

· 综述 ·

椎旁神经阻滞用于心胸外科手术研究进展

张涛元 张慧 侯丽宏 陈敏 雷翀

椎旁神经阻滞(paravertebral blockade, PVB)是通过将局麻药注射到椎旁间隙脊神经穿过椎间孔形成的脊髓外神经周围,阻滞躯体感觉和运动神经的传导,以减轻胸腹部手术引起疼痛的技术。连续 PVB 是通过置管,利用神经阻滞泵给药,从而实现持续神经阻滞。PVB 可以实施单侧和双侧阻滞,单侧 PVB 可以避免对侧交感神经阻滞,减少低血压发生,维持循环稳定^[1];双侧 PVB 虽然需要相对大剂量的局麻药,但未见局麻药中毒的相关报道^[2]。有研究显示,胸部手术后 PVB 镇痛效果与硬膜外麻醉(thoracic epidural analgesia, TEA)相当,且不良反应更少^[3]。本篇综述系统介绍 PVB 技术的历史、现状和应用前景,侧重于其在心胸外科手术中的研究进展,以指导临床应用。

椎旁间隙是脊椎两侧的楔形空隙,其前面和侧面是壁层胸膜,后面是肋横突韧带,内侧是后外侧椎体和椎间盘,脊神经由椎间孔穿出在此处形成椎旁神经^[1]。其胸椎椎体和肋骨关节结构见图 1^[4]。

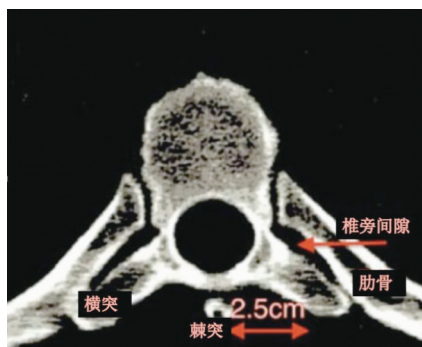


图 1 胸椎椎体和肋骨关节结构

T₁—T₁₂ 胸椎都存在椎旁间隙,内含脂肪组织和脊神经穿出椎间孔后的神经丛,延续成肋间神经。与肋间神经伴行的有肋间血管,交感神经的背支、交通支和干支,椎旁神经束缺少神经鞘膜和束膜,对局麻药比较敏感^[1,5]。放射和尸检研究发现,局麻药通过硬膜外或椎体前方渗透到相邻椎旁间隙,证实单点注射麻醉镇痛药可渗透到其他间隙,实现多个节段阻滞效果^[5]。

PVB 技术与心胸外科手术

1905 年, Sellheim 在腹部手术麻醉中首次引入 PVB, 效果确切,其后 Sellheim 和 Lawen 通过椎旁间隙注射局麻药,研究其对胸部手术的麻醉镇痛作用。1979 年, Eason 等^[6] 提出连续胸 PVB 的概念。从 PVB 首次应用于腹部手术开始,该技术被逐渐应用于肝叶切除、开腹胆囊切除等肝胆外科手术、门诊腹股沟疝修补术、肺癌和侧切口二尖瓣置换术等开胸手术中。

开胸手术主要包括胸外科和心外科手术。胸外科手术主要有肺叶切除术、肺大泡切除术以及肺癌根治术等,手术入路常规选择肋间切口。肋间神经分布广泛,术后疼痛程度重,过去以静脉自控镇痛和 TEA 镇痛为主^[7]。心外科手术主要有瓣膜置换术、房室缺修补术、冠脉架桥术、全主动脉弓置换术以及先天性心脏病手术等,常规采用正中开胸,神经分布少,术后疼痛程度轻,非甾体类药物单次镇痛多能达到理想效果,但破坏胸骨正常结构,患者术后恢复慢。伴随微创理念的普及,针对主动脉瓣和二尖瓣置换等手术的肋间小切口手术开始出现,具有创伤小、恢复快、不破坏胸骨正常解剖结构等特点,但患者疼痛程度比正中开胸大,若术后镇痛不完善,恢复效果不理想。不同于胸外科手术的肋间切口,心外科手术需要心肺转流辅助,其引起的全身应激反应以及内环境紊乱,更加重肋间切口的疼痛程度,严重影响手术效果和预后。连续 PVB 针对心胸外科肋间切口手术的麻醉和镇痛,已有文献显示其镇痛完善、并发症少、改善预后^[8]。目前, PVB 已成为成人心胸外科手术重要的麻醉与镇痛技术。

近些年, PVB 技术有了革命性进步。Richardson 等^[9] 描述连续 PVB 及双侧 PVB 在胸外科手术中的应用,并提出该技术可明显改善肺癌等肋间切口手术导致的肺功能降低,抑制机体应激反应以改善预后。与阿片类镇痛药静脉自控镇痛技术比较,连续 PVB 能更好地改善肺功能,并抑制应激反应^[5]。Coveney 等^[10] 发现 PVB 用于肺癌手术麻醉镇痛能有效降低疼痛评分,减少麻醉药用量,降低术后恶心呕吐发生率。Karmakar 等^[11-12] 在婴幼儿胸科手术关胸前使用布比卡因进行 PVB,减轻患儿术后疼痛,证实连续 PVB 在此类患者中的安全性和有效性。

PVB 操作技术现状

目前 PVB 操作技术有经典的解剖定位法、神经刺激仪辅助法、超声引导法以及切开直视法等。经典的 PVB 技术通过体表标志定位完成,其失败率为 10%^[13],应用神经刺激

DOI: 10.12089/jca.2018.10.020

基金项目:国家自然科学基金(81370011)

作者单位:710032 西安市,第四军医大学第一附属医院麻醉与围术期医学科

通信作者:雷翀, Email:crystalleichong@126.com

仪辅助后失败率降至 6%^[14]。超声引导、切开直视等技术的运用,显著提高 PVB 的实用性和安全性^[1]。

经典的解剖定位操作技术具体流程如下^[6]: 无菌条件下,选用 22 G 穿刺针在离棘突 2.5 cm 处垂直刺入直到碰到骨性结构,针头转向头侧越过此点继续进针不超过 1 cm,如有突破感,则是穿过肋横突韧带到达椎旁间隙后侧,此时注入利多卡因等局麻药,然后选择置管与否。另有文献指出,头侧转向后进针 1.5~2.0 cm 才有突破感^[14]。无论何种说法,转向后继续进针 1~2 cm,如无突破感,继续进针可能造成气胸^[15]。

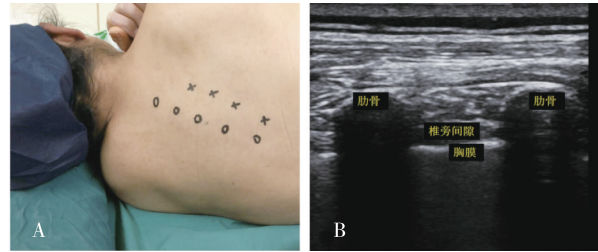
皮肤距离椎旁间隙平均 5.5 cm,需要实施多个平面阻滞时,可以在各个平面分别穿刺,或在单个间隙增加局麻药物用量,利用椎旁间隙相通的特性,使药物向其他平面扩散^[16]。Kaya 等^[17]对比 T₆ 间隙单次大剂量和多个间隙(T₄—T₈)小剂量两种给药方案,未发现胸腔镜手术后镇痛效果有明显区别。

Naja 等^[18]研究指出,用神经刺激仪可观察到患儿相应胸椎平面的肌肉抽搐,使用其辅助 PVB 未发生相关并发症;而成人肌肉抽搐不明显,并发症较多,阻滞失败率为 6.1%。将神经刺激仪调至电流 0.4~0.6 mA,电压 9 V,频率 1 Hz,逐步进入解剖位置,当出现连续性肋间肌肉收缩时注入布比卡因可将镇痛作用延长至 23 h^[19]。针对门诊胸腹部慢性疼痛综合征患者,神经刺激仪辅助法优势明显,患者治愈率高,复发率低^[20]。

2009 年,有研究将超声技术引入 PVB,成功实现肺癌等胸部手术 PVB 的可视化技术,提高 PVB 的成功率,降低相关并发症的发生率^[16,21]。超声技术使穿刺不受体位和平面限制,可选择平面内或平面外进针法。这两种方法均可测出皮肤距椎旁间隙深度,也可实时观察局麻药注入过程,提高穿刺成功率。

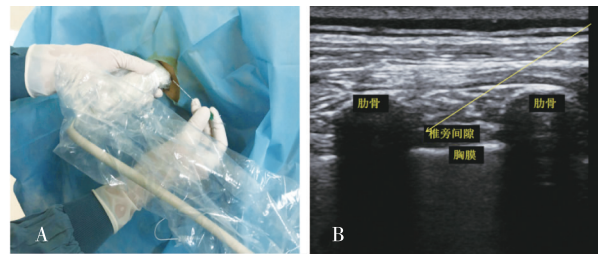
超声的平面内进针法有矢状位、轴向位两种进针方式。矢状位时,超声探头在棘突旁开 2.5 cm 处平行于脊柱、垂直于皮肤放置,分辨从上到下的横突间韧带、肋横突韧带、椎旁间隙、胸膜和肺组织(图 2)。头向进针依次穿过横突间韧带、肋横突韧带到达椎旁间隙,针道是强回声影像,在椎旁肌深处(图 3)。到达位置后回抽无血,注入 3 ml 试验剂量局麻药,若超声下观察到胸膜下移,椎旁间隙变大,说明位置正确^[22]。进针过程中将超声探头稍微倾斜,可以避开骨性结构遮挡,获得更好的视野。轴向位时,将探头紧贴所选节段的棘突呈轴面横向放置以获得图像,进针从外侧斜行向内侧进针。这种进针方式骨性结构遮挡少,能准确显影针道、定位针尖,但受进针角度影响可能进入硬膜外或者脊神经鞘膜内,导致鞘膜损伤以及全脊麻发生,研究显示其硬膜外药物扩散的概率升高 70%^[23]。

平面外进针也有矢状位、轴向位两种方式。矢状位时,超声探头放置同平面内进针法,确定间隙深度和胸膜位置,确保针尖一直在探头平面内,进针过程碰到骨性结构后针尖朝头侧调整角度继续进针。遇到突破感进入椎旁间隙后,注



注:A,侧卧体表标记;B,矢状位超声影像

图 2 超声矢状位组织层次



注:A,侧卧体表标记;B,矢状位针道和椎旁间隙影像

图 3 超声矢状位进针途径

入局麻药观察间隙变化。轴向位时,将探头紧贴所选平面的棘突呈轴面横向放置以获得图像,进针在平面外,过程同上述解剖学定位法,据报道这种操作的成功率高、并发症少^[16]。

切开直视法是在外科手术时直视下埋入导管进行连续 PVB,是心胸外科手术简单、安全、有效的镇痛方法^[1,24]。综述分析显示,胸科手术开胸直视下放置导管实行术中、术后连续 PVB,其镇痛效果不弱于硬膜外麻醉^[25],但尚需要前瞻性随机对照研究进一步验证。

PVB 用于心胸外科手术的 药物选择和注射剂量

Kotzé 等^[26]分析 25 篇随机临床试验研究结果,总结局麻药物选择、局麻药剂量、辅助药物选择以及不同操作技术对 PVB 镇痛效果的影响,发现连续性 PVB 用于心胸外科手术的术后镇痛中,48 h 内药物剂量越大、持续泵注时间越长,则疼痛评分越低,可将疼痛发生率降低 50%。

单次 PVB 10 ml 药物可以阻滞 5 个胸椎节段,或每个节段 2 ml,连续多个节段分别阻滞,均可达到理想镇痛效果^[27]。多个节段分别阻滞的效果优于单个一个节段,但是穿破胸膜、气胸等并发症发生率也可能加倍^[26]。在保证安全有效的前提下,应根据临床需求选择采用哪种阻滞方式。Karmakar 等^[1]根据药效药代动力学,推荐成人和儿童常规使用利多卡因和布比卡因。利多卡因的推荐泵注速度是 0.1 ml · kg⁻¹ · h⁻¹,布比卡因和罗哌卡因的剂量没有定论,但据 Kotzé 等^[26]调查尚无局麻药中毒的报道。目前对连续 PVB 使用的药物和剂量尚无共识。

PVB 相关辅助用药的报道较少,缺少系统性研究。

2015 年 Kirksey 等^[25]在回顾性研究中指出,丁丙诺啡、可乐定、地塞米松、硫酸镁以及右美托咪定均可延长局麻药的外周神经阻滞时间。但鲜有这些药物应用于 PVB 的安全性和有效性研究。有研究显示,加入阿片类药物未明显改善镇痛效果,而可乐定则明显延长镇痛时间、提高镇痛效果^[26]。右美托咪定是一种高选择性 α_2 受体激动药,其亲和力是可乐定的 7 倍,其应用于 PVB 的前景应更乐观,亟待进一步研究。

PVB 相关并发症

硬膜外技术曾广泛用于成人心胸外科手术麻醉和术后镇痛。但可导致低血压、呼吸抑制、阻滞失败、脊神经损伤等并发症的发生。PVB 由于具有相似的麻醉镇痛效果和更小的不良反应而备受青睐。

单侧 PVB 和连续 PVB 对循环的影响很小,患者很少出现低血压,血流动力学稳定^[1]。Meta 分析显示,单侧 PVB 与 TEA 相比具有更好的阻滞效果和更少的并发症,PVB 很少引起低血压、尿潴留以及恶心呕吐^[28]。Richardson 等^[5]综述分析 12 篇研究结果显示,538 例心胸外科手术患者行双侧 PVB 效果良好、并发症少,无严重不良事件,气胸发生率为 0.5%。Lönnqvist 等^[29]和 Naja 等^[13]分别对行胸部和腰部手术采用经典解剖定位技术完成 PVB 的并发症发生率进行了统计,显示单侧 PVB 操作中胸膜穿破的概率为 0.8%~1.1%,形成气胸的概率为 0.2%~0.5%。Hill 等^[30]对 1 000 例患者按解剖定位进行 PVB 阻滞的过程中,无一例发生气胸,其操作要点是改变进针方向继续进针的深度不超过 1 cm。

Lönnqvist 等^[29]报道 PVB 的整体失败率为 6.8%~10.0%,而 TEA 失败率为 1%~30%。应用不同技术实施 PVB 的失败率不同,解剖定位法为 4.5%^[10],神经刺激法为 6.1%^[13],超声引导法低至 2.9%^[22],整体失败率低于 TEA^[31]。阻滞失败的主要原因是操作者的置管经验不足和阻滞管术后移位^[31],超声引导技术可显著提高成功率。相比 TEA 等镇痛方法,PVB 可减轻疼痛、增加吸氧量、降低吸气峰流速,改善肺功能指标,改善预后,但不能预防肺部并发症发生^[32]。D'Ercole 等^[4]综述提示,PVB 和 TEA 术后肺部感染的发生率差异无统计学意义。

神经损伤在 PVB 中很少发生,Hill 等^[30]采用体表标志法对 1 000 例肺癌手术患者实施连续 PVB,未发生神经系统并发症。但有报道在颈椎、胸椎和腰椎实施 PVB 时发生严重神经系统并发症,如全脊麻、截瘫、四肢瘫甚至死亡^[33]。实施 PVB 阻滞的患者产生硬膜外或者脊髓麻醉的发生率约为 1.1%^[13]。PVB 后的鞘膜内注射、脊髓麻醉、体位性头痛,多由进针时针尖穿过椎间孔导致^[1]。椎旁间隙血管丰富,对局麻药吸收迅速,但尚无局麻药中毒报道^[5]。

PVB 在心胸外科术后慢性疼痛综合征 (post-thoracotomy pain syndrome, PTPS) 中的应用

心胸手术后慢性疼痛发病机制复杂、诱发因素多,主要

来于肋间神经损伤,包括手术损伤、肋骨骨折、引流管刺激以及手术过程中的牵拉等操作。肋间神经损伤后,引起炎症反应、产生炎症介质(如缓激肽、组胺、肿瘤坏死因子等),经外周神经传到中枢神经系统,产生神经痛^[34]。如不及时控制,可形成慢性疼痛,成为胸部 PTPS。PTPS 在胸部开胸手术中的发生率为 25%~60%^[34],胸腔镜手术中也有相关报道,发生率约为 50%^[35]。Richardson 等^[5]指出 PVB 能够阻止交感神经链中的传入神经,阻止其对痛觉的传入,对急性术后疼痛的镇痛效果确切,亦可用 PVB 治疗术后神经病理性痛、胸肌筋膜痛^[36],但具体机制尚待证实。

小 结

PVB 技术早期使用因并发症多,临床应用受限。神经刺激、超声等技术涌现后,PVB 操作成功率提高,并发症发生率降低,现已成为心胸外科手术后的主要镇痛方式。

PVB 麻醉镇痛相对安全,但也可能造成气胸、神经损伤、全脊麻等严重不良反应,有经验的操作者能降低不良反应的发生率。超声引导下 PVB 技术效果确切、优势明显,并发症减少、成功率提高。可实时指导穿刺针行进,观察局麻药的扩散,确保镇痛效果。超声引导下 PVB 针对解剖异常、二次手术、服用抗凝药物或凝血功能异常患者,优势更加明显。

心胸外科临床应用中就 PVB 优化给药方案、适应症的选择和如何减少并发症的发生尚需要更多循证医学证据。总体而言,使用 PVB 对心胸外科手术患者实施麻醉镇痛安全性与有效性尚可,可降低围术期不良反应发生率,提高患者的满意度,值得在临床实践中推广应用。

参 考 文 献

- [1] Karmakar MK. Thoracic paravertebral block. *Anesthesiology*, 2001, 95(3): 771-780.
- [2] Liu F, Zhang H, Zuo Y. Bilateral thoracic Paravertebral block for immediate postoperative pain relief in the PACU: a prospective, observational study. *BMC Anesthesiol*, 2017, 17(1): 89.
- [3] Singh S, Jacob M, Hasnain S, et al. Comparison between continuous thoracic epidural block and continuous thoracic paravertebral block in the management of thoracic trauma. *Med J Armed Forces India*, 2017, 73(2): 146-151.
- [4] D'Ercole F, Arora H, Kumar PA. Paravertebral Block for Thoracic Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, 32(2): 915-927.
- [5] Richardson J, Lönnqvist PA, Naja Z. Bilateral thoracic paravertebral block: potential and practice. *Br J Anaesth*, 2011, 106(2): 164-171.
- [6] Eason MJ, Wyatt R. Paravertebral thoracic block—a reappraisal. *Anaesthesia*, 1979, 34(7): 638-642.
- [7] Joshi GP, Bonnet F, Shah R, et al. A systematic review of randomized trials evaluating regional techniques for postthoracotomy

- analgesia. *Anesth Analg*, 2008, 107(3): 1026-1040.
- [8] Yamauchi Y, Isaka M, Ando K, et al. Continuous paravertebral block using a thoracoscopic catheter-insertion technique for postoperative pain after thoracotomy: a retrospective case-control study. *J Cardiothorac Surg*, 2017, 12(1): 5.
- [9] Richardson J, Sabanathan S. Thoracic paravertebral analgesia. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1995, 39(8): 1005-1015.
- [10] Coveney E, Weltz CR, Greengrass R, et al. Use of paravertebral block anesthesia in the surgical management of breast cancer: experience in 156 cases. *Ann Surg*, 1998, 227(4): 496-501.
- [11] Karmakar MM, Critchley L. Continuous extrapleural intercostal nerve block for post thoracotomy analgesia in children. *Anaesth Intensive Care*, 1998, 26(1): 115-116.
- [12] Karmakar MK, Booker PD, Franks R, et al. Continuous extrapleural paravertebral infusion of bupivacaine for post-thoracotomy analgesia in young infants. *Br J Anaesth*, 1996, 76(6): 811-815.
- [13] Naja Z, Lönnqvist PA. Somatic paravertebral nerve blockade. Incidence of failed block and complications. *Anaesthesia*, 2001, 56(12): 1184-1188.
- [14] Richardson J, Cheema SP, Hawkins J, et al. Thoracic paravertebral space location. A new method using pressure measurement. *Anaesthesia*, 1996, 51(2): 137-139.
- [15] Pérez-González O, Cuéllar-Guzmán LF, Soliz J, et al. Impact of regional anesthesia on recurrence, metastasis, and immune response in breast cancer surgery: a systematic review of the literature. *Reg Anesth Pain Med*, 2017, 42(6): 751-756.
- [16] Hara K, Sakura S, Nomura T, et al. Ultrasound guided thoracic paravertebral block in breast surgery. *Anaesthesia*, 2009, 64(2): 223-225.
- [17] Kaya FN, Turker G, Mogol EB, et al. Thoracic paravertebral block for video-assisted thoracoscopic surgery: single injection versus multiple injections. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2012, 26(1): 90-94.
- [18] Naja ZM, Raf M, El Rajab M, et al. Nerve stimulator-guided paravertebral blockade combined with sevoflurane sedation versus general anesthesia with systemic analgesia for postthoracotomy pain relief in children: a prospective randomized trial. *Anesthesiology*, 2005, 103(3): 600-605.
- [19] Greengrass R, O'Brien F, Lyerly K, et al. Paravertebral block for breast cancer surgery. *Can J Anaesth*, 1996, 43(8): 858-861.
- [20] Naja ZM, Al-Tannir MA, Zeidan A, et al. Nerve stimulator-guided repetitive paravertebral block for thoracic myofascial pain syndrome. *Pain Pract*, 2007, 7(4): 348-351.
- [21] Shibata Y, Nishiwaki K. Ultrasound-guided intercostal approach to thoracic paravertebral block. *Anesth Analg*, 2009, 109(3): 996-997.
- [22] Luyet C, Eichenberger U, Greif R, et al. Ultrasound-guided paravertebral puncture and placement of catheters in human cadavers; an imaging study. *Br J Anaesth*, 2009, 102(4): 534-539.
- [23] Purcell-Jones G, Pither CE, Justins DM. Paravertebral somatic nerve block: a clinical, radiographic, and computed tomographic study in chronic pain patients. *Anesth Analg*, 1989, 68(1): 32-39.
- [24] Sabanathan S, Smith PJ, Pradhan GN, et al. Continuous intercostal nerve block for pain relief after thoracotomy. *Ann Thorac Surg*, 1988, 46(4): 425-426.
- [25] Kirksey MA, Haskins SC, Cheng J, et al. Local anesthetic peripheral nerve block adjuvants for prolongation of analgesia: a systematic qualitative review. *PLoS One*, 2015, 10(9): e137312.
- [26] Kotzé A, Scally A, Howell S. Efficacy and safety of different techniques of paravertebral block for analgesia after thoracotomy: a systematic review and meta-regression. *Br J Anaesth*, 2009, 103(5): 626-636.
- [27] Saito T, Den S, Cheema SP, et al. A single-injection, multi-segmental paravertebral block-extension of somatosensory and sympathetic block in volunteers. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2001, 45(1): 30-33.
- [28] Ding X, Jin S, Niu X, et al. A comparison of the analgesia efficacy and side effects of paravertebral compared with epidural blockade for thoracotomy: an updated meta-analysis. *PLoS One*, 2014, 9(5): e96233.
- [29] Lönnqvist PA, MacKenzie J, Soni AK, et al. Paravertebral blockade. Failure rate and complications. *Anaesthesia*, 1995, 50(9): 813-815.
- [30] Hill RP, Greengrass R. Pulmonary haemorrhage after percutaneous paravertebral block. *Br J Anaesth*, 2000, 84(3): 423-424.
- [31] Davies RG, Myles PS, Graham JM. A comparison of the analgesic efficacy and side-effects of paravertebral vs epidural blockade for thoracotomy—a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Br J Anaesth*, 2006, 96(4): 418-426.
- [32] Yeung JH, Gates S, Naidu BV, et al. Paravertebral block versus thoracic epidural for patients undergoing thoracotomy. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 2: CD009121.
- [33] Boezaart AP, Lucas SD, Elliott CE. Paravertebral block: cervical, thoracic, lumbar, and sacral. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2009, 22(5): 637-643.
- [34] Wildgaard K, Ravn J, Kehlet H. Chronic post-thoracotomy pain: a critical review of pathogenic mechanisms and strategies for prevention. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2009, 36(1): 170-180.
- [35] Kaplowitz J, Papadakos PJ. Acute pain management for video-assisted thoracoscopic surgery: an update. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2012, 26(2): 312-321.
- [36] Heesen M, Klimek M, Rossaint R, et al. Paravertebral block and persistent postoperative pain after breast surgery: meta-analysis and trial sequential analysis. *Anaesthesia*, 2016, 71(12): 1471-1481.