

• 循证医学 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2021.21.024

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20210923.0446.004.html\(2021-09-23\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20210923.0446.004.html(2021-09-23))

足底静脉泵预防髋膝关节置换术后深静脉血栓形成有效性的 meta 分析*

张红英^{1,2}, 宁 宁^{1△}, 陈佳丽¹, 李佩芳¹, 刘 颖¹, 何春梅²

(1. 四川大学华西护理学院/四川大学华西医院骨科, 成都 610041;

2. 四川省德阳市第二人民医院骨科/护理部 618000)

[摘要] **目的** 评价足底静脉泵(VFP)预防髋膝关节置换术后深静脉血栓形成(DVT)的有效性。**方法** 计算机检索 Pubmed、EMbase、Cochrane、CBM、CNKI、VIP、WanFang 数据库建库至 2020 年 7 月,筛选 VFP 预防髋膝关节置换术后 DVT 的随机对照试验。由 2 名研究人员对文献质量进行严格评价,按纳入与排除标准独立筛选和提取文献,采用 RevMan 5.3 软件对数据进行 meta 分析。**结果** 纳入 16 项随机对照试验。VFP 组患者 DVT 发生率与空白对照组比较,差异有统计学意义[相对危险度(RR)=0.23,95%可信区间(95% CI):0.12~0.42, $P<0.05$];VFP 组患者 DVT 发生率与低分子肝素组比较,差异无统计学意义(RR =0.94,95% CI :0.54~1.65, $P=0.83$);VFP 联合抗凝药物组患者 DVT 发生率与单独使用抗凝药物组比较,差异有统计学意义(RR =0.36,95% CI :0.24~0.54, $P<0.05$);VFP 组患者肺栓塞发生率与低分子肝素组比较,差异无统计学意义(RR =1.35,95% CI :0.27~6.83, $P=0.71$)。**结论** VFP 能有效降低髋膝关节置换术后 DVT 发生率,VFP 联合药物预防 DVT 的效果比单独使用药物预防 DVT 效果更佳。但仍需进行多中心、大样本、高质量的研究加以验证。对行髋膝关节置换术的患者建议给予 VFP 联合药物预防以达到最佳效果。

[关键词] 深静脉血栓;关节置换术;足底静脉泵;meta 分析

[中图法分类号] R473.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2021)21-3713-07

Meta analysis on effectiveness of venous foot pump in preventing deep vein thrombosis after hip and knee arthroplasty*

ZHANG Hongying^{1,2}, NING Ning^{1△}, CHEN Jiali¹, LI Peifang¹, LIU Ying², HE Chungmei²

(1. West China School of Nursing, Sichuan University/Department of Orthopedics, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041, China; 2. Department of Orthopedics/Nursing, Deyang Municipal Second People's Hospital, Deyang, Sichuan 618000, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the effectiveness of venous foot pump(VFP) in the prevention of deep vein thrombosis (DVT) after hip and knee replacement. **Methods** The computer was used to retrieve the Pubmed, EMbase, Cochrane, CBM, CNKI, VIP and WanFang databases from their establishment to July 2020. The randomized controlled trials(RCTs) of VEP in the prevention of DVT after hip and knee replacement were screened. Two researchers strictly evaluated the quality of the literature, independently screened and extracted the literature according to the inclusion and exclusion criteria. The RevMan 5.3 software was used to perform the meta analysis on the data. **Results** Sixteen RCTs were included. The incidence rate of DVT had no statistically significant difference between the VFP group and blank control group [relative risk (RR)=0.23,95% CI (0.12—0.42), $P<0.05$];the difference in the incidence rate of DVT between the VFP group and the low-molecular-weight heparin group was not statistically significant [RR =0.94,95% CI (0.54 to 1.65), $P=0.83$];the difference in the incidence rate of DVT between the VFP combined with anticoagulant drug group and the anticoagulant exclusive use group was statistically significant [RR =0.36,95% CI (0.24 to 0.54), $P<0.05$];the difference in the incidence rate of pulmonary embolism(PE) between the VFP group and the low-molecular-weight heparin group was not statistically significant [RR =1.35,95% CI (0.27 to 6.83), $P=0.71$].

* 基金项目:四川省科技厅重点研发项目(2020YFS0298);四川省科技厅科技计划项目(2019YFQ0002);四川省护理科研课题计划(H20023)。 作者简介:张红英(1987—),主管护师,在读硕士研究生,主要从事骨科护理工作。 △ 通信作者,E-mail:gkningning@163.com。

Conclusion VFP can effectively reduce the incidence rate of DVT after hip and knee replacement. The effect of VFP combined with drug for preventing DVT is better than that of the drugs use alone. However, there still needs the multi-center, large sample and high-quality researches to verify. For the patients undergoing hip and knee replacement, it is recommended to give VFP combined with drug prevention to achieve the best results.

[Key words] deep vein thrombosis; arthroplasty replacement; venous foot pumps; meta analysis

深静脉血栓形成 (deep venous thrombosis, DVT) 是髋膝关节置换术后最常见并发症之一^[1-3]。髋膝关节置换术后未采取预防措施的情况下 DVT 发生率高达 32%~84%^[4-6]。DVT 可发展成为肺栓塞 (pulmonary embolism, PE), 其中 10% 的肺栓塞患者会迅速死亡^[7]。DVT 不仅威胁患者的生命安全, 而且可引起血栓后综合征, 严重影响患者的生活。此外, 还会增加住院时间和住院费用, 加重患者经济负担^[8-9]。DVT 的预防措施包括基本预防、药物预防及机械预防^[10]。基本预防为其他预防措施的基础^[11], 药物预防为公认的最有效的预防方式^[12], 机械预防不仅可降低 DVT 发生率, 且与药物预防相比不增加出血的风险^[13]。因此, 机械预防是有血栓风险和高出血风险患者的首选预防方法^[10,14]。足底静脉泵 (venous foot pumps, VFP) 是最常见的机械预防措施之一。然而, 目前对 VFP 预防髋膝关节置换术后 DVT 的有效性仍存在争议, 为此, 本研究采用系统评价的方法, 对 VFP 预防髋膝关节置换术后 VTE 的有效性进行了评价, 旨在为临床决策提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

将 Pubmed、EMbase、Cochrane、CBM、CNKI、VIP、WanFang 数据库建库检索的 VFP 预防髋膝关节置换术后 DVT 的随机对照试验作为研究对象。

1.2 纳入标准

(1) 研究类型为 VFP 预防髋膝关节置换术后 DVT 的随机对照试验; (2) 研究对象为髋/膝关节骨关节炎、股骨头坏死、股骨颈骨折、类风湿性关节炎行髋/膝关节置换术患者; (3) 干预措施为研究组使用 VFP 或 VFP 联合抗凝药物, 对照组仅使用抗凝药物或其他措施; (4) 结局指标为 DVT、PE 发生率。

1.3 排除标准

(1) 重复发表的文献; (2) 综述、系统评价、文摘、会议论文、无法提取数据的文献、不能获取全文及质量差的文献; (3) 基线明显不平衡的研究; (4) 研究对象有 DVT、肺栓塞史, 以及足部浅表伤口、慢性静脉功能不全、血液系统疾病或恶性肿瘤病史等。

1.4 文献检索

计算机检索 Pubmed、EMbase、Cochrane、CBM、CNKI、VIP、WanFang 数据库, 收集有关 VFP 预防髋膝关节置换术后 DVT 的随机对照试验。采用主题词

与自由词相结合的方式, 中文检索词包括髋关节置换术、膝关节置换术、关节置换术、关节成形术和静脉血栓、深静脉血栓、静脉血栓形成、静脉血栓栓塞、DVT 和足底静脉泵、足底泵、足底动静脉脉冲治疗仪、动静脉脉冲治疗仪、动静脉足泵、A-V 泵和随机对照试验、随机对照、随机等。英文检索词包括 Venous thrombosis、Phlebothrombosis、Phlebothromboses、Thrombosis、venous and Arthroplasty、replacement、Arthroplasties、Replacement、Joint Prosthesis Implantation and venous foot pumps、A-V impulse system and Randomized controlled trial、Randomized、Placebo 等。检索时间为建库至 2020 年 7 月。

1.5 文献筛选

根据研究的需要由 2 名研究者独立按纳入与排除标准筛选文献, 然后进行交叉核对。若存在争议通过讨论达成一致或请第 3 名研究者裁决。

1.6 资料提取

阅读全文后提取资料包括文献第一作者、发表年份、研究类型、研究组及对照组样本量、研究对象性别及年龄、麻醉方式、手术类型、干预措施、结局指标等。

1.7 文献质量评价

由 2 名研究者按 Cochrane 系统评价的“偏倚风险评价”工具对纳入文献进行 7 个方面的质量评估, 包括随机分配方法、分配方案隐藏、参与者与研究者的盲法、结果评价者盲法、结果数据的完整性、选择性报告研究结果及其他偏倚来源, 每方面均采用低度偏倚、不清楚、高度偏倚进行评价^[15]。完成后进行交叉核对。如有分歧通过双方讨论或请第 3 名研究者协助裁决。

1.8 统计学处理

采用 Cochrane 协助网提供的 RevMan 5.3 软件进行数据分析, 各纳入研究异质性检验采用 Cochrane Q 检验, 计算 I^2 值。若研究间无统计学异质性 ($I^2 \leq 50\%$, $P \geq 0.10$), 选择固定效应模型进行 meta 分析; 若存在统计学异质性 ($I^2 > 50\%$, $P < 0.10$) 则分析异质性产生的原因, 若无法消除异质性, 但临床又具有一致性则采用随机效应模型进行 meta 分析。明显的临床异质性采用亚组分析或敏感性分析等方法进行处理或进行描述性分析。纳入研究大于或等于 5 篇者采用漏斗图检验潜在发表偏倚; 纳入研究小于 5 篇者则不检验。计算相对危险度 (Relative risk, RR) 及

95%可信区间(95%confidence interval,95%CI)。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 文献检索结果

检索到与本主题相关的文献 101 篇,其中 Pubmed 5 篇,Embase1 5 篇,Cochrane 38 篇,CBM 7 篇,CNKI 6 篇,WanFang 19 篇,VIP 7 篇,其他途径获取 4 篇。剔除重复文献后获得 59 篇,初筛排除综述、系统评价等文献后获得 57 篇,阅读摘要排除与本研究无关、不能获取全文的文献后获得 29 篇,通过全文浏览排除非随机对照、研究内容不符合、质量低文献后获取 16 篇,进一步阅读全文最终纳入 16 篇^[16-31]。见图 1。

2.2 纳入研究基本特征

16 篇文献均符合纳入标准,均为随机对照试验。各研究所纳入的病例数为 48~290 例,16 项研究共纳入患者 1 891 例,女性多于男性,年龄 60 岁以上。所有患者的麻醉方式均为全身麻醉或蛛网膜下腔阻滞麻醉其中之一,所有患者 DVT 确诊方式均为超声检查或静脉造影其中之一,PE 确诊方式为 CT 静脉造

影或肺通气灌注扫描其中之一。4 篇^[18,23,27,29] 文献进行了 VFP 组与空白对照组 DVT 发生率的对比研究,6 篇^[16-17,19-21,24,26] 文献进行了 VFP 组与低分子肝素组 DVT 发生率的对比研究,6 篇^[22,24-25,28,30-31] 文献进行了 VFP 联合抗凝药物组与单独使用抗凝药物组 DVT 发生率的对比研究。其中 3 篇^[16,21,26] 文献进行了 VFP 组与低分子肝素组 PE 发生率的对比研究。纳入文献基本情况见表 1。各临床研究结局见表 2。

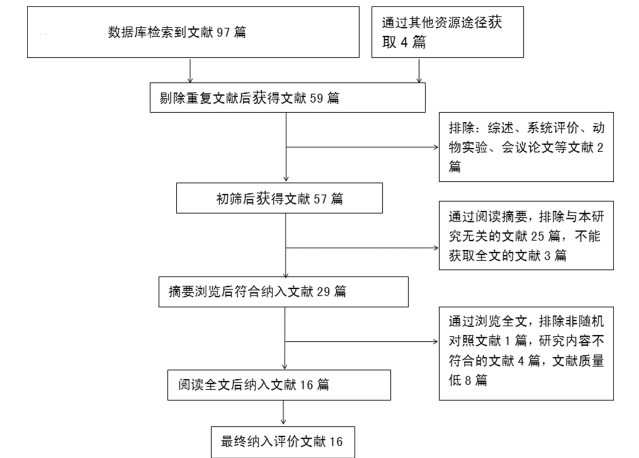


图 1 文献检索结果

表 1 纳入文献基本情况

作者	年份	样本量(n)		性别(n)		年龄(中位,岁)		干预措施		结局指标
		研究组	对照组	男	女	研究组	对照组	研究组	对照组	
WILSON 等 ^[27]	1992	28	32	15	44	71.1	70.1	VFP	空白	DVT
FORDYCE 等 ^[18]	1992	39	40	30	49	68.1	71.2	VFP	空白	DVT
STRANKS 等 ^[23]	1992	41	39	15	65	79.1	82.0	VFP	空白	DVT
孙玉勤等 ^[29]	2008	30	28	25	33	70.0	67.0	VFP	空白	DVT
BLANCHARD 等 ^[17]	1999	63	67	31	47	72.0	74.0	VFP	低分子肝素	DVT
PIETSCH 等 ^[19]	2003	50	50	67	33	56.0	56.0	VFP	低分子肝素	DVT
PITTO 等 ^[20]	2004	100	100	62	138	57.3	58.1	VFP	低分子肝素	DVT
SANTORI 等 ^[21]	1994	67	65	34	98	72.4	69.8	VFP	低分子肝素	DVT、PE
WARWICK 等 ^[16]	1998	147	143	181	109	68.0	68.0	VFP	低分子肝素	DVT
WARWICK 等 ^[26]	2002	117	112	80	149	73.0	71.0	VFP	低分子肝素	DVT
SAKAI 等 ^[22]	2016	58	62	20	100	73.0	74.3	VFP、依多沙班	依多沙班	DVT
TAMIR 等 ^[24]	1999	24	24	12	36	69.0	70.0	VFP、低分子肝素	低分子肝素	DVT
WESTRICH 等 ^[25]	1996	61	61	40	82	—	—	VFP、阿司匹林	阿司匹林	DVT、PE
WINDISCH 等 ^[28]	2011	40	40	—	—	68.9	68.1	VFP、低分子肝素	低分子肝素	DVT、PE
曹娟等 ^[30]	2010	38	38	25	51	66.6	66.6	VFP、低分子肝素	低分子肝素	DVT
周方伦等 ^[31]	2013	44	43	32	55	66.1	70.0	VFP、磺达肝癸钠	磺达肝癸钠	DVT

—:无数据。

2.3 纳入研究质量评价

16 项研究中 4 项研究^[17,19,21,29] 随机方法为随机数字表法,4 项研究^[16,20,22,26] 为计算机产生随机数字法,3 项研究^[25,27,31] 根据住院号分组,其余研究未详细介绍随机方法;9 项研究^[16-18,20-22,26-28] 实施了分配隐

藏;4 项研究^[20,25,27-28] 对结果观察者采用了盲法;16 项研究^[16-31] 均为结果数据完整报告且无选择性结局报告;6 项研究^[24-25,28-31] 未明确其他偏倚来源。纳入的临床研究质量偏倚风险评价见图 2。

表 2 各临床研究结局

作者	发表年份	研究组		对照组		DVT/PE 发生率(%)	
		<i>n</i>	发生 DVT/PE(<i>n</i>)	<i>n</i>	发生 DVT/PE(<i>n</i>)	研究组	对照组
WILSON 等 ^[27]	1992	28	5	32	19	17.86	59.38
FORDYCE 等 ^[18]	1992	39	4	40	16	10.26	40.00
STRANKS 等 ^[23]	1992	41	0	39	9	0	23.08
孙玉勤等 ^[29]	2008	30	0	28	2	0	7.14
BLANCHARD 等 ^[17]	1999	63	34	67	16	53.97	23.88
PIETSCH 等 ^[19]	2003	50	0	50	4	0	8.00
PITTO 等 ^[20]	2004	100	3	100	6	3.00	6.00
SANTORI 等 ^[21]	1994	67	9/0	65	23/1	13.43/0	35.38/1.54
WARWICK 等 ^[16]	1998	147	24/1	143	18/0	16.33/0.68	12.59/0
WARWICK 等 ^[26]	2002	117	57/1	112	48/0	48.72/0.85	42.86/0
SAKAI 等 ^[22]	2016	58	18	62	11	30.03	17.74
TAMIR 等 ^[24]	1999	24	0	24	0	0	0
WESTRICH 等 ^[25]	1996	61	16	61	41	26.23	67.21
WINDISCH 等 ^[28]	2011	40	0	40	0	0	0
曹娟等 ^[30]	2010	38	5	38	14	13.16	36.84
周方伦等 ^[31]	2013	44	0	43	4	0	9.30

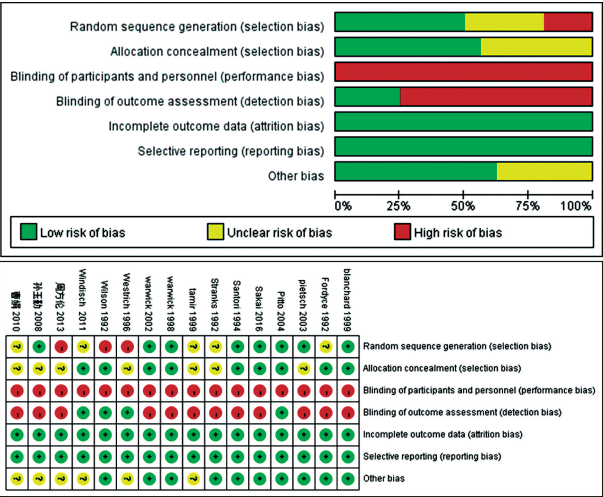


图 2 纳入的临床研究质量偏倚风险评价

2.4 meta 分析结果

16 项研究中 4 项研究进行了 VFP 与空白对照组患者髌膝关节置换术后 DVT 发生率的对比研究,各研究间无统计学异质性($I^2=0\%$, $P=0.65$),选择固定效应模型进行 meta 分析,两组患者髌膝关节置换术后 DVT 发生率比较,差异有统计学意义($RR=0.23,95\%CI:0.12\sim0.42,P<0.05$),VFP 预防髌膝关节置换术后 DVT 的效果优于空白对照组;6 项研究进行了 VFP 与低分子肝素组患者髌膝关节置换术后 DVT 发生率的对比研究,各研究间存在统计学异质性($I^2=77\%$, $P=0.01$),采用随机效应模型进行 meta 分析,两组患者髌膝关节置换术后 DVT 发生率

比较,差异无统计学意义($RR=0.94,95\%CI:0.54\sim1.65,P=0.83$)。VFP 与低分子肝素预防髌膝关节置换术后 DVT 的效果无差异;6 项研究进行了 VFP 联合抗凝药物与单独使用抗凝药物组患者髌膝关节置换术后 DVT 发生率的对比研究,各研究间存在统计学异质性($I^2=81\%$, $P=0.001$),进行敏感性分析发现 SAKAI 等^[22]的研究对异质性影响较大,去掉该研究后各研究间无统计学异质性($I^2=0\%$, $P=0.68$),采用固定效应模型进行 meta 分析,两组患者髌膝关节置换术后 DVT 发生率比较,差异有统计学意义($RR=0.36,95\%CI:0.24\sim0.54,P<0.05$),VFP 联合抗凝药物预防髌膝关节置换术后 DVT 的效果优于单独使用抗凝药物。3 项研究进行了 VFP 与低分子肝素组患者髌膝关节置换术后 PE 发生率的对比研究,各研究间无统计学异质性($I^2=0\%$, $P=0.55$),选择固定效应模型进行 meta 分析,两组患者髌膝关节置换术后 PE 发生率,差异无统计学意义($RR=1.35,95\%CI:0.27\sim6.83,P=0.71$),VFP 与低分子肝素在髌膝关节置换术后预防 PE 的效果无差异,见表 3。

2.5 发表偏倚

16 项研究中 6 项研究进行了 VFP 与低分子肝素患者髌膝关节置换术后 DVT 发生率的对比研究,对 6 篇文献进行漏斗图分析,其结果显示漏斗图左右不对称,表明纳入文献有发表偏倚的可能性,见图 3。

表 3 VFP 预防髌膝关节置换术后 DVT 的 meta 分析

结局指标	meta 分析				异质性		
	纳入研究	RR	95%CI	P	P	I ² (%)	效应模型
DVT 发生率							
VFP、空白对照	4 项 ^[18,23,27,29]	0.23	0.12~0.42	<0.05	0.65	0	固定效应
VFP、低分子肝素	6 项 ^[16,17,20-21,26,32]	0.94	0.54~1.65	0.83	0.01	77	随机效应
VFP 联合抗凝药物、抗凝药物	5 项 ^[24-25,28,30-31]	0.36	0.24~0.54	<0.05	0.68	0	固定效应
PE 发生率							
VFP、低分子肝素	3 项 ^[16,21,26]	1.35	0.27~6.83	0.71	0.55	0	固定效应

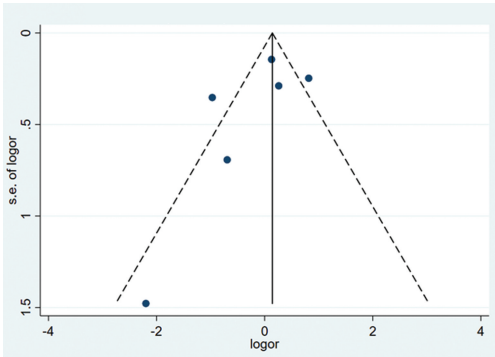


图 3 6 篇纳入文献发表偏倚 meta 分析偏倚检验漏斗图

3 讨 论

VFP 预防髌膝关节置换术后 DVT 的效果存在争议^[22,30-31]。髌膝关节置换术后 DVT 发生率较高,危害严重^[3]。一些患者发生 DVT 后需再次入院治疗,导致手术总成本增加,加重了医疗负担。预防 DVT 需使用机械装置、抗凝药物等多种模式共同进行。有研究表明,抗凝药物可能导致严重的术后并发症,包括伤口血肿、胃肠道出血,甚至颅内出血^[32-33]。这些并发症可能导致患者再次住院、再次手术和入住重症监护室。有研究表明,抗凝药物还可能增加髌膝关节置换术后异体输血的需求,从而增加与血液制品相关的术后并发症发生率^[34]。不仅降低了患者的满意度,而且增加了治疗和护理成本。

机械装置如 VFP 已被证实是有效的预防方法,且不增加患者出血的风险^[20,27]。VFP 的工作原理是通过模拟人行走时足部及下肢血液循环的生理作用,在极短的时间内将具有一定压强的气体充至足套内,快速冲击足底静脉丛,使足底静脉丛内的血液在极短时间内回流至心脏,使下肢血流速率增加 240%,从而减轻下肢血液淤滞,从而达到预防 DVT 和消除肢体肿胀的作用^[30,35-36]。

本研究结合了前瞻性随机对照研究结果,比较了 VFP 与不采取措施预防髌膝关节置换术后 DVT 的效果,VFP 与低分子肝素预防髌膝关节置换术后 DVT/PE 的效果,以及 VFP 联合抗凝药物与单独使用抗凝药物预防髌膝关节置换术后 DVT 的效果。结

果显示,VFP 预防髌膝关节置换术后 DVT 的效果优于不采取预防措施,VFP 与低分子肝素预防髌膝关节置换术后 DVT/PE 的效果可能相同,VFP 联合抗凝药物预防 DVT 的效果优于单独使用抗凝药物,能更有效地降低 DVT 发生率。

VFP 不仅可促进下肢血液回流,而且可刺激血管内皮细胞合成和释放纤溶酶原激活物,激活纤溶酶,促使血浆纤维蛋白溶解,防止血液凝固^[37]。临床常用抗凝药物主要通过抑制凝血酶生成或抑制血小板的环氧化酶,减少前列腺素的生成而抑制血小板聚集达到抗凝作用^[10,37-38]。VFP 联合抗凝药物,其作用机制相辅相成,共同预防静脉血栓,较单独使用抗凝药物能更有效地降低 DVT 发生率。故认为 VFP 联合低剂量化学药物可能是降低髌膝关节置换术后静脉血栓发生率和预防出血性疾病(如伤口血肿、胃肠道出血等)的有效策略。

本研究也存在自身的局限性。纳入的研究是世界各地不同的医院进行的,有不同的患者群体。研究中使用不同生产厂家及型号的 VFP 可能会影响研究结果。预防血栓的药物或 VFP 使用方案在这些研究中可能存在差异。虽然这些方案不一样,但其是根据指南采用的可接受的治疗方法。通过 meta 分析增加了样本量,可降低这些差异对测量结果、DVT/PE 发生率的影响。此外,本研究未发现 VFP 与其他机械预防措施的比较,因此,不同机械预防方式的效果还不明确,尚有待于进一步研究。

基于当前证据,VFP 能有效降低髌膝关节置换术后 DVT 发生率,VFP 联合药物预防的效果比单独使用药物预防的效果更好。对行髌膝关节置换术的患者建议 VFP 联合低剂量药物预防以达到最佳效果。由于相关的随机对照试验研究较少,且缺乏最新的研究,纳入的研究较多存在中度偏倚风险。因此,还需进行多中心、大样本、高质量的研究加以验证。

参考文献

[1] XU H,ZHANG S,XIE J,et al. A nested case-

- control study on the risk factors of deep vein thrombosis for Chinese after total joint arthroplasty[J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1):188.
- [2] LANDY D C, BRADLEY A T, KING C A, et al. Stratifying venous thromboembolism risk in arthroplasty: do high-risk patients exist[J]. *J Arthroplasty*, 2020, 35(5):1390-1396.
 - [3] LEE S, HWANG J I, KIM Y, et al. Venous thromboembolism following hip and knee replacement arthroplasty in Korea: a nationwide study based on claims registry[J]. *J Korean Med Sci*, 2016, 31(1): 80-88.
 - [4] CLARKE M T, GREEN J S, HARPER W M, et al. Screening for deep-venous thrombosis after hip and knee replacement without prophylaxis[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1997, 79(5): 787-791.
 - [5] SUDO A, SANO T, HORIKAWA K, et al. The incidence of deep vein thrombosis after hip and knee arthroplasties in Japanese patients: a prospective study [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2003, 11(2):174-177.
 - [6] 彭晨健. 老年髌膝骨关节炎患者关节置换术后并发症发生的影响因素分析[D]. 南京: 南京中医药大学, 2019.
 - [7] DIXON J, AHN E, ZHOU L, et al. Venous thromboembolism rates in patients undergoing major hip and knee joint surgery at Waitemata District Health Board: a retrospective audit[J]. *Intern Med J*, 2015, 45(4):416-422.
 - [8] SHAHI A, CHEN AF, TAN TL, et al. The incidence and economic burden of in-hospital venous thromboembolism in the United States [J]. *J Arthroplasty*, 2017, 32(4):1063-1066.
 - [9] 周亚婷. 内科住院患者深静脉血栓形成风险评估量表的研制[D]. 济南: 山东大学, 2018.
 - [10] 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, 36(2):65-71.
 - [11] SNOW V, QASEEM A, BARRY P, et al. Management of venous thromboembolism: a clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Academy of Family Physicians[J]. *Ann Fam Med*, 2007, 5(1): 74-80.
 - [12] INTIYANARAVUE T, THONGPULSAWASDI N, SINTHUVANICH N, et al. Enoxaparin versus no anticoagulation prophylaxis after total knee arthroplasty in Thai patients: a randomized controlled trial [J]. *J Med Assoc Thai*, 2017, 100(1):42-49.
 - [13] FALCK-YTTER Y, FRANCIS C W, JOHANSON N A, et al. Prevention of VTE in orthopedic surgery patients: antithrombotic therapy and prevention of thrombosis, 9th ed: American college of chest physicians evidence-based clinical practice guidelines [J]. *Chest*, 2012, 141(2 Suppl):S278-325.
 - [14] 徐琴鸿, 姜建帅, 叶智学, 等. 老年卧床患者下肢深静脉血栓防控指引的制订及应用[J]. *中华现代护理杂志*, 2018, 24(30):3609-3612.
 - [15] 曾宪涛, 包翠萍, 曹世义, 等. meta 分析系列之三: 随机对照试验的质量评价工具[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2012, 4(3):183-185.
 - [16] WARWICK D, HARRISON J, GLEW D, et al. Comparison of the use of a foot pump with the use of low-molecular-weight heparin for the prevention of deep-vein thrombosis after total hip replacement. A prospective, randomized trial[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1998, 80(8):1158-1166.
 - [17] BLANCHARD J, MEUWLY J Y, LEYVRAZ P F, et al. Prevention of deep-vein thrombosis after total knee replacement. Randomised comparison between a low-molecular-weight heparin (nadroparin) and mechanical prophylaxis with a foot-pump system[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1999, 81(4):654-659.
 - [18] FORDYCE M J, LING R S. A venous foot pump reduces thrombosis after total hip replacement[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1992, 74(1):45-49.
 - [19] PIETSCH M, Kühle J, HAMER H, et al. Mechanical versus drug prevention of thrombosis after total hip endoprosthesis implantation. A randomized, controlled clinical study [J]. *Biomed Tech (Berl)*, 2003, 48(7/8):207-212.
 - [20] PITTO R P, HAMER H, HEISS-DUNLOP W, et al. Mechanical prophylaxis of deep-vein thrombosis after total hip replacement a randomised clinical trial[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, 86(5):639-642.
 - [21] SANTORI F S, VITULLO A, STOPPONI M, et al. Prophylaxis against deep-vein thrombosis in total hip replacement. Comparison of heparin

- and foot impulse pump[J]. *J Bone Joint Surg Br*,1994,76(4):579-583.
- [22] SAKAI T,IZUMI M,KUMAGAI K,et al. Effects of a foot pump on the incidence of deep vein thrombosis after total knee arthroplasty in patients given edoxaban;a randomized controlled study[J]. *Medicine (Baltimore)*,2016,95(1):e2247.
- [23] STRANKS G J,MACKENZIE N A,GROVER M L,et al. The A-V impulse system reduces deep-vein thrombosis and swelling after hemiarthroplasty for hip fracture[J]. *J Bone Joint Surg Br*,1992,74(5):775-778.
- [24] TAMIR L,HENDEL D,NEYMAN C,et al. Sequential foot compression reduces lower limb swelling and pain after total knee arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*,1999,14(3):333-338.
- [25] WESTRICH G H,SCULCO T P. Prophylaxis against deep venous thrombosis after total knee arthroplasty. Pneumatic plantar compression and aspirin compared with aspirin alone[J]. *J Bone Joint Surg Am*,1996,78(6):826-834.
- [26] WARWICK D,HARRISON J,WHITEHOUSE S,et al. A randomised comparison of a foot pump and low-molecular-weight heparin in the prevention of deep-vein thrombosis after total knee replacement[J]. *J Bone Joint Surg Br*,2002,84(3):344-350.
- [27] WILSON N V,DAS S K,KAKKAR V V,et al. Thrombo-embolic prophylaxis in total knee replacement. Evaluation of the A-V Impulse System[J]. *J Bone Joint Surg Br*,1992,74(1):50-52.
- [28] WINDISCH C,KOLB W,KOLB K,et al. Pneumatic compression with foot pumps facilitates early postoperative mobilisation in total knee arthroplasty[J]. *Int Orthop*,2011,35(7):995-1000.
- [29] 孙玉勤,杨洁. 全髌/全膝关节置换术后患者应用足底动静脉脉冲系统减轻患肢肿胀的效果观察[J]. *护理学报*,2008,15(8):59-61.
- [30] 曹娟,王金玲,张环,等. 动静脉脉冲系统与低分子肝素钙联合应用预防全膝关节置换术后深静脉血栓[J]. *中国修复重建外科杂志*,2010,24(5):538-540.
- [31] 周方伦,徐国红,任明安,等. 磺达肝癸钠联合足底静脉泵预防髌、膝关节置换术后下肢深静脉血栓形成[J]. *浙江创伤外科*,2013,18(4):469-471.
- [32] PIETSCH M,KÜHLE J,HAMER H,et al. Mechanical versus pharmacological prophylaxis of deep-vein thrombosis in patients undergoing total hip replacement. A randomized,controlled clinical trial[J]. *BME*,2009,48(7/8):207-212.
- [33] PITTO R P,KOH C K. Flowtron foot-pumps for prevention of venous thromboembolism in total hip and knee replacement[J]. *J Orthop*,2015,12(1):35-38.
- [34] WALSH M,PRESTON C,BONG M,et al. Relative risk factors for requirement of blood transfusion after total hip arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*,2007,22(8):1162-1167.
- [35] 山慈明,尹慧珍,杜书明,等. 围手术期深静脉血栓形成的物理预防研究进展[J]. *中华护理杂志*,2014,49(3):349-354.
- [36] 徐婧. 围手术期深静脉血栓形成的物理预防研究进展[J/CD]. *中西医结合心血管病电子杂志*,2019,7(4):21.
- [37] 吴烨. 利伐沙班联合间歇充气加压装置对人工髌关节置换术后下肢深静脉血栓预防的研究[D]. 新乡:新乡医学院,2014.
- [38] 杜辖东,王烁,王万春. 髌关节与膝关节人工假体置换术后阿司匹林和肝素预防深静脉血栓比较的 meta 分析[J]. *中国骨与关节杂志*,2020,9(3):200-209.

(收稿日期:2021-02-18 修回日期:2021-06-28)