

· 综述 ·

文章编号: 2095-9958(2019)02-0145-05

DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2019.02.14

脊柱外科手术后预防静脉血栓栓塞症的共识与争议

周云灿 余可谊* 张恒岩

(中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院骨科,北京 100730)

【摘要】 静脉血栓栓塞症包括深静脉血栓和肺栓塞,是脊柱外科手术后不容忽视的并发症。其预防措施包括基本预防、物理预防、药物预防及下腔静脉滤器置入。但目前并没有系统的预防指南指导临床工作。考虑到药物预防可能增加术后出血性并发症的风险,诸多学者对其使用的必要性及安全性存在争议。本文对目前脊柱术后预防静脉血栓栓塞症存在的共识和争议做一综述,旨在平衡患者的获益与风险,寻找最优方案。

【关键词】 脊柱外科;静脉血栓栓塞症;深静脉血栓;肺栓塞;预防

Consensus and controversy on prophylaxis of venous thromboembolism after spinal surgery

ZHOU Yuncan, YU Keyi*, ZHANG Hengyan

(Department of Orthopedics, Peking Union Medical College Hospital, PUMC & CAMS, Beijing 100730, China)

【Abstract】 Venous thromboembolism includes deep venous thrombosis and pulmonary thromboembolism, which cannot be ignored after spinal surgery. Prevention of venous thromboembolism includes basic prophylaxis, physical prophylaxis, medical prophylaxis and inferior vena cava filter. However, there is no systematic clinical guideline for prophylaxis. Considering for the potential risk of bleeding complications resulting from medical prophylaxis, scholars have different views on the necessity and safety of using it. This review will give a comprehensive introduction of consensus and controversy, to balance patients' benefits and risks and try to find an optimal method to prevent venous thromboembolism.

【Key words】 Spinal Surgery; Venous Thromboembolism; Deep Venous Thrombosis; Pulmonary Thromboembolism; Prophylaxis; Consensus and Controversy

静脉血栓栓塞症(venous thromboembolism, VTE)是骨科手术比较常见的并发症,包括深静脉血栓(deep venous thrombosis, DVT)与肺栓塞(pulmonary embolism, PE),其中PE预见性差、误诊率高,是患者围术期死亡的主要原因之一,也是医院内非预期死亡的重要原因^[1]。目前,广大学者已经对骨科大手术应给予规范化的VTE预防措施达成了共识,并按照循证医学依据制定了相关指南,即中华医学会骨科分会于2009年制定的《中国骨科大手术静脉血栓栓塞症预防指南》^[2],并在2016年对指南进行了再版,就骨科大手术术后VTE给出规范化的预防措施^[3]。

关于术后VTE的发生,Glottzbecker等^[4]系统分析了25篇文献,由于患者的人群差异及检测方法的不同,文献报道脊柱外科手术后DVT发生率为0.3%~31%,而经过数据汇总后DVT发生率达到2.1%,尽管低于下肢人工关节置换术后DVT发生率^[5],但仍不容忽视。此外,Schizas等^[6]对接受脊柱外科手术的270例患者进行前瞻性队列研究,在使用了物理预防或药物预防的前提下,术后PE的发生率仍可达2.2%,

PE的发生严重影响患者的生存,同样需要临床医师保持高度警惕。

脊柱术后VTE的预防包括基本预防、物理预防、药物预防和下腔静脉滤器置入等措施,但北美脊柱外科协会(North American Spine Society, NASS)循证临床指南在报告中提到,目前并没有系统化、规范化的脊柱外科手术后VTE预防指南用于指导临床^[7]。由于脊柱外科手术后使用抗血栓药物可能会增加术后发生硬膜外血肿的概率,药物预防VTE的必要性和安全性也一直颇具争议。

1 脊柱外科手术后VTE危险因素

静脉血栓形成主要包括三方面因素:静脉内膜损伤、静脉血流淤滞以及高凝状态。凡涉及以上因素的临床情况均可增加静脉血栓形成风险^[8]。

有学者指出,脊柱外科手术后VTE的发生有其独特原因:①术中俯卧位增加腹压,术中刺激植物神经导致血管收缩,腹、盆腔静脉回流受阻,血流变缓;②前路手术中牵拉胸腹腔大血管,导致血管壁损伤;③手术本身导致血液成分改变,表现为高凝状态。

下列为脊柱外科手术后VTE发生的重要危险因素

*通信作者:余可谊, E-mail: yukeyi009@126.com

素,包括脊髓损伤、合并髌部或腿部骨折、多发伤、脊柱肿瘤、手术时间较长^[8]、既往静脉血栓病史、雌激素替代治疗^[9]或口服避孕药、长时间制动、合并基础病(高血压、糖尿病、冠心病等)、高龄、肥胖等。此外,特定手术方式是否会增加血栓形成风险仍存在争议,Schoenfeld等^[8]、Kim等^[10]及McClendon等^[11]均发现,特定的手术方式(前入路、后入路、经皮等)与脊柱外科手术术后VTE的发生没有必然联系。而Schizas等^[6]的研究表明,PE的发生率在脊柱前入路手术或同时涉及到胸腰椎的手术中发生率较高。以上研究结果的不同可能与样本的规模及试验方式有关,仍需进一步研究证实。

根据以上因素,临床医师需评估脊柱外科手术术后血栓形成的风险,评估方法包括:Caprini血栓危险因素评估^[12]、Padua评分、Davison评分、Autar评分等。其中,Caprini风险评估是基于临床经验和循证医学证据设计的一个有效且简单可行、经济实用的VTE风险预测工具,临床上最为常用。Caprini风险评估的VTE危险因素评分分为1、2、3、5分项,每分项评分可累加(表1)。根据Caprini评分情况分为低危、中危、高危和极高危4个等级(表2)^[3]。临床应用时,应权衡抗凝与出血风险后进行个体化预防。

2 脊柱外科手术后的VTE预防

2.1 基本预防

脊柱外科手术后的VTE基本预防措施除了没有使用止血带,其他与指南中的骨科大手术相同^[2],包括:①围手术期适度补液,避免血液浓缩;②手术操作规范,减少静脉内膜损伤;③术后抬高患肢,促进静脉回流;④注重预防静脉血栓知识宣教,指导早期康复锻炼。

2.2 物理预防

物理预防包括下肢机械性加压装置,如气动加压靴、足底静脉泵、梯度压力弹力袜等,建议用于脊柱择期手术,促使下肢静脉血液回流,以减少下肢血栓并发症的概率。北美脊柱外科学会2009年制定的循证临床指南中指出,尽管目前对于物理预防的应用时机和持续时间的临床证据有限,但从术前或手术时开始物理预防,直至患者完全恢复行走能力时停止使用是合理的^[7]。

Akeda等^[13]的一项前瞻性研究探究了间歇充气加压装置(pneumatic sequential compression device, PSCD)和弹力袜(compression stockings, CS)对于脊柱外科手术术后血栓形成的影响,选取了2006年至2011年接受脊柱外科手术的209例患者,均同时给予

表1 Caprini血栓危险因素评估表

A1(每个危险因素1分)	B(每个危险因素2分)
<ul style="list-style-type: none"> • 年龄40~59岁 • 计划小手术 • 近期大手术 • 肥胖(BMI>30 kg/m²) • 卧床的内科患者 • 炎症性肠病史 • 下肢水肿 • 静脉曲张 • 严重的肺部疾病,含肺炎(1个月内) • 肺功能异常(慢性阻塞性肺病) • 急性心肌梗死(1个月内) • 充血性心力衰竭(1个月内) • 败血症(1个月内) • 输血(1个月内) • 下肢石膏或支具固定 • 中心静脉置管 • 其他高危因素 	<ul style="list-style-type: none"> • 年龄60~74岁 • 大手术(<60 min)[△] • 腹腔镜手术(>60 min)[△] • 关节镜手术(>60 min)[△] • 既往恶性肿瘤 • 肥胖(BMI>40 kg/m²)
	C(每个危险因素3分)
	<ul style="list-style-type: none"> • 年龄≥75岁 • 大手术持续2~3 h[△] • 肥胖(BMI>50 kg/m²) • 浅静脉、深静脉血栓或肺栓塞史 • 血栓家族史 • 现患恶性肿瘤或化疗 • 肝素引起的小血小板减少 • 未列出的先天或后天血栓形成 • 抗磷脂抗体阳性 • 凝血酶原20210A阳性 • 因子VLeiden阳性 • 狼疮抗凝物阳性 • 血清同型半胱氨酸升高
A2 仅针对女性(每个危险因素1分)	D(每个危险因素5分)
<ul style="list-style-type: none"> • 口服避孕药或激素替代治疗 • 妊娠期或产后(1个月) • 原因不明的死胎史,复发性自然流产(≥3次),由于毒血症或发育受限原因早产 	<ul style="list-style-type: none"> • 脑卒中(1个月内) • 急性脊髓损伤(瘫痪)(1个月内) • 选择性下肢关节置换术 • 髌关节、骨盆或下肢骨折 • 多发性创伤(1个月内) • 大手术(超过3 h)[△]
危险因素总评分	

注:△只能选择1个手术因素

表2 Caprini危险程度分级

危险因素总分	DVT发生风险	风险等级
0~1	<10%	低危
2	10%~20%	中危
3~4	20%~40%	高危
≥5	40%~80%, 1%~5%死亡率	极高危

PSCD和CS进行术后血栓的初级预防,术后共有14例(6.7%)出现新发VTE,其中12例(5.9%)出现远端DVT。随访表明,在未加用抗凝药物,仅采用物理预防的条件下,该12例术后新发远端DVT均完全消失,且均未发生近端DVT及PE,表明同时使用PSCD和CS可有效减少血栓并发症,降低因VTE导致严重危害的可能性。Ferree和Wright^[14]曾进一步对PSCD和CS的作用进行比较,选取185例接受腰椎手术的患者,分成CS组和PSCD组分别进行DVT的预防,结果显示PSCD组的DVT发生率低于CS组,结果有显著性差异,故推荐使用PSCD进行脊柱外科手术后的血

栓预防。综上,PSCD和CS可有效预防脊柱外科手术后DVT的发生,也进一步减少了栓子脱落造成的继发性PE,是不可或缺的预防手段。

2.3 药物预防

临床上常见的预防性抗血栓药物包括普通肝素(unfractionated heparin, UH)和低分子肝素(low-molecular-weight heparin, LMWH)。和UH相比,由于LMWH在皮下能被更好地吸收、剂量反应更可预测、半衰期更长、出血风险更小^[15-18],因此临床上最常用的抗血栓药物为LMWH,如依诺肝素、达肝素钠、那曲肝素等。考虑到抗血栓药物可能会增加术后出血的风险,其使用的必要性及安全性一直颇具争议。以下主要就预防性使用LMWH的有效性、用药时机及持续时间、可能存在的并发症等方面加以论述。

2.3.1 药物预防的有效性:抗血栓药物在预防脊柱外科手术后VTE形成方面可发挥一定的作用。Moayer等^[19]选取2004年12月至2005年7月接受脊柱手术的120例患者,所有患者均于术后第1天接受达肝素钠5000 U皮下注射,只有1例术后3个月之内发生DVT。这意味着LMWH的使用将DVT的发生率降低至0.83%(1/120),证实了其在脊柱外科手术后预防血栓形成的有效性。Zhi-jian等^[20]也得到了相同的结论。Guo等^[21]发现,在接受后入路腰椎手术的患者中,阿加曲班和LMWH可起到相同的预防VTE的作用。

2.3.2 药物的使用时机、用量、持续时间及安全性:虽然已有诸多研究证实某些药物可有效降低脊柱外科手术后VTE的发生率^[19-21],且据文献报道,脊柱外科手术后联合使用LMWH及物理预防比单纯物理预防更有效^[22]。但不少学者认为,药物预防可能会增加术后出血的风险,如硬膜外及表浅血肿、伤口持续渗血等。其中硬膜外血肿会压迫脊髓,若处理不及时可能导致不可逆的脊髓损伤,最终弊大于利。因此合理进行药物预防尤为重要,即如何在预防术后VTE和尽可能减少并发症之间达到适度平衡,使患者从中获益,目前仍存在争议。2009年NASS制定的临床指南对于何时开始LMWH预防仍没有确切的标准,但已有IV级证据表明,在手术当日开始使用LMWH是安全的^[7],但指南并未明确预防性用药时机及具体用量。

Strom和Frempong-Boadu^[23]对用药时机进行了一项回顾性队列研究,选取2007年至2011年因脊柱退行性病变接受减压性椎板切除术的367例患者。在持续使用PSCD进行物理预防的前提下,所有患者均

于术后24~36 h之内开始预防性全量给予依诺肝素,即肾功能正常的患者给予每日4000 U,肌酐清除率<30 ml/min的患者给予每日3000 U直至出院。结果显示术后3年内,患者PE的发病率为1.1%,且没有患者出现硬膜外血肿、表浅血肿及持续伤口渗血。与文献汇总得出的脊柱外科手术后VTE的发生率相比,该研究证明术后24~36 h开始预防性全量给予LMWH是安全有效的。

另一方面,更多学者对于术后24 h之内开始预防性给药进行临床研究。Schizas等^[6]、Zhi-jian等^[20]及Guo等^[21]对脊柱术后患者进行队列研究,入组患者均于术后6~8 h之内预防性给予LMWH,方案为术后1~3 d给药约每日2000 U,而后加量至每日4000 U,直到患者完全恢复行动能力(约7~14 d)或出院为止。以上研究结果显示,术后患者DVT、PE、硬膜外血肿、表浅血肿、切口出血的发生率均处于较低水平,分别为0~1.4%、0~2.2%、0~0.7%、0~0.35%和0~0.71%。Gerlach等^[24]和Moayer等^[19]的研究同样证明,术后24 h之内预防性使用LMWH可降低DVT的发生率且出血风险较低。

综上,术后预防性使用LMWH可在一定程度上减少VTE的发生,同时也不会导致较高的术后出血风险,是相对安全而有效的。目前应用最多的方案为物理预防联合药物预防,即在使用PSCD或CS的前提下,术后6~8 h开始预防性给予LMWH,先从小剂量/半量开始,而后加至全量。上述研究尚存在一定的局限性,如样本量不足、研究未设对照组,以及可能存在的数据统计偏差等。

但也有学者认为,使用LMWH可增加术后并发症风险。Wei等^[25]进行的一项前瞻性随机对照试验,选取2009年8月至2012年12月接受腰椎手术的324例患者,于术后6~8 h开始接受LMWH每日4000 U直至术后14 d为止。结果显示,10例(3.1%)术后出现DVT,17例(5.2%)术后出现出血性并发症,其中包括1例严重胃肠道出血、2例切口外自发性血肿及4例切口出血。Morse等^[26]的一篇文献汇总中表明,应避免对脊柱术后患者进行早期全量抗凝,否则会增加术后硬膜外血肿的风险。Glotzbecker等^[27]也认为,对于已经出现PE的脊柱术后患者,使用治疗剂量的肝素抗凝会增加出血风险。也有学者认为,脊柱术后腹股沟韧带远端出现DVT并不常见,考虑到预防性用药的风险,可能弊大于利,因此不建议常规抗凝^[14,28]。

上述研究表明,目前对于脊柱术后预防性使用

LMWH 仍存在争议,未来需要更大规模的病例对照试验或队列研究继续探讨。目前已达成的共识:术后若预防性用药,需密切监测患者症状体征,力争及时发现并处理并发症,减少二次损伤。对于何时终止预防性用药,大部分临床研究均于患者完全恢复行动能力或出院时终止,指南未给出具体时间。需结合患者一般情况、行动能力、神经功能状态、有无合并症(如心脏瓣膜病、既往 DVT 病史、有支架的患者需预防支架再狭窄)等综合判断。

2.4 下腔静脉滤器置入

除了基本预防、物理预防及药物预防,下腔静脉滤器置入(inferior vena cava filter, IVCF)也是预防方式之一。

2.4.1 IVCF 的适应证:目前诸多学者认为^[11,29,30],对于术后需严格维持脊柱稳定性而无法早期下地活动、单纯物理预防效果欠佳、出血风险较高或存在药物抗凝禁忌但已高度提示合并 DVT 或具有多个 VTE 高危因素、风险分级为高危及以上者,可进一步采用 IVCF 预防 PE 发生,以降低死亡率。

2.4.2 IVCF 的有效性及安全性:Ozturk 等^[29]进行了回顾性临床研究,选取 129 例接受脊柱手术且存在上述危险因素的患者,均在术前 1 d 置入下腔静脉滤器并于术后 3 周取出。同时设置 193 名年龄、诊断和危险因素均与实验组相匹配的患者作为对照组。在实验组和对照组均给予 PSCD 和 CS 进行物理预防的前提下,观察患者术后 6 个月内 PE 的发生情况及可能存在的并发症。结果表明:对照组中 PE 的发生率为 4.2%(8/193),而实验组中 PE 的发生率为 1.5%(2/129),具有显著性差异,且未观察到 IVCF 相关并发症。上述研究证明,在具有上述危险因素的脊柱外科手术后患者中,使用 IVCF 是安全有效的。同样,

Epstein^[30]也认为,使用 IVCF 可有效降低脊柱外科手术后 PE 的发生率。但另一方面,目前研究表明,IVCF 对 DVT 的发生未起到很好的预防作用。Leon 等^[31]得出,使用 IVCF 后 DVT 的发生率为 31%(23/74)。Dazley 等^[32]也得到类似的结论,可能与研究选取样本较少、未设置对照组有关。

2.4.3 IVCF 可能存在的并发症:虽然上述研究^[29,30]未观察到明显的并发症,但下腔静脉滤器置入仍然存在不可忽视的风险。Becker 等^[33]报道了 IVCF 过程中常见问题发生率:技术难题(4.6%)、下肢肿胀(5.2%)、腔静脉阻塞(10.1%)以及患者死亡(0.12%)等。其中临床上常见的技术难题为取出滤器较困难,在 Kuklo 等^[34]及 Ozturk 等^[29]的研究中,该事件发生率分别为 4.3%(4/94)、11.6%(15/129)。此外,滤器可能发生移位,进而有穿透下腔静脉并刺入邻近器官或大血管的风险^[35],导致严重后果。考虑到患者的获益、风险及花费较高的问题,目前临床上较少使用 IVCF,并不作为预防脊柱外科手术后 VTE 的首选。

3 总结

脊柱外科手术后 VTE 预防的具体措施包括基本预防、物理预防、药物预防及下腔静脉滤器置入。目前对于基本预防及物理预防可达成共识,而对于药物预防的必要性及安全性仍存在诸多争议。对于低中危患者,可予基本预防或物理预防;对于高危或极高危患者,当下应用较多的方案为物理预防联合药物预防,即在给予物理预防的同时,术后 6~8 h 开始预防性给予 LMWH。此外,下腔静脉滤器置入可用于存在抗凝禁忌的高危或极高危患者,但出于对成本及风险的考虑,暂不将其作为预防措施的首选,仍需深入探讨。

参 考 文 献

- [1] 张建政,孙天胜,刘智,等.骨科围手术期致死性肺栓塞的特点.中华矫形外科杂志,2009,18(17):1375-1357.
- [2] 中华医学会骨科分会.中国骨科大手术静脉血栓栓塞症预防指南.中华关节外科杂志(电子版),2009,3(3):380-383.
- [3] 田伟.中国骨科大手术静脉血栓栓塞症预防指南.中华骨科杂志,2016,36(2):65-71.
- [4] Glotzbecker MP, Bono CM, Wood KB, et al. Thromboembolic disease in spinal surgery: a systematic review. Spine (Phila Pa1976), 2009, 34(3): 291-303.
- [5] Yamaguchi T, Hasegawa M, Niimi R, et al. Incidence and time course of asymptomatic deep vein thrombosis with fondaparinux in patients undergoing total joint arthroplasty. Thromb Res, 2010, 126(4): e323-326.
- [6] Schizas C, Neumayer F, Kosmopoulos V. Incidence and management of pulmonary embolism following spinal surgery occurring while under chemical thromboprophylaxis. Eur Spine J, 2008, 17(7): 970-974.
- [7] Committee NE-BGD. Evidence-based clinical guidelines for multidisciplinary spine care. Antithrombotic therapies in spine surgery. 2009, Burr Ridge, IL: North American Spine Society.
- [8] Schoenfeld AJ, Herzog JP, Dunn JC, et al. Patient-based and surgical characteristics associated with the acute develop-

- ment of deep venous thrombosis and pulmonary embolism after spine surgery. *Spine (Phila Pa1976)*, 2013, 38(21): 1892–1898.
- [9] Schulte LM, O'Brien JR, Bean MC, et al. Deep vein thrombosis and pulmonary embolism after spine surgery: incidence and patient risk factors. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 2013, 42(6): 267–270.
- [10] Kim HJ, Walcott-Sapp S, Adler RS, et al. Thromboembolic complications following spine surgery assessed with spiral CT scans: DVT/PE following spine surgery. *Hss J*, 2011, 7(1): 37–40.
- [11] McClendon J Jr, O'shaughnessy BA, Smith TR, et al. Comprehensive assessment of prophylactic preoperative inferior vena cava filters for major spinal reconstruction in adults. *Spine (Phila Pa1976)*, 2012, 37(13): 1122–1129.
- [12] Caprini JA. Risk assessment as a guide to thrombosis prophylaxis[J]. *Cur Opin Pulm Med*, 2010, 16(5): 448–452.
- [13] Akeda K, Matsunaga H, Imanishi T, et al. Prevalence and countermeasures for venous thromboembolic diseases associated with spinal surgery: a follow-up study of an institutional protocol in 209 patients. *Spine(Phila Pa1976)*, 2014, 39(10): 791–797.
- [14] Ferree BA, Wright AM. Deep venous thrombosis following posterior lumbar spinal surgery. *Spine (Phila Pa1976)*, 1993, 18(8): 1079–1082.
- [15] Puymirat É, Aissaoui N, Silvain J, et al. Comparison of bleeding complications and 3-year survival with low-molecular-weight heparin versus unfractionated heparin for acute myocardial infarction: the FAST-MI registry. *Arch Cardiovasc Dis*, 2012, 105(6–7): 347–354.
- [16] Warkentin TE, Levine MN, Hirsh J, et al. Heparin-induced thrombocytopenia in patients treated with low-molecular-weight heparin or unfractionated heparin. *N Engl J*, 1995, 332(20): 1330–1335.
- [17] Kakkar VV, Boeckl O, Boneu B, et al. Efficacy and safety of a low-molecular-weight heparin and standard unfractionated heparin for prophylaxis of postoperative venous thromboembolism: European multicenter trial. *World J Surg*, 1997, 21(1): 2–9.
- [18] Birkmeyer NJ, Finks JF, Carlin AM, et al. Comparative effectiveness of unfractionated and low-molecular-weight heparin for prevention of venous thromboembolism following bariatric surgery. *Arch Surg*, 2012, 147(11): 994–998.
- [19] Moayer A, Mohebbi N, Razmkon A. Incidence of deep vein thrombosis in patients undergoing degenerative spine surgery on prophylactic dalteparin; a single center report. *Bull Emerg Trauma*, 2016, 4(1): 38–42.
- [20] Zhi-jian S, Yu Z, Giu-xing Q, et al. Efficacy and safety of low molecular weight heparin prophylaxis for venous thromboembolism following lumbar decompression surgery. *Chin Med Sci J*, 2011, 26(4): 221–226.
- [21] Guo Y, Zou Z, Jia L, et al. Safety and effectiveness of argatroban versus heparin for preventing venous thromboembolism after lumbar decompressive surgery. *Int J Surg*, 2017, 44: 324–328.
- [22] Agnelli G, Piovella F, Buoncristiani P, et al. Enoxaparin plus compression stockings compared with compression stockings alone in the prevention of venous thromboembolism after elective neurosurgery. *N Engl J Med*, 1998, 339(2): 80–85.
- [23] Strom RG, Frempong-Boadu AK. Low-molecular-weight heparin prophylaxis 24 to 36 hours after degenerative spine surgery: risk of hemorrhage and venous thromboembolism. *Spine*, 2013, 38(23): 1498–1502.
- [24] Gerlach R, Raabe A, Beck J, et al. Postoperative nadroparin administration for prophylaxis of thromboembolic events is not associated with an increased risk of hemorrhage after spinal surgery. *Eur Spine J*, 2004, 13(1): 9–13.
- [25] Wei D, Zhao C, Wang J, et al. Comparison of rivaroxaban and parnaparin for preventing venous thromboembolism after lumbar spine surgery. *J Orthop Surg Res*, 2015, 10(1): 1–8.
- [26] Morse K, Weight M, Molinari R. Extensive postoperative epidural hematoma after full anticoagulation: case report and review of the literature. *J Spinal Cord Med*, 2007, 30(3): 282–287.
- [27] Glotzbecker MP, Bono CM, Wood KB, et al. Postoperative spinal epidural hematoma: a systematic review. *Spine (Phila Pa1976)*, 2010, 35(10): E413–420.
- [28] Ferree BA, Stern PJ, Jolson RS. Deep venous thrombosis after spinal surgery. *Spine (Phila Pa1976)*, 1993, 18(3): 315–319.
- [29] Ozturk C, Ganiyusufoglu K, Alanay A, et al. Efficacy of prophylactic placement of inferior vena cava filter in patients undergoing spinal surgery. *Spine (Phila Pa1976)*, 2010, 35(20): 1893–1896.
- [30] Epstein NE. Prophylactic inferior vena cava filter placement prior to lumbar surgery in morbidly obese patients: Two-case study and literature review. *Surg Neurol Int*, 2015, 6(Suppl 19): S469–474.
- [31] Leon L, Rodriguez H, Tawk RG, et al. The prophylactic use of inferior vena cava filters in patients undergoing high-risk spinal surgery. *Ann Vasc Surg*, 2005, 19(3): 442–447.
- [32] Dazley JM, Wain R, Vellinga RM, et al. Prophylactic inferior vena cava filters prevent pulmonary embolisms in high-risk patients undergoing major spinal surgery. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(4): 190–195.
- [33] Becker DM, Philbrick JT, Selby JB. Inferior vena cava filters. Indications, safety, effectiveness. *Arch Intern Med*, 1992, 152(10): 1985–1994.
- [34] Kuklo T, Rosner M, Ondra SL, et al. Preoperative inferior vena cava filters for major spinal reconstruction in adults. In: *Scoliosis Research Society 43rd Annual Meeting & Course*, 2008, Salt Lake City, UT.
- [35] Haga M, Hosaka A, Miyahara T, et al. Penetration of an inferior vena cava filter into the aorta. *Ann Vasc Dis*, 2014, 7(4): 413–416.