肌外侧注射,扩散在腹内斜肌与腹横肌之间。并说明了四重阻滞减轻了腹部大手术后的剧烈疼痛。上腹部肋间 TAP 阻滞效果不如下腹部传统 TAP 阻滞,原因可能与患者上腹部解剖结构差异有关。与同样能阻滞全腹的连续斜肋下阻滞比较,技术方面更容易掌握。

3 用药方案

相对于利多卡因等短效局部麻醉药,TAP 阻滞多选择罗哌卡因、丁哌卡因等更长效的局部麻醉药,与丁哌卡因比较,罗哌卡因的毒性更小,特别是心脏毒性方面,因此,临床上罗哌卡因多为首选^[11]。但药物对比对 TAP 阻滞作用时长的影响尚无明确定论。在一些 TAP 阻滞研究中,给予固定容量的罗哌卡因,如每侧 15~20 mL^[9-11],而有些研究中麻醉药用量按体重算,通常为 1.5~3.0 mg/kg^[12]。但有研究表明,成年女性 TAP 阻滞中使用 3 mg/kg 罗哌卡因会导致具有潜在神经毒性的血药浓度,应考虑减少剂量^[13]。根据罗哌卡因 TAP 阻滞后血药浓度的分布研究,罗哌卡因用于神经阻滞时推荐浓度为 0.2%~0.5%,单次使用最大剂量不超过 210 mg^[14]。LEE 等^[15]研究低浓度大剂量罗哌卡因与高浓度小剂量罗哌卡因的镇痛效果,结果显示 0.25%罗哌卡因(0.40 mL/kg)较 0.15%罗哌卡因(0.67 mL/kg)镇痛效果好。但只有 1 个对照组,不能完全总结低浓度大剂量和高浓度小剂量局部麻醉药用于外周阻滞的镇痛效果。不同研究有不同的结论,也有观点认为局部麻醉药的剂量应该根据具体手术及阻滞方式而定。

4 临床应用

4.1 TAP 阻滞用于成人腹部手术

TAP 阻滞可用于阑尾切除术、直肠癌根治术、腹腔镜下子宫切除术等。一项关于 TAP 阻滞用于腹部手术的 meta 分析,纳入 31 个随机对照试验共 1 611 例患者,结果显示超声引导下 TAP 阻滞组术后 6 h 静脉吗啡用量平均减少 6 mg。麻醉类型方面,TAP 阻滞联合全身麻醉或无长效阿片类药物的脊髓麻醉,吗啡累积消耗量均减少^[16],对术后 6 h 的静息状态均有镇痛效果。另一项 TAP 阻滞用于腹腔镜手术的 me-

ta 分析则表明 TAP 阻滞减轻了休息时早期和晚期疼痛,并减少了术后阿片类药物的用量^[17]。针对腹部手术,TAP 阻滞术后镇痛的有效性已被证实,但与目前临床普遍使用的静脉自控镇痛在镇痛作用和并发症方面的差异仍具有研究的必要性。

4.2 TAP 阻滞用于儿童腹部手术

TAP 阻滞可应用于腹股沟疝修补术、输尿管再植术等。有研究表明,TAP 阻滞能有效阻滞小儿腹部手术后疼痛,且能减少低血压发作次数和住院时间^[18]。儿童中使用高浓度大剂量和低浓度小剂量丁哌卡因进行 TAP 阻滞的镇痛效果无明显差异,且局部麻醉药中毒的风险非常小^[19]。

4.3 其他应用

TAP 阻滞除了以联合全身麻醉或椎管内麻醉的方式应用于腹部手术,近年来也愈来愈多地单独应用于腹部小手术,如腹膜透析置管术等。有研究表明,TAP 阻滞可满足腹膜透析置管术的镇痛需求,且循环稳定^[20]。2008 年首次报道了 TAP 阻滞成功治疗了神经性疼痛的案例^[21]:1 例 37 岁孕妇在剖宫产 2 周后,切口左侧出现持续性烧灼痛,疼痛剧烈,被诊断为神经性疼痛。其行左侧 TAP 阻滞,短时间内痛感消失,虽在 24 h 后重新出现,但程度明显减弱。

5 与其他镇痛方式比较

5.1 TAP 阻滞与椎管内镇痛的比较

传统上,胸硬膜外镇痛一直是腹部手术术后镇痛的金标准。若患者存在相关禁忌证,如凝血功能异常、脊柱畸形、穿刺部位皮肤感染等,需要考虑其他合适的镇痛方式。针对腹部手术,TAP 阻滞能有效缓解术后疼痛。有研究表明,针对腹部腹腔镜手术,静态时镇痛效果无明显差别,动态时胸硬膜外镇痛效果更佳^[22]。但术后胸腰椎硬膜外镇痛的低血压等不良反应发生率相对较高。因此,对于有心血管疾病等基础疾病患者,TAP 阻滞是更好的选择。而另一项研究结果表明,剖宫产术椎管内镇痛组的镇痛效果更好^[23]。因此,TAP 阻滞在剖宫产术后也能提供有效镇痛,但硬膜外镇痛是剖宫产术后镇痛的首选方法。TAP 阻滞可纳入替代治疗方案。分析原因,考虑 TAP 阻滞与椎管内麻醉之间镇痛效果的差异性可能与内脏疼痛相关。TAP 阻滞镇痛机制主要为躯体镇痛。虽然后入路 TAP 阻滞局部麻醉药可扩散至椎旁间隙、阻滞椎旁神经,对内脏镇痛有一定作用,但效果欠佳。

5.2 TAP 阻滞与局部浸润的比较

KARGAR 等^[24]对 TAP 阻滞与局部浸润镇痛效果进行了对比,发现 TAP 阻滞与局部浸润术后 24 h 内的镇痛效果无差异。但 24 h 后,TAP 阻滞仍可提

供镇痛作用,而局部浸润的镇痛效果消失,表明相比局部浸润,TAP 阻滞的镇痛作用可持续更长时间。但郜旭萍等^[25]研究结论却有所差异,认为在术后中期,TAP 阻滞比局部浸润镇痛效果好,在早晚期无明显差别。结论存在差异的原因可能是纳入的研究数量不同,且研究对象的标准、手术方式、术中麻醉方式等存在异质性。

5.3 TAP 阻滞与其他神经阻滞的比较

对于腹部手术,除了 TAP 阻滞,还包括腰方肌阻滞、竖脊肌阻滞等神经阻滞技术。郝泉水等^[26]对腰方肌阻滞与 TAP 阻滞用于下腹部术后镇痛做了 meta 分析,无论是术后 2、4、6、12、24 h 静息状态,还是术后 8、12 h 运动状态,腰方肌阻滞镇痛效果均比 TAP 阻滞好,原因可能为腰方肌阻滞更易椎旁扩散。对于腹部手术,术后疼痛主要源于两个方面,一是躯体痛,二是内脏痛。TAP 阻滞的原理为在腹内斜肌和腹横肌之间的腔隙注入麻醉药,以阻断支配前外侧腹壁的神经过传导,能够有效降低腹壁切口的疼痛,但对内脏痛的效果不明确。胸腰筋膜包绕后腹壁的肌肉,包括腰方肌、竖脊肌、腰大肌等。腰方肌阻滞即在腰方肌周围注入麻醉药,药物延胸腰筋膜扩散,可至椎旁间隙作用于神经根,从而能缓解内脏痛。胸腰筋膜不仅作为药物扩散的通路,其上还有交感神经分布和疼痛感受器。因此,局部麻醉药也可通过阻滞胸腰筋膜上的神经及感受器,达到镇痛效果。

6 TAP 阻滞的并发症

超声可视化技术,无论从安全性,还是有效性,都为神经阻滞技术带来巨大飞跃。但 TAP 阻滞相关并发症较少报道。一项研究显示超声引导下 TAP 阻滞,2% 的患者发生了腹腔内注射,导致并发症发生^[27]。

6.1 腹壁运动阻滞

有个案报道 1 例 87 岁因腹股沟嵌顿疝行手术的男性,在超声引导下 TAP 阻滞,出现短暂的腹壁运动阻滞,可能是由于右侧胸腰椎神经运动阻滞导致的腹部节段性阻滞^[28]。

6.2 腹部血肿

SHIROZU 等^[29]报道了 1 例合并 HELLP 综合征的剖宫产患者 TAP 阻滞后发生腹部肌内血肿,可能是操作误伤血管或与 HELLP 综合征相关的凝血功能障碍有关。

7 总 结

TAP 阻滞已成为多模式镇痛的重要组成部分,从最开始的盲目穿刺到现在的经超声引导下穿刺,取得了巨大的进步。盲目穿刺时,腹膜内注射的并发症发生率较高。随着超声引导可视化技术的发展,区域阻

滞的精确性和安全性得到了巨大提升。目前,TAP 阻滞广泛应用于腹部手术,不仅可联合其他麻醉方式,也可单独应用,如腹膜透析置管、治疗神经性疼痛等。

虽然 TAP 阻滞的技术越来越完善,应用越来越广泛,但仍存一些问题有待解决,如 TAP 阻滞所用药物的最佳剂量和浓度尚未明确。目前研究发现,操作后 6 h 为最佳镇痛时间,24 h 后效果逐步消退,总体作用时间较短,而留置导管可增加感染、腹部脏器损伤的发生率。还有研究指出,向局部麻醉药中添加佐剂,可有效延长局部麻醉药作用时间并使镇痛效果更完善,如右美托咪定。右美托咪定是一种 α 受体激动药,静脉使用有镇静、镇痛、抗焦虑等作用。有研究认为,右美托咪定也可联合局部麻醉药用于神经阻滞。但说明书未有明确指出,且最佳使用剂量、并发症等尚不明确,需进一步研究。

参考文献

- [1] DUNKMAN W J, MANNING M W. Enhanced recovery after surgery and multimodal strategies for analgesia[J]. *Surg Clin North Am*, 2018, 98(6): 1171-1184.
- [2] MCDONNELL J G, O'DONNELL B D, FARRELL T, et al. Transversus abdominis plane block: a cadaveric and radiological evaluation[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2007, 32(5): 399-404.
- [3] MAHMOUD S, MIRAFLOR E, MARTIN D, et al. Ultrasound-guided transverse abdominis plane block for ED appendicitis pain control[J]. *Am J Emerg Med*, 2019, 37(4): 740-743.
- [4] 梅伟,江伟. 超声引导区域麻醉的历史和发展展望[J]. *临床外科杂志*, 2019, 27(6): 451-452.
- [5] BARRINGTON M J, UDA Y. Did ultrasound fulfill the promise of safety in regional anesthesia?[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2018, 31(5): 649-655.
- [6] FURUYA T, KATO J, YAMAMOTO Y, et al. Comparison of dermatomal sensory block following ultrasound-guided transversus abdominis plane block by the lateral and posterior approaches: a randomized controlled trial[J]. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 2018, 34(2): 205-210.
- [7] ÖZDILEK A, BEYOGLU Ç A, DEMIRDAG Ç, et al. Perioperative analgesic effects of preemptive ultrasound-guided subcostal transversus abdominis plane block for percutaneous nephrolithotomy: a prospective, randomized trial[J]. *J Endourol*, 2020, 34(4): 434-440.
- [8] HEBBARD P D, BARRINGTON M J, VASEY C. Ultrasound-guided continuous oblique subcostal transversus abdominis plane blockade: description of anatomy and clinical technique[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2010, 35(5): 436-441.
- [9] 田伟千,汤洋,张杰,等. 超声引导肋下斜入路腹横肌平面阻滞对腹部手术术后静脉 PCA 镇痛的影响[J]. *江苏医药*, 2018, 44(3): 308-311.
- [10] BØRGLUM J, MASCHMANN C, BELHAGE B, et al. Ultrasound-guided bilateral dual transversus abdominis plane block: a new four-point approach[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2011, 55(6): 658-663.
- [11] OLAPOUR A, AKHONDZADEH R, RASHIDI M, et al. Comparing the effect of bupivacaine and ropivacaine in cesarean delivery with spinal anesthesia[J]. *Anesth Pain Med*, 2020, 10(1): e94155.
- [12] ZHAI W, WANG X D, RONG Y L, et al. Effects of a fixed low-dose ropivacaine with different volume and concentrations on interscalene brachial plexus block: a randomized controlled trial[J]. *BMC Anesthesiol*, 2015, 16(1): 80.
- [13] 周旋,芦相玉,张艳丽,等. 超声引导下肋下腹横肌平面阻滞中罗哌卡因血浆浓度的研究[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2017, 17(9): 70.
- [14] 丘美兰,陈勇平,丘美蓉,等. 腹横肌平面阻滞麻醉与局部浸润麻醉在腹膜透析置管手术中的应用比较[J]. *福建医药杂志*, 2020, 42(4): 54-56.
- [15] LEE H, CHUNG J, LEE M, et al. Comparison between post-operative analgesic efficacy of low-concentration high-volume and high-concentration low-volume combinations of ropivacaine for transverse abdominis plane block in pediatric open inguinal hernia repair[J]. *J Clin Med*, 2019, 8(8): 1133.
- [16] BAERISWYL M, KIRKHAM K R, KERN C, et al. The analgesic efficacy of ultrasound-guided transversus abdominis plane block in adult patients[J]. *Anesth Analg*, 2015, 121(6): 1640-1654.

- [17] DE OLIVEIRA GS J R, CASTRO-ALVES L J, NADER A, et al. Transversus abdominis plane block to ameliorate postoperative pain outcomes after laparoscopic surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Anesth Analg*, 2014, 118(2): 454-463.
- [18] BAERISWYL M, ZEITER F, PIUBELLINI D, et al. The analgesic efficacy of transverse abdominis plane block versus epidural analgesia: a systematic review with meta-analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(26): e11261.
- [19] SOLA C, MENACÉ C, BRINGUIER S, et al. Transversus abdominal plane block in children: efficacy and safety: a randomized clinical study and pharmacokinetic profile [J]. *Anesth Analg*, 2019, 128(6): 1234-1241.
- [20] QI L, TANG X H, TIAN T, et al. A randomized controlled trial of comparing ultrasound-guided transversus abdominis plane block with local anesthetic infiltration in peritoneal dialysis catheter implantation [J]. *Blood Purif*, 2018, 45(1): 8-14.
- [21] COWLISHAW P, BELAVY D. Transversus abdominis plane block for neuropathic pain [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2009, 34(2): 183.
- [22] 戴瑜, 孙雪冬, 刘敬臣. 腹横肌平面阻滞与胸椎硬膜外阻滞对腹腔镜结直肠手术后镇痛效果的对比研究 [J]. *广西医科大学学报*, 2017, 34(8): 1213-1216.
- [23] CANAKCI E, GULTEKIN A, CEBECI Z, et al. The analgesic efficacy of transverse abdominis plane block versus epidural block after caesarean delivery: which one is effective? TAP block? Epidural block? [J]. *Pain Res Manag*, 2018, 2018: 1-7.
- [24] KARGAR R, MINAS V, GORGIN-KARAJI A, et al. Transversus abdominis plane block under laparoscopic guide versus port-site local anaesthetic infiltration in laparoscopic excision of endometriosis: a double-blind randomised placebo-controlled trial [J]. *BJOG*, 2019, 126(5): 647-654.
- [25] 郇旭萍, 杨保仲. 腹横肌平面阻滞与切口局部浸润镇痛效果比较的 Meta 分析 [J]. *中国临床新医学*, 2018, 11(6): 564-570.
- [26] 郝泉水, 孙思华, 李先超, 等. 超声引导腰方肌阻滞与腹横肌平面阻滞用于下腹部手术后镇痛效果的比较: meta 分析 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2019, 39(11): 1326-1329.
- [27] WEINTRAUD M, MARHOFER P, BÖSENBERG A, et al. Ilioinguinal/iliohypogastric blocks in children: where do we administer the local anesthetic without direct visualization? [J]. *Anesth Analg*, 2008, 106(1): 89-93.
- [28] BORTOLATO A, ORI C, FREO U. Transient abdominal motor block after a transversus abdominis plane block in an elderly patient [J]. *Can J Anaesth*, 2015, 62(7): 837-838.
- [29] SHIROZU K, KURAMOTO S, KIDO S, et al. Hematoma after transversus abdominis plane block in a patient with HELLP syndrome [J]. *A A Case Rep*, 2017, 8(10): 257-260.

(收稿日期: 2020-12-30 修回日期: 2021-04-01)

(上接第 3040 页)

- [41] PAUNICKA K J, MELLON J, ROBERTSON D, et al. Severing corneal nerves in one eye induces sympathetic loss of immune privilege and promotes rejection of future corneal allografts placed in either eye [J]. *Am J Transplant*, 2015, 15(6): 1490-1501.
- [42] GUZMÁN M, MIGLIO M S, ZGAJNAR N R, et al. The mucosal surfaces of both eyes are immunologically linked by a neurogenic inflammatory reflex involving TRPV1 and substance P [J]. *Mucosal Immunol*, 2018, 11(5): 1441-1453.

(收稿日期: 2020-12-18 修回日期: 2021-03-08)