

## ·综述·

## 初次全膝关节置换术后压力绷带使用的研究进展

范哲源 颜京通 孙嘉阳 杨默笛 高忠礼

**【摘要】** 目前膝关节置换术后压力绷带的使用较为普遍。由于止血带的使用导致了原本肢体内的血液回流以及缺血后再次充血,进而引起肢体体积会立即增长10%,这一过程中压力绷带可以对其造成的肿胀形成限制。本文总结了近年来已发表的有关应用压力绷带的文献,对绷带的材质、使用方法,以及止血带之间的相互作用进行综述。

**【关键词】** 压力绷带; 膝关节置换术; 止血带; 预后

**Research Progress on the use of compression bandage after primary total knee arthroplasty** Fan Zheyuan, Yan Jingtong, Sun Jiayang, Yang Modi, Gao Zhongli. Department of Orthopedics, China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130033, China

Corresponding author: Yang Modi, Email: yangmodi@jlu.edu.cn

**【Abstract】** At present, the use of compression bandage after primary total knee arthroplasty is more and more common. The use of tourniquet leads to the blood reflux in the original limb and re-congestion after ischemia, and the limb volume will increase by 10% immediately. In this process, the compression bandage can limit the swelling caused by it. This paper summarizes the published literature on the application, the material and interaction with tourniquet in recent years.

**【Key words】** Compression bandages; Arthroplasty, replacement, knee; Tourniquets; Prognosis

全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)是治疗骨性关节炎的一种常见且非常成功的手术<sup>[1-5]</sup>。TKA术后可能会因关节腔内出血以及软组织炎症反应等原因出现关节的肿胀,进而出现疼痛,活动的减少,康复进程的延迟,住院时间的延长,甚至可能增加术后切口的裂开和感染率<sup>[6-8]</sup>。目前已被报道的冷敷、压力敷料、弹力绷带、应用利尿剂或非甾体抗炎药等方法可能对于减轻关节内出血和肿胀等有积极影响<sup>[9-11]</sup>。

关于全膝关节置换术后引起肿胀的原因目前学术界认为有两个主要机制。首先是由于组胺或组胺类物质的释放,导致血管通透性增加,进而使毛细血管允许更多的电解质和血浆蛋白进入组织作为对创伤的直接反应。这会导致细胞外液从血管流入组织,而这种反应是短暂的而有害的<sup>[9,12]</sup>。其次,手术造成的血管损伤会导致出血,出血会渗入组织直到被血栓堵塞<sup>[13]</sup>。虽然压迫疗法的机制尚不清楚,但人们相信体外对肢体的压力可以通过将血液从浅静脉系统输送到深静脉系统来帮助静脉回流,并通过提高小腿肌泵的效率来降低静水压,同时此举可有助于淋巴引流。基于上述理论越来越多的临床医生在膝关节置换术后选择使用压力绷带。

目前有关压力绷带的使用仍在学术界仍存在争议。在60例患者的随机对照试验中证实应用弹性压力绷带与普通

外科敷料相比能有效减轻术肢肿胀及术后失血量,增加术肢的屈伸活动度<sup>[14]</sup>。Guo-hua Li等在使用氨甲环酸联合压力绷带的情况下,术后的实验组的活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)高于对照组,而D-二聚体低于对照组,提示这种治疗模式可能是一种降低出血的潜在选择<sup>[15,16]</sup>。但是,Christopher等在研究后发现在术后使用弹力绷带24 h、后释放止血带的情况下似乎压力绷带并不能为患者提供益处<sup>[8]</sup>。Liu等<sup>[17]</sup>的meta分析中同样提示压力绷带不能为患者提供疼痛评分、肿胀、失血、关节活动度及其他并发症等方面提供优势。本文将近年来已发表的有关应用压力绷带的文献进行综述,以期对临床工作进行指导。

### 一、全膝关节置换术后的相关并发症

全膝关节置换术作为一种成熟的手术方式,大大改善了膝关节晚期病变患者的疼痛症状,提升了生活质量,纠正了力线,越来越多的临床医生及患者选择其作为解决膝关节问题的终极手段<sup>[18-21]</sup>。但是我们不能忽略其广泛且频发的术后相关并发症的发生,包括术后伤口脂肪液化、切口感染、切口不愈合、切口周围的张力性水泡、假体周围感染、假体周围骨折、假体周围无菌性松动、下肢深静脉血栓形成、心肌梗死、肺栓塞、脑梗塞、应激性溃疡、心律失常、严重胃肠道反应、肺部感染、泌尿系统感染、尿潴留等<sup>[22-27]</sup>。在TKA术后的康复过程中,关节腔内的出血和局部发生的软组织炎症大大增加了关节的肿胀程度,痛感的进一步加深,膝关节活动度的减少,整体康复进程的延迟,住院时间的延长,甚至可能增加术后切口的裂开和感染率。为了避免由于肿胀引起的各类并

发症,无数研究者采取了各式各样的方法。Naresh Kumar 在一项基于 120 例患者的前瞻性随机实验中发现堵塞股骨髓内定位入口后 24 h 内总引流量和平均引流量均有显著降低,而 6 个月后骨愈合良好,未出现松动迹象,此举在不产生并发症的同时大大降低了关节内的出血<sup>[28]</sup>。Lotke 等<sup>[29]</sup> 在使用多种止血带与压力绷带的组合应用下发现其失血量与止血带的释放后再次充气相关。Parker 等<sup>[30]</sup> 则从封闭式引流系统入手,得出了引流伤口和未引流伤口的伤口感染、血肿或裂开发生率无差异的结论。在 C Gibbons 的研究中,冷敷疗法在控制失血方面也体现出一定的优势<sup>[31]</sup>。各式各样的方法被研究者尝试着去使用以减轻出血和软组织炎症造成的肿胀,压力疗法也是其中的重要组成部分<sup>[32-38]</sup>。

## 二、压力疗法的原理及应用

压力疗法对于水肿的限制是有效的。水肿的发生原因可能是由于静脉或淋巴阻塞或血管通透性增加而产生的局部症状,也可能是由于慢性充血性心力衰竭或肾脏疾病的恶化而展现的全身症状。水肿是疾病的临床症状或体征,而不是疾病本身的原因,许多病理过程可导致水肿。膝关节置换术后引起的急性水肿是炎症性的,并伴有红肿和疼痛。它大大加剧了不良症状并经常导致外伤性水泡。文献中很少有文章讨论外部压力对于周围水肿形成或促进周围水肿消退的机制。在全膝关节置换术中,止血带的充压过程会导致所处位置的血管因受压从而中断对所支配区域的供血和供氧,而泄压过程则会使这些受压迫的血管重新开放并使下肢的血供得以恢复<sup>[39]</sup>。这一过程从本质上来说就是一种人为制造的缺血再灌注损伤过程,造成一系列诸如水肿、疼痛、感觉异常等表现,甚至出现全身的不良反应如循环系统损伤、肝肾损伤、全身性炎症反应综合征等。缺血再灌注损伤的具体形成机制尚不明确,其可能机制与氧化应激、钙超载、炎症等相关<sup>[40-44]</sup>。Matse 通过观察兔子的胫骨骨折模型得出结论:外用压力绷带可以限制受伤组织的肿胀,同时并指出,压力必须均匀覆盖患肢,以防止不良反应的发生,如骨筋膜室综合征。目前的争论主要围绕着外部压迫是否能改善静脉流出或阻碍血管的流入以及其有利于受损组织恢复的程度<sup>[9,45]</sup>。加压时将多余的淋巴液被推回血液循环中,与此同时加速了肢体静脉血流速度,以达到消除水肿的效果;另一方面,加压部位静脉血管的排空及肢体动脉的灌注,加速血液的回流或流向周围毛细血管,从而显著地增大血流速度<sup>[46]</sup>。静脉血流速度挤压时可达无挤压时的 175%~366%,显著地降低了血液淤滞,预防凝血因子的聚集及对血管内膜的黏附,并能增加纤溶系统的活性,使前列环素生成增加,加速新陈代谢,改善病变部位的血液循环;由于血流速度增大,进一步增强了网状内皮细胞的吞噬功能,促进渗出液的吸收,加速代谢产物的排泄,减少炎性产物对外周感受器的刺激,从而有效减轻水肿<sup>[47,48]</sup>。另一方面,外部压力疗法对于降低下肢静脉血栓的形成有着积极的影响。术后静脉血流减慢、血管内皮损伤、血液高凝状态是形成下肢静脉血栓的三大要素。利用物理原理使下肢静脉血流加速,减少血液滞留以降低静脉血栓发生率是可行的应对方法<sup>[49]</sup>。其功效也得到多数临床医生

的认可,并广泛应用在临床工作中<sup>[50,51]</sup>。

## 三、压力绷带的应用

罗伯特琼斯爵士被认为是第一位建议使用绷带控制上肢和下肢水肿,特别是与战时伤害相关水肿的学者<sup>[9,31,52,53]</sup>。他描述了一种由棉布绷带包裹厚重羊毛的材料。虽然此前对于压力敷料的使用已经持续了几个世纪,但是却鲜有人详细的描述其应用。Charambalide 等<sup>[54]</sup>发现膝关节置换术后应用压力绷带与普通敷料相比可以减少关节术后出血,证实了此前部分外科医生选用该方式改善膝关节置换术后患者预后的可行性,为压力绷带的使用提供了理论依据。此后越来越多的学者参与到膝关节置换与压力绷带的研究当中,并形成了目前大部分临床医生的使用方法(见图 1),尽管一些

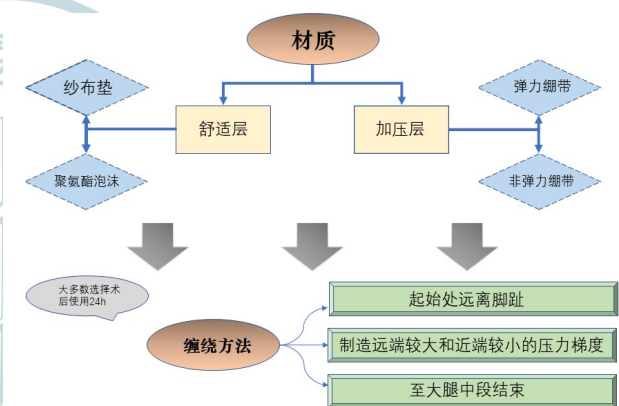


图1 压力绷带的材质选择与使用方法

细节仍未在学术界达成统一。

## (一)压力绷带的材质

关于压力绷带的材质,常用的有弹力绷带、无弹力绷带两种类型。研究发现,与压缩袜相比,非弹性压迫通过减少静脉返流与改善小腿肌泵功能从而对深静脉血流动力学有显著影响<sup>[55]</sup>。Richard K 等人的研究中提示虽然在最初时弹力绷带可以提供更佳的预防水肿功能,但是这种优势会在长时间的随访中消失。Mayberr 等<sup>[56]</sup>分析了 16 例慢性静脉功能不全的患者采用股静脉和腘静脉血流速度的双重测量,分析了压迫疗法对深静脉血流动力学的影响。尽管压力袜提供了相当大的表面压力,但它们仅在腘静脉血流速度方面有轻微的增加,在深静脉血流动力学方面没有明显改善。Brode 等将一种由三层羊毛和三层绒布以及弹力绷带组成的绷带命名为改良 Robert Jones 绷带。传统的 Robert Jones 绷带中往往使用三层结构对患处进行加压包扎,第一层和第二层使用 3 到 5 层的敷料和 1 层绷带(6 英寸),第三层先使用 1 到 2 卷下层填充敷料,然后使用 1 层弹性材料作为最外层固定。这种绷带可以更好的促进静脉引流并通过填塞效应减少关节出血<sup>[10]</sup>。研究表明在膝关节扭伤后使用普通弹力绷带和改良 Robert Jones 绷带相比,在疼痛评分、关节活动度、止痛药花费以及患者满意度等多方面没有差异<sup>[57]</sup>。短延展非弹力绷带可提高患者膝关节置换术后的牛津膝关节评分和 EQ-5D-3L 评分<sup>[1,58]</sup>。张成龙等在同期行双侧膝关节置换术



的患者中随机选择肢体,一侧使用弹力绷带包扎,另一侧使用普通外科敷料,结果显示弹力绷带组在膝关节肿胀和活动度方面有着更好的表现<sup>[4]</sup>。关于何种绷带在膝关节置换中的表现更优,仍需更多高质量的研究去证实。

## (二)压力绷带的操作方法

关于压力绷带的使用方法, Gerard等<sup>[9]</sup>进行了非常详细的描述,一般认为初始的缠绕位置从足背或第一和第五跖趾关节处开始,在大腿中部结束。与传统的三层绷带不同,目前大多数临床医生使用了更加简洁有效的方式,可分为舒适层与加压层。舒适层一般由聚氨酯泡沫或无菌纱布垫覆盖,加压层则选用的不同材质的粘性绷带。前几圈在缠绕时应以较小压力进行,以为出现术后出现的肿胀留出一定的空间,随后压力开始逐渐增加。尽量将绷带远离脚趾,特别是有周围神经症的患者,以防止压疮的出现。如果水肿严重到引起了趾间溃疡,可将棉质纱布松散地放置在各趾间隙。在后续的缠绕过程中应制造远端较大和近端较小的压力梯度,以减少静脉返流与改善小腿肌泵功能<sup>[9,59]</sup>。

## (三)压力绷带的使用时间

有关初次压力绷带使用时间与压力绷带使用后所能维持压力密切相关。Rosen和Schatzker报道了在使用加压敷料的情况下压力传感器反应初始压力只能维持5分钟或更短时间。然而,Smillie的研究显示,初始压力可以维持大约48 h,这取决于外科医生对于压力绷带的使用技术。Brodell等<sup>[52]</sup>在膝关节置换术后使用一种特制的导管在加压敷料下每隔15分钟测量压力,结果发现压力基本保持不变。这项研究的结果清楚地表明压力可以保持较长时间。Raj等<sup>[60]</sup>则发现6到8 h可能出现压力的下降,而多重的压力绷带可以增加压力的维持时间。压力绷带的使用时间在临床工作中并没有明确的应用标准,报道中出现的使用时间包括术后24 h、48 h、7 d<sup>[1,6-8,61-63]</sup>。考虑到临床工作中需要定期对切口进行换药处理,似乎过长时间的压力维持时间并不是我们所需要追求的,但是通过多层绷带的使用,使维持时间达到48 h以上,以保证换药处理之前压力的衰减不至于使压力绷带的作用失效可能是有意义的。我们仍需要更多研究证实长时间对下肢提供压力是否可以对患者的远期预后提供益处。

## 四、压力绷带与止血带

### (一)止血带的应用

自膝关节置换术首次出现后,止血带的使用就已经被不少临床医生所推荐,它的存在大大提升了术区的视野,同时维持了骨水泥使用时的无血区域<sup>[64-71]</sup>。一些研究已经证实了使用止血带的不良影响,如术后疼痛,静脉血栓栓塞,以及术后恢复的时间<sup>[72-75]</sup>。一些研究人员担心充气止血带可能会减少伸肌机构的自然偏移,导致髌股轨迹改变,增加不必要的外侧支持带松动和髌骨不稳定的风险<sup>[76]</sup>,同时伸肌结构对膝关节外侧间隙的限制作用增加,增加了膝关节屈曲时的外侧间室的负荷。因此,一些膝关节外科医生推荐在不使用止血带的情况下进行手术。Eoin等<sup>[64]</sup>在8项研究的meta分析中发现止血带的使用并不会对疼痛、膝关节活动度以及住院时间等产生影响。因而我们认为,为了外科医师更佳的术中体

验,应常规使用止血带,而这一举措将对压力绷带的使用造成影响。

### (二)压力绷带的应用与止血带释放的时机

目前大部分骨科医师都会在膝关节置换术同时使用止血带与压力绷带,而何时释放止血带的时机与压力绷带使用的时机仍是学术界争论的焦点。由于原本肢体内的血液回流以及缺血后再次充血的过程导致手术侧下肢在释放止血带后会体积会立即增长10%,其中大约一半的肿胀是由于曾经失血的血容量恢复到肢体,因而医生更多选择对肢体采用限制性的手段控制肿胀<sup>[66,77]</sup>。压力绷带可以很好地完成这种限制。一部分医生主张在缝合伤口前释放止血带,进行充分止血后再缝合伤口,而这一举措可能会导致失血量的增加<sup>[65]</sup>。Snir等<sup>[66]</sup>对于膝关节置换术中延迟与提前释放止血带两种选择进行回顾性分析,结果提示缝合伤口前释放止血带可能在不影响失血量的同时降低了水泡的发生率。这可能是由于在止血带松开之前使用压力绷带导致再灌注时肢体扩张而引起皮肤和敷料之间的剪切力增加。基于893例行初次全膝关节置换病例的meta分析指出,早期释放止血带止血会增加初次膝关节置换术的出血量。然而,伤口闭合后释放止血带会增加需要再次手术的早期术后并发症的风险<sup>[78]</sup>。这无疑为止血带与压力绷带配合使用的方法提出了问题,除了对于术后早期并发症和失血量的关注以外,我们依旧不可忽视使用方法对于膝关节活动度、肿胀、痛感以及功能评分的关注。

压力绷带在膝关节置换术后的应用仍有很多值得探讨的地方。但是我们需要注意的是无论是绷带的材质、压力绷带的使用时间、释放止血带的时机都尚未出现高质量的研究以协助临床医生做出最优的选择。无论是弹力绷带还是非弹力绷带均有提高术后康复的潜力,但是关于二者之间对比的研究较少。而不同的绷带使用时间也可能是影响结局指标的变量,根据以往的研究表明压力的维持可能是48 h,在这种情况下术后首次压力绷带使用48 h或更长时间相比于24 h是否有更大的优势是未知的。缝合伤口前释放止血带后再使用压力绷带可降低水泡的发生率,但是这种行为是否对于膝关节活动度、疼痛、肿胀、住院时长等方面有同样的正面影响目前仍少有研究。止血带的释放时机与压力绷带的使用与是否存在某种联系也是值得思考的一个问题。我们仍需更多高质量、多变量的研究去明确最佳的压力绷带使用方法以加速全膝关节置换术后患者的恢复。

## 参 考 文 献

- 1 Brock TM, Sprowson AP, Muller S, et al. STICKS study - Short-sStretch Inelastic Compression bandage in Knee Swelling following total knee arthroplasty - a feasibility study [J]. *Trials*, 2017, 18(1): 6.
- 2 林四龙, 潘宏. 氨甲环酸在全膝关节置换术围手术期的抗炎效果研究 [J]. *中国基层医药*, 2021, 28(3): 400-404.
- 3 刘莉, 刘晓艳, 黄靖, 等. 加速康复外科模式下初次全膝关节置换术围手术期输注白蛋白的影响因素研究 [J]. *中华骨与关节外科杂*

- 志, 2021, 14(2): 121-125.
- 4 潘盛, 郭开今, 查国春, 等. 非负重位局部膝关节X线片评估全膝关节置换术后下肢力线的应用价值 [J]. 中华解剖与临床杂志, 2021, 26(3): 249-252.
- 5 肖国庆, 刘选泽, 严钰皓, 等. 后交叉韧带替代型假体全膝关节置换术后屈曲受限的影响因素 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(9): 1362-1367.
- 6 Charalambides C, Beer M, Melhuish J, et al. Bandaging technique after knee replacement [J]. Acta Orthop, 2005, 76(1): 89-94.
- 7 Cheung A, Lykostratis H, Holloway I. Compression bandaging improves mobility following total knee replacement in an enhanced recovery setting [J]. J Perioper Pract, 2014, 24(4): 84-86.
- 8 Matthews CN, Chen AF, Daryoush T, et al. Does an elastic compression bandage provide any benefit after primary TKA? [J]. Clin Orthop Relat Res, 2019, 477(1): 134-144.
- 9 Yu GV, Schubert EK, Khoury WE. The jones compression bandage. review and clinical applications [J]. J Am Podiatr Med Assoc, 2002, 92(4): 221-231.
- 10 Pinsornsak P, Chumchuen S. Can a modified Robert Jones bandage after knee arthroplasty reduce blood loss? A prospective randomized controlled trial [J]. Clin Orthop Relat Res, 2013, 471(5): 1677-1681.
- 11 刘俊, 尹锐, 罗政, 等. 弹力绷带用于膝关节置换术后病人23例的临床疗效 [J]. 中国中医骨伤科杂志, 2016, 24(8): 65-67.
- 12 McLaren AC, Rorabeck CH. The pressure distribution under tourniquets [J]. J Bone Joint Surg Am, 1985, 67(3): 433-438.
- 13 张阳, 钱齐荣, 吴海山, 等. 氨甲环酸减少全膝关节置换术失血量的Meta分析 [J]. 中华骨科杂志, 2009, 29(6): 524-529.
- 14 张成龙, 胡川, 张铭, 等. 初次全膝关节置换后弹力绷带的应用 [J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(24): 3851-3856.
- 15 Li GH, Ding LM, Sun L, et al. Tranexamic acid combined with compression bandage following total knee arthroplasty promotes blood coagulation: a retrospective analysis [J]. Biomed Res Int, 2020, 2020: 2739560.
- 16 何利雷, 陈逊文, 赵立连, 等. 弹力绷带加压包扎联合低分子肝素对全膝关节置换患者下肢深静脉血栓的影响 [J]. 生物骨科材料与临床研究, 2016, 13(5): 55-57, 61.
- 17 Liu P, Mu XH, Zhang QD, et al. Should compression bandage be performed after total knee arthroplasty? A meta-analysis of randomized controlled trials [J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15(1): 52.
- 18 吕厚山. 人工膝关节置换术的进展和现状 [J]. 中华外科杂志, 2004, 42(1): 30-33.
- 19 国家卫生和计划生育委员会公益性行业科研专项《关节置换术安全与效果评价》项目组, 中华医学会骨科学分会关节外科学组, 中国医疗保健国际交流促进会骨科分会关节学组, 等. 中国髌、膝关节置换术加速康复——合并心血管疾病患者围术期血栓管理专家共识 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2016, 9(3): 181-184.
- 20 姜涛. 疼痛控制对人工全膝关节置换术后患者早期康复效果的影响 [J]. 中国伤残医学, 2017, 25(4): 90-91.
- 21 王亚魁, 王敏, 郑卓肇. 全膝关节置换术后MAVRIC-SL技术减低金属伪影效果的评估 [J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(9): 929-933.
- 22 李玉龙, 翁习生, 董玉雷. 老年全膝关节置换术围手术期并发症影响因素的研究进展 [J]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2016, 2(3): 177-180.
- 23 马金忠. 影响膝关节置换并发症的因素 [J]. 国外医学:骨科学分册, 2001 (1): 60-61.
- 24 成亮, 李康华. 全膝关节置换术后并发症的现状与进展 [J]. 中华关节外科杂志:电子版, 2013, 7(2): 245-249.
- 25 冯宾, 翁习生, 林进, 等. 初次全膝关节置换术后并发症及翻修手术的原因分析 [J]. 中华外科杂志, 2015, 53(2): 106-109.
- 26 张浩沙强, 宁凯, 郭瑞, 等. 全膝关节置换术后早期并发症的原因分析 [J]. 中华全科医学, 2015, 13(1): 27-31.
- 27 黄志峰, 林进, 翁习生, 等. 全膝关节置换术后引流对血红蛋白下降和并发症的影响 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2017, 10(1): 22-26.
- 28 Kumar N, Saleh J, Gardiner E, et al. Plugging the intramedullary canal of the femur in total knee arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2000, 15(7): 0-949.
- 29 Lotke PA, Faralli VJ, Orenstein EM, et al. Blood loss after total knee replacement. Effects of tourniquet release and continuous passive motion [J]. J Bone Joint Surg Am, 1991, 73(7): 1037-1040.
- 30 Parker MJ, Livingstone V, Clifton R, et al. Closed suction surgical wound drainage after orthopaedic surgery [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2007, 2007(3): CD001825.
- 31 Gibbons CE, Solan MC, Ricketts DM, et al. Cryotherapy compared with Robert Jones bandage after total knee replacement: a prospective randomized trial [J]. Int Orthop, 2001, 25(4): 250-252.
- 32 Veale RWF, Kollmetz T, Taghavi N, et al. Influence of advanced wound matrices on observed vacuum pressure during simulated negative pressure wound therapy [J]. J Mech Behav Biomed Mater, 2023, 138: 105620.
- 33 Biermann N, Geissler EK, Brix E, et al. Pressure distribution and flow characteristics during negative pressure wound therapy [J]. J Tissue Viability, 2020, 29(1): 32-36.
- 34 Orlov A, Gefen A. Effective negative pressure wound therapy for open wounds: The importance of consistent pressure delivery [J]. Int Wound J, 2023, 20(2): 328-344.
- 35 Zhang H, Wang HY, Wang DL, et al. Effect of pressure therapy for treatment of hypertrophic scar [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98 (26): e16263.
- 36 Tuncali B, Kokten G, Boya H, et al. Efficacy of arterial occlusion pressure estimation-based tourniquet pressure settings in upper limb surgery [J]. J Orthop Sci, 2022, 27(5): 1051-1055.
- 37 Boyle CJ, Carpanen D, Pandelani T, et al. Lateral pressure equalisation as a principle for designing support surfaces to prevent deep tissue pressure ulcers [J]. PLoS One, 2019, 15(1): e0227064.
- 38 Wu SM, Wang XD, Zhang XJ, et al. The application of vacuum negative pressure cupping combing with pressure bandage in the treatment of deep pressure ulcers [J]. Asian J Surg, 2020, 43(8): 858-859.
- 39 Ma HJ, Guo XZ, Cui SC, et al. Dephosphorylation of AMP-activated protein kinase exacerbates ischemia/reperfusion-induced acute kidney injury via mitochondrial dysfunction [J]. Kidney Int, 2022, 101 (2): 315-330.
- 40 Li YC, Cao YM, Xiao J, et al. Inhibitor of apoptosis-stimulating protein of p53 inhibits ferroptosis and alleviates intestinal ischemia/reperfusion-induced acute lung injury [J]. Cell Death Differ, 2020, 27 (9): 2635-2650.
- 41 Wang H, Xi ZF, Deng L, et al. Macrophage polarization and liver Ischemia-Reperfusion injury [J]. Int J Med Sci, 2021, 18(5): 1104-1113.
- 42 刘东, 卫栋, 陈静瑜. 下肢缺血预处理对大鼠肺缺血再灌注损伤的保护作用 [J]. 中华实验外科杂志, 2013, 30(4): 841.
- 43 Patel PM, Connolly MR, Coe TM, et al. Minimizing ischemia reperfusion injury in xenotransplantation [J]. Front Immunol, 2021, 12: 681504.
- 44 李颖, 孙中洋, 姜凤洁, 等. 大鼠成肌细胞缺血再灌注损伤模型的建

- 立与验证[J]. 中华显微外科杂志, 2019, 42(3): 272-274.
- 45 Tansey EA, Montgomery LEA, Quinn JG, et al. Understanding basic vein physiology and venous blood pressure through simple physical assessments [J]. *Adv Physiol Educ*, 2019, 43(3): 423-429.
- 46 Fernández AR, Sánchez-Tarjuelo R, Cravedi P, et al. Review: ischemia reperfusion Injury- A translational perspective in organ transplantation [J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(22): 8549.
- 47 Wang BT, Wang YW, Sun ZJ, et al. Multiple blood flow surges during intermittent pneumatic compression: The origins and their implications [J]. *J Biomech*, 2022, 143: 111264.
- 48 Yan JY, Xu ZP, He XJ, et al. Pressure gradient means flow [J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 149.
- 49 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.
- 50 徐立明, 宋国权. 弹力绷带压迫浅静脉法在下肢深静脉血栓溶栓治疗的应用[J]. 中华医学研究杂志, 2006, 6(4): 1-8.
- 51 Kruger PC, Eikelboom JW, Douketis JD, et al. Deep vein thrombosis: update on diagnosis and management [J]. *Med J Aust*, 2019, 210(11): 516-524.
- 52 Brodell JD, Axon DL, Evarts CM. The robert jones bandage [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1986, 68(5): 776-779.
- 53 Feng XB, Zhao GQ, Yan Q. The efficacy and safety of modified Robert Jones bandage in total knee arthroplasty: A meta-analysis of randomized-controlled trials [J]. *Int J Surg*, 2019, 63: 22-33.
- 54 Shi C, Dumville JC, Cullum N, et al. Compression bandages or stockings versus no compression for treating venous leg ulcers [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 7(7): CD013397.
- 55 Spence RK, Cahall E. Inelastic versus elastic leg compression in chronic venous insufficiency: a comparison of limb size and venous hemodynamics [J]. *J Vasc Surg*, 1996, 24(5): 783-787.
- 56 Ogata K, Whiteside LA. Effects of external compression on blood flow to muscle and skin [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1982(168): 105-107.
- 57 Hughes DL, Crosby AC. Treatment of knee sprains: modified Robert Jones or elastic support bandage? [J]. *J Accid Emerg Med*, 1995, 12(2): 115-118.
- 58 Brock TM, Sprowson AP, Muller S, et al. Short-stretch inelastic compression bandage in knee swelling following total knee arthroplasty study (STICKS): study protocol for a randomised controlled feasibility study [J]. *Trials*, 2015, 16: 87.
- 59 陈兵, 孟锦, 洪敏, 等. 下肢及会阴部改良式绷带包扎法[J]. 局解手术学杂志, 2009, 18(2): 119-120.
- 60 Raj TB, Goddard M, Makin GS. How long do compression bandages maintain their pressure during ambulatory treatment of varicose veins? [J]. *Br J Surg*, 1980, 67(2): 122-124.
- 61 Andersen LØ, Husted H, Otte KS, et al. A compression bandage improves local infiltration analgesia in total knee arthroplasty [J]. *Acta Orthop*, 2008, 79(6): 806-811.
- 62 Munk S, Jensen NJF, Andersen I, et al. Effect of compression therapy on knee swelling and pain after total knee arthroplasty [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013, 21(2): 388-392.
- 63 Kayamori S, Tsukada S, Sato M, et al. Impact of postoperative compression dressing using polyethylene foam pad on the multimodal protocol for swelling control following total knee arthroplasty: a randomized controlled trial [J]. *Arthroplast Today*, 2016, 2(4): 199-204.
- 64 McCarthy Deering E, Hu SY, Abdulkarim A. Does tourniquet use in TKA increase postoperative pain? a systematic review and meta-analysis [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2019, 477(3): 547-558.
- 65 Morrey BF. Timing of Tourniquet Release in Knee Arthroplasty: Meta-Analysis of Randomized, Controlled Trials [M]. *Yearbook of Orthopedics*, 2008: 101-102.
- 66 Heller S, Chen A, Restrepo C, et al. Tourniquet release prior to dressing application reduces blistering following total knee arthroplasty [J]. *J Arthroplasty*, 2015, 30(7): 1207-1210.
- 67 田毅. 全膝关节置换中止血带的不同使用方案效果比较[J]. 医药前沿, 2021, 11(2): 53-54.
- 68 谢小伟, 岳辰, 黄泽宇, 等. 全膝关节置换术应用与不应用止血带的随机对照研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(17): 1572-1576.
- 69 曹学伟, 杨伟毅, 梁比记, 等. 不同止血带使用方法对TKA围手术期失血量影响的临床研究[J]. 中国骨与关节外科, 2011, 4(6): 455-459.
- 70 李彬, 田峰, 温昱, 等. 全膝关节置换术中不同时机释放止血带比较的Meta分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2011, 19(19): 1596-1600.
- 71 杜哲. TKA中止血带应对围手术期失血量及近期疗效的影响研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2014: 1318-1323.
- 72 邓波, 洪海南, 范勇勇, 等. 全膝关节置换全程与仅在安装假体时使用止血带疗效及安全性比较的Meta分析[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(18): 2908-2914.
- 73 孙长蛟, 景峰, 蔡谓. 血管钙化患者膝关节置换术中止血带使用的研究进展[J]. 中国医师杂志, 2021, 23(3): 477-480.
- 74 魏亚因, 高子军, 董补怀. 气压止血带在全膝关节置换术中应用的研究进展[J]. 临床医学进展, 2021, 11(4): 1944-1951.
- 75 杨正杰, 杜润中, 程坤. 老年初次膝关节置换术中限制性应用止血带对术后恢复的影响[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(4): 783-786.
- 76 Sculco P, Gruskay J, Nodzo S, et al. The role of the tourniquet and patella position on the compartmental loads during Sensor-Assisted total knee arthroplasty [J]. *J Arthroplasty*, 2018, 33(7S): S121-S125.
- 77 Silver R, de la Garza J, Rang M, et al. Limb swelling after release of a tourniquet [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1986(206): 86-89.
- 78 Rama KR, Apsingi S, Poovali S, et al. Timing of tourniquet release in knee arthroplasty. Meta-analysis of randomized, controlled trials [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2007, 89(4): 699-705.

(收稿日期: 2022-05-12)

(本文编辑: 吕红芝)

范哲源, 颜京通, 孙嘉阳, 等. 初次全膝关节置换术后压力绷带使用的研究进展[J/CD]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2023, 9(4): 247-251.