

一种骨科术后下肢静脉泵运行模式的研究

苗壮,刘培来*,卢群山,张蒙,李松林,罗德素

(山东大学齐鲁医院骨科,山东 济南 250012)

摘要:目的 探讨一种骨科术后下肢静脉泵运行模式,以促进下肢血液循环,预防术后下肢静脉血栓的形成。方法 纳入健康成年测试者30名,随机分为A、B两组,A组使用研发的下肢静脉泵运行模式,B组使用目前临床应用的间歇充气加压装置(intermittent pneumatic compression,IPC)。通过彩色多普勒超声测量对比下肢股静脉机器运行前静息值血流速、加压时血流速最大值、稳定后血流速、放气时血流速的变化。结果 研发的静脉泵运行模式运行稳定压力梯度时能增加下肢股静脉血流速(9.60±1.59)cm/s,目前临床应用的IPC运行稳定压力时能增加下肢股静脉血流速(5.60±1.30)cm/s,两组之间差异具有统计学意义($P<0.05$)。同时,研发的静脉泵运行模式下血流速变化更安全,无反流现象的发生。结论 研发的静脉泵运行模式较目前临床应用IPC能更平稳地增加下肢静脉的血流速,促进下肢血液循环,预防骨科手术后下肢静脉血栓的形成,且相较目前临床应用的IPC安全性较高。

关键词:防血栓静脉泵;骨科术后;股静脉血流速;间歇充气加压装置

文章编号:1008-5572(2020)09-0847-04

中图分类号:R619

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文献标识码:B



静脉血栓栓塞症(venous thromboembolism,VTE)是骨科手术后常见的并发症,也是患者围手术期意外的常见原因之一^[1-2]。VTE包括深静脉血栓(deep vein thrombosis,DVT)和肺动脉血栓栓塞症(pulmonary thromboembolism,PTE)两种类型。根据流行病学研究,骨科手术后欧美洲DVT发生率为2.22%~3.29%,PTE发生率为0.87%~1.99%,致死性PTE发生率为0.30%;亚洲DVT发生率为1.40%,PTE发生率为1.10%;中国DVT发生率为1.8%~2.9%^[3]。Virchow三联征,即活动减少血流缓慢、高凝状态及潜在的静脉损伤,任何因素均可能导致DVT的发生^[4]。足底静脉泵、间歇充气加压装置(Intermittent pneumatic compression,IPC)及梯度压力弹力袜等物理预防措施,可利用压力改变促使下肢静脉血流加速,减少血液瘀滞,降低术后下肢DVT形成的风险,且不增加肺栓塞事件的发生率^[3]。但目前对足底静脉泵、间歇充气加压装置的研究主要集中于治疗频次、加压部位、压力大小,且没有统一的结论,指南中也没有给出建议的使用方法^[3],各医疗机构对其的使用大多时按照设备说明书或临床经验使用^[5],现有的文献对运行模式的比较较少,缺乏深入研究与探讨。本研究主要探讨一种骨科术后下肢静脉泵运行模式,在健康成年人测试运行,并与目前临床应用的IPC对比,比较其效果及安全性。

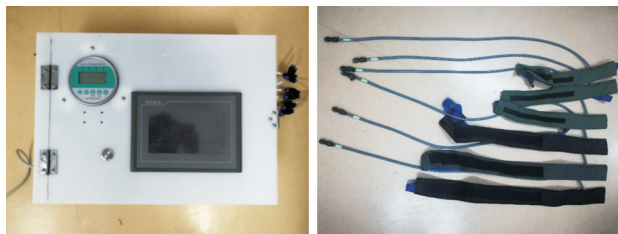
1 资料与方法

1.1 下肢静脉泵

1.1.1 静脉泵运行模式 设计一种骨科术后下肢静脉泵运行模式(山东大学机械工程学院制造)。该装置静脉泵主要

由主机(见图1a)和加压带(见图1b)两部分组成,其间由充气管连接。主机采用可编程逻辑控制器(programmable logic controller,PLC)进行逻辑控制,PLC通过模拟量输出控制气泵的气压,通过数字量输出控制电磁阀的开关,PLC的运行通过触摸屏控制。按下触摸屏上的开始按钮,根据压力梯度的设置,PLC依次控制给各个加压带充气。加压带采用横向方向设置,共有6条,其中足部2条,小腿4条。

静脉泵运行模式如下:采用持续性加压,各加压带压力不同,相互独立,压力值自足部向小腿逐一递减,互不影响。自足部至小腿,各压力带的压力值依次为120 mm Hg、100 mm Hg、80 mm Hg、60 mm Hg、40 mm Hg、20 mm Hg。主机开始运行后,PLC从足部至小腿依次控制给各个绑带充气,充气速率较慢,每条加压带充气加压耗时约30 s。所有加压带一次循环充气完成后,均不释放加压带内气体,继续从第1条绑带开始循环充气,以弥补阀门口少量气体流失,维持每条加压带压力,直到按下结束,耗时约3 s同时释放所有加压带内气体。这种运行模式已经申请发明专利,专利号ZL201410139386.4。



a 主机

b 加压带,自上至下依次从足部至小腿

图1 下肢静脉泵

1.1.2 目前临床 IPC 运行模式 间歇脉冲加压抗栓系统(规格型号 3OBD)结合正常的充气功能与逐级加压功能,模拟肌肉静脉泵功能,增加静脉血流峰速。采用快速不对称加压模式,加压时远端气囊瞬间充气,近端气囊较远端晚 0.3 s 充气。远端和近端压力达到峰值后,稳定压力维持 6 s 后开始

放气,间歇 24 s 后再次充气,30 s 循环 1 次。

1.2 测试者一般资料 选取健康成年人 30 名,随机分为 AB 两组,A 组使用研发的下肢静脉泵运行模式,B 组使用目前临床应用的 IPC,两组测试者的一般资料差异均无统计学意义($P>0.05$,见表 1)。

表 1 两组受试者一般资料比较

组别	n	性别(例)		年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)
		男	女				
A 组	15	8	7	29.87±3.72	168.40±7.57	61.40±13.15	21.47±3.45
B 组	15	7	8	30.00±3.55	169.20±7.15	59.7±11.64	20.73±2.66
P 值		1.000		0.921	0.768	0.738	0.520

1.3 测量仪器 使用同一型号彩色多普勒超声(GE Logiq E9)进行,所有测量均由同一名超声科医生完成。

1.4 测量方法 测试前静息 15 min,以保证静息状态,排除运动等因素对结果的影响。测量时取仰卧位,双下肢同时使用机器加压,先测量静息时股静脉血流速,后运行机器,测量机器运行时指标。

1.5 观察指标 收集测试者的一般资料,测量其双侧股沟区股静脉血流速,取平均值^[6]。记录彩色多普勒超声下股静脉血流速变化曲线,以分析对比机器运行前静息值血流速、加压时血流速最大值、A 组压力梯度稳定后股静脉血流速的变化及 B 组压力稳定 6 s 中股静脉血流速的变化、放气时血流速变化。

1.6 统计学处理 采用 SPSS 23.0 软件对数据进行统计学分析。计量资料以($\bar{x} \pm s$)描述,计数资料以例数描述,组间计量资料比较采用独立样本 *t* 检验,计数资料采用 χ^2 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

两组股静脉血流速静息值比较差异无统计学意义($P>0.05$)。机器运行稳定后,A 组股静脉血流速稳定值(37.00±1.51)cm/s,稳定值与静息值差值(9.60±1.59)cm/s。B 组股静脉血流速稳定值(32.07±1.98)cm/s,稳定值与静息值差值(5.60±1.30)cm/s。A 组 B 组在稳定值及稳定值与静息值差值上差异有统计学意义($P<0.05$)。在充气加压时,A 组股静脉血流速最大值约(49.67±2.87)cm/s,放气时无血液反流。B 组加压瞬时血流速超过多普勒彩色超声血流速显示上限(>100 cm/s)。放气瞬间 B 组 15 名测试者均观察到血液反流(见表 2)。

3 讨论

VTE 是骨科手术后常见的并发症,也是患者围手术期意外的常见原因之一^[1]。骨科手术为有创操作,手术操作造成患者静脉壁损伤,凝血和纤溶系统平衡受到破坏,血液处

表 2 两组各阶段血流速比较($\bar{x} \pm s$)

组别	静息值 (cm/s)	稳定值 (cm/s)	稳定值与静息 值差值(cm/s)	加压时最大 值(cm/s)	放气时 反流现象
A 组	27.40±1.80	37.00±1.51	9.60±1.59	49.67±2.87	无
B 组	26.53±1.85	32.07±1.98	5.60±1.30	>100	有
P 值	0.204	0.000	0.000		

于高凝状态,血流速度缓慢,符合 DVT 形成的三大因素^[5]。因此,对术后患者须采取一定的措施进行血栓预防。预防措施包括基本预防、物理预防和药物预防三大类。物理预防措施主要有足底静脉泵、间歇充气加压装置及梯度压力弹力袜等方式^[3]。英国国家健康与临床卓越研究所推荐所有外科住院患者都要采取物理预防措施^[7]。IPC 预防 DVT 原理主要有以下三点:(1)促进下肢血液循环,预防凝血因子的聚集及对血管内膜的黏附,防止血栓形成;(2)减少纤维蛋白溶酶原活化素抑制因子 21,使组织型纤维蛋白溶酶原活化素活性增加,从而增加血液纤溶系统的活性,起到清除已形成血栓的作用;(3)诱导下肢被挤压和未被挤压骨骼肌的血管源性一氧化氮合成酶异构重整,分泌更多一氧化氮,预防血栓的形成^[8-9]。目前,临床多使用物理与药物联合预防的方式。有研究对 44 篇报道 IPC 预防血栓效果的文献进行 meta 分析表明,IPC 对住院患者血栓的预防比未使用 IPC 预防或梯度压力弹力袜对降低静脉血栓栓塞症的预防更有效,IPC 预防与低分子肝素预防的作用相当,IPC 结合药物预防血栓形成比单独使用作用更强^[10]。此外,IPC 在术后康复方面亦有积极效果。Tessari 等^[11]的研究认为 IPC 治疗能有效减轻水肿,改善活动度,同时对一些血浆炎症标志物进行调节。Abdul 等^[12]在 148 例随机对照实验中得出结论,跟腱断裂患者肢体制动期间辅助性使用 IPC 可通过上调 I 型胶原合成有效增强早期愈合反应。另外,IPC 在动物实验中证明可以促进骨折愈合^[13-14]。但 IPC 的应用仍有相应的禁忌,陈剑伟等^[15]认为使用前需进行彩色多普勒超声检查,以掌握下

肢深静脉血液的流速和是否已有血栓形成,若超声检查发现有血栓形成的患者则严禁使用间歇充气加压装置预防深静脉血栓,否则会造成血栓脱落,引起严重后果。同时使用时需注意下肢颜色、肿胀程度及肢体末端血运情况,定时测量下肢温度^[16]。

目前临床使用的IPC根据加压部位、压力大小、加压频率、膨胀时间的不同而分为很多种,使用方式也各有不同。此前的研究主要集中于使用方法,但并没有得出一致的结论。骨科手术一般双侧使用IPC,以预防DVT的发生^[17]。但在使用时机上,有学者认为术后早期应用IPC可能会导致患者出血量增加,建议术后第2天开始使用^[18]。赵宇驰等^[19]等在对400例患者进行前瞻性随机对照实验后建议术中即开始持续应用IPC,术后48h将IPC改为间断使用并联合药物抗凝。厉驹等^[20]则建议超早期(术前3d)使用IPC。在加压部位方面,Lurie等^[21]认为足部加压主要增加腘静脉的流量流速,而小腿加压主要增加深静脉的流量流速。丁健^[22]对比了6种加压部位组合后认为,足部+小腿+大腿的加压模式效果最佳。在按压序贯方面,Koo等^[23]比较后认为两个分级序贯按压组(交替序贯按压装置与同步序贯按压装置)之间的静脉血流动力学变化及其临床影响上表现出相似的结果。Keisuke等^[24]探究IPC在小腿石膏固定患者中使用效果时得出结论,仰卧位与坐位均可显著提高下肢深静脉流速。目前没有指南对IPC具体使用方法做出明确的推荐^[5,9],各医疗机构使用的运行模式大多时按照设备说明书或各自临床经验使用。

本研究旨在探讨一种骨科术后下肢静脉泵运行模式,并与目前临床应用的IPC对比,比较其效果及安全性。研究表明,静脉血流速度增加的幅度是衡量装置有效性的一个很好的血液动力学指标,因为较高的速度可能会导致静脉血栓栓塞率下降^[25],但尚无相关文献探究血流速增加量的安全范围。对比研发的静脉泵运行模式与目前临床应用的间歇充气加压抗栓系统应用时流速,二者均可以加快股静脉流速,从而促进下肢静脉回流,减少血液的瘀滞,预防DVT的发生,但二者加快血流速的模式不同。研发的静脉泵运行模式通过持续性加压,在下肢由远端至近端形成人为的梯度压力差,当动脉血到达肢体远端后,在梯度压力差的持续作用下,静脉血加速从远端流向近端,促进下肢静脉的回流。在加压时,股静脉流速最大值约 (49.67 ± 2.87) cm/s。压力梯度建立稳定后,股静脉流速稳定值 (37.00 ± 1.51) cm/s,较静息时可稳定提高股静脉流速 (9.60 ± 1.59) cm/s。目前临床应用的IPC主要通过模拟肌肉静脉泵功能,以挤压的方式促进下肢静脉的回流,在充气挤压瞬间,流速可达到100

cm/s以上,后以较快速度回落,压力维持的6s中股静脉流速稳定在 (32.07 ± 1.98) cm/s,稳定后流速较静息时增加 (5.60 ± 1.30) cm/s,即其加快血流速的效果主要作用在挤压时。比较两种仪器在运行稳定后股静脉流速,差异有统计学意义($P < 0.05$),说明研发的静脉泵运行模式,在加压时流速的增加较IPC加压时少,但稳定运行后流速的增加较IPC稳定时多。

从安全角度考虑, Lee等^[26]在探究静脉泵运行模式时认为患者流速突然改变可能出现危险。他们认为在放气过程中减压效应会带来瞬时的流速变化,健康人静脉内存在静脉瓣,极强的减压效应会破坏静脉瓣的功能。同时在这种情况下,血细胞可能被破坏,形成血凝块。因此要在保持总流量基本不变的情况下尽量减少峰流速。Kesime等^[27]的研究认为,在静脉曲张的人群中,产生负压的静脉内会产生血液的湍流,进而增加血栓风险。在我们的测试中,对于IPC的测试结果与Lee等人的相仿,目前临床应用的IPC在充气挤压瞬间,流速可瞬间达到100cm/s以上,在放气瞬间15名测试者均观察到瞬间的血液反流。我们认为瞬间的血液反流是由于放气时负压吸引造成的。这种流速突变引起的静脉负压可能对患者带来一定危险。而研发的静脉泵运行模式在加压时充气速率较慢,加压时流速最大值约 (49.67 ± 2.87) cm/s,较IPC充气时增加值较小。在压力梯度建立后,流速峰值稳定,变化较小,表明其在安全性上有一定程度的优势。

综上所述,研发的静脉泵运行模式运行时可以增加下肢股静脉流速,且较目前临床应用的IPC相比流速增加较稳定,无血流反流现象发生,进一步应用于临床后可预防骨科手术后下肢静脉血栓的形成。本研究有一定的局限性:首先,本研究的测试对象为健康成年人,且年龄段略集中,在各年龄段患者身上是否能达到相同效果尚待临床研究;第二,本研究针对使用过程中股静脉流速的变化,在仪器使用后的其他长期效果有无其他变化未进行观察。未来还需要进行样本量更大的临床前瞻性随机对照实验,以观察研发的静脉泵运行模式的有效性和安全性,并探究其最佳使用方法。

参考文献:

- [1] 李婧, 邱贵兴. 静脉血栓栓塞在骨科的预防与治疗[J]. 中华骨科杂志, 2005, 25(12): 740-743.
- [2] Anderson FA Jr, Spencer FA. Risk factors for venous thromboembolism[J]. Circulation, 2003, 107(23 Suppl 1): 19-16.
- [3] 中华医学会骨科学分会. 中国骨科大手术静脉血栓栓塞症预防指南[J]. 中华骨科杂志, 2016, (2): 65-71.

[4] 张强. 外科手术后下肢深静脉血栓的预防与治疗[J]. 中国实用外科杂志, 2001, 21(5): 263-266.

[5] 赵彦欣, 闫俊萍, 王彩星, 等. 预防骨科下肢手术后深静脉血栓形成的研究进展[J]. 临床医药实践, 2019, 28(12): 937-940.

[6] 刘顺贵, 陈子秋, 刘义, 等. 老年股骨转子间骨折患者下肢深静脉血栓形成与血流动力学指标的相关性[J]. 中国骨质疏松杂志, 2018, 24(7): 879-883.

[7] Hill J, Treasure T. Reducing the risk of venous thromboembolism (deep vein thrombosis and pulmonary embolism) in inpatients having surgery: summary of NICE guidance [J]. BMJ, 2007, 334(7602): 1053-1054.

[8] 陈东峰, 余楠生, 卢伟杰, 等. 低分子肝素联合间歇充气加压预防人工关节置换术后下肢深静脉血栓形成[J]. 中华骨科杂志, 2006, 26(12): 823-826.

[9] 张竞, 张金庆, 郭盛杰, 等. 不同频次使用间歇式充气加压装置对预防关节置换术后下肢深静脉血栓形成的效果研究[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2016, 9(4): 335-338.

[10] 陈宇, 周跃, 罗春梅, 等. 间歇充气加压预防骨科住院病人静脉血栓的 Meta 分析[J]. 护理研究, 2018, 32(2): 234-241.

[11] Tessari M, Tisato V, Rimondi E, et al. Effects of intermittent pneumatic compression treatment on clinical outcomes and biochemical markers in patients at low mobility with lower limb edema[J]. J Vasc Surg Venous Lymphat Disord, 2018, 6(4): 500-510.

[12] Abdul Alim M, Domeij-Arverud E, Nilsson G, et al. Achilles tendon rupture healing is enhanced by intermittent pneumatic compression upregulating collagen type I synthesis[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2018, 26(7): 2021-2029.

[13] 王海章, 李增炎, 张英泽, 等. 间歇性挤压软组织对实验动物骨折愈合的影响[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2007, 15(8): 13-16.

[14] 赵广超, 卜海富, 桂斌捷, 等. 间歇性充气加压对骨折愈合的影响[J]. 安徽医科大学学报, 2007, 42(2): 170-173.

[15] 刘剑伟, 蒋卫平. 髌关节置换围手术期深静脉血栓的防治[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(31): 4927-4932.

[16] 孟先利. 对使用间歇式充气压力泵预防下肢深静脉血栓的脑梗死患者进行优质护理的效果分析[J]. 当代医药论丛, 2019, 17(17): 208-209.

[17] 孔刚, 马卫华, 张树栋. 单侧与双侧使用间歇充气加压在预防髌膝置换术后 DVT 中的效果比较[J]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2019, 5(1): 13-18.

[18] 周媛苑, 陈文月, 陈正香, 等. 全膝关节置换术后间歇充气压力装置使用开始时间研究[J]. 护理学杂志, 2017, 32(20): 1-4.

[19] 赵宇驰, 张树栋, 于明伟, 等. 药物联合间歇充气加压装置预防关节置换术后下肢深静脉血栓的随机对照研究[J]. 中华骨科杂志, 2015, 35(11): 1091-1095.

[20] 厉驹, 吴刚, 季卫锋, 等. 超早期间歇充气加压预防老年转子间骨折术后下肢深静脉血栓形成的病例对照研究[J]. 中国骨伤, 2012, 25(1): 32-34.

[21] Lurie F, Awaya DJ, Kistner RL, et al. Hemodynamic effect of intermittent pneumatic compression and the position of the body[J]. J Vasc Surg, 2003, 37(1): 137-142.

[22] 丁健. 不同加压模式 IPC 对下肢静脉血流动力学的影响[D]. 南昌大学; 南昌大学医学院, 2007.

[23] Koo KH, Choi JS, Ahn JH, et al. Comparison of clinical and physiological efficacies of different intermittent sequential pneumatic compression devices in preventing deep vein thrombosis: a prospective randomized study. [J]. Clin Orthop Surg, 2014, 6(4): 468-475.

[24] Nakanishi K, Takahira N, Sakamoto M, et al. Effects of intermittent pneumatic compression of the thigh on blood flow velocity in the femoral and popliteal veins: developing a new physical prophylaxis for deep vein thrombosis in patients with plaster-cast immobilization of the leg[J]. J Throm, 2016, 42(4): 579-584.

[25] Espeit L, Lapole T. Effects of graduated compression stockings, local vibration and their combination on popliteal venous blood velocity[J]. Phlebology, 2020, 35(7): 505-512.

[26] Lee W, Seo JH, Kim HB, et al. Investigation of blood flow during intermittent pneumatic compression and proposal of a new compression protocol[J]. Clin Appl Thromb Hemost, 2018, 24(2): 338-347.

[27] Kesieme E, Kesieme C, Jebbin N, et al. Deep vein thrombosis: a clinical review[J]. J Blood Med, 2011(2): 59-69.

收稿日期: 2020-04-20

作者简介: 苗壮(1995—), 男, 研究生在读, 山东大学齐鲁医院骨科, 250012。