

· 临床研究 ·

全膝置换术止血带与控制性低血压的比较[△]

李兴龙, 刘家伟, 丁亚, 程建军, 程功, 孙广峰, 潘檀, 王宏亮*

(蚌埠医学院附属阜阳市人民医院, 安徽阜阳 236000)

摘要: [目的] 比较止血带与控制性低血压在全膝关节置换中应用的早期结果。[方法] 2022 年 9 月—2023 年 1 月 125 例膝骨性关节炎行单侧全膝关节置换患者纳入本研究。采用随机数字表分为两组, 其中, 60 例使用止血带 (TQ 组), 65 例使用控制性低血压 (CH 组)。比较两组早期临床及检验资料。[结果] 两组患者均顺利完成手术, TQ 组术中失血量 [(60.2±12.7) ml vs (89.1±16.5) ml, $P<0.001$] 显著少于 CH 组, 但前者术后引流量 [(160.1±39.4) ml vs (128.0±37.5) ml, $P<0.001$]、隐性失血量 [(550.2±277.7) ml vs (420.4±273.1) ml, $P=0.009$]、总失血量 [(770.5±275.1) ml vs (637.4±271.2) ml, $P=0.007$] 显著多于后者。两组术后膝关节 ROM 和 HSS 评分均显著增加 ($P<0.05$), 术后 5 d 及 1 个月, TQ 组膝关节 ROM [(95.5±6.4)° vs (100.5±7.1)°, $P<0.001$; (106.2±8.3)° vs (109.4±7.6)°, $P=0.025$] 和 HSS 评分 [(67.7±5.9) vs (72.3±6.9), $P<0.001$; (81.1±4.6) vs (83.3±4.5), $P=0.010$] 均显著少于 CH 组。检验方面, 两组患者术前 Hb、Hct、APTT、PT、Fib、D-D、CRP、IL-6 的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。TQ 组术后第 1 d Hb、Hct、APTT、PT 和术后第 3 d Hb、Hct、APTT 显著低于 CH 组 ($P<0.05$), 而术后第 1 d 前者的 D-D、CRP、IL-6 和术后第 3 d Fib、D-D、CRP、IL-6 均显著高于后者 ($P<0.05$)。[结论] 全膝置换采用控制性低血压可减少总失血量, 缓解术后高凝状态, 减少炎症反应, 促进膝关节功能的早期康复。

关键词: 全膝关节置换术, 止血带, 控制性低血压, 早期康复

中图分类号: R687.4 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2024) 05-0463-05

Comparison of tourniquet versus controlled hypotension in total knee arthroplasty // LI Xing-long, LIU Jia-wei, DING Ya, CHENG Jian-jun, CHENG Gong, SUN Guang-feng, PAN Tan, WANG Hong-liang. People's Hospital of Fuyang City, Bengbu Medical College, Fuyang 236000, China

Abstract: [Objective] To compare the early results of tourniquet versus controlled hypotension in total knee arthroplasty. **[Methods]** A total of 125 patients who underwent unilateral total knee arthroplasty for knee osteoarthritis from September 2022 to January 2023 were included in this study, and divided into two groups using the random number table method. Of them, 60 patients were treated with tourniquet (the TQ group), while other 65 patients were treated with controlled hypotension (the CH group). The early clinical and laboratory data of the two groups were compared. **[Results]** The operation was successfully completed in both groups. Although the TQ group had significantly lower intraoperative blood loss than the CH group [(60.2±12.7) ml vs (89.1±16.5) ml, $P<0.001$], the former proved significantly greater than the latter in terms of postoperative drainage volume [(160.1±39.4) ml vs (128.0±37.5) ml, $P<0.001$], latent blood loss [(550.2±277.7) ml vs (420.4±273.1) ml, $P=0.009$], total blood loss [(770.5±275.1) ml vs (637.4±271.2) ml, $P=0.007$]. The ROM and HSS scores significantly increased in both groups, 5 days and 1 month postoperatively compared with those preoperatively ($P<0.05$). The TQ group was significantly inferior to the CH group in terms of knee ROM [(95.5±6.4)° vs (100.5±7.1)°, $P<0.001$; (106.2±8.3)° vs (109.4±7.6)°, $P=0.025$] and HSS score [(67.7±5.9) vs (72.3±6.9), $P<0.001$; (81.1±4.6) vs (83.3±4.5), $P=0.010$] 5 days and 1 month postoperatively. As for laboratory test, there were no statistically significant differences in preoperative Hb, Hct, APTT, PT, Fib, D-D, CRP and IL-6 between the two groups ($P<0.05$). The TQ group had significantly lower Hb, Hct, APTT, PT 1 day after surgery, Hb, Hct, APTT 3 days after surgery, whereas significantly higher D-D, CRP, IL-6 one day and 3 days postoperatively than the CH group ($P<0.05$). **[Conclusion]** Total knee arthroplasty under controlled hypotension does reduce total blood loss, relieve postoperative hypercoagulability, reduce inflammatory response, and promote early recovery of knee function.

Key words: total knee arthroplasty, tourniquet, controlled hypotension, early rehabilitation

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.05.15

△基金项目: 2021 年度阜阳市卫生健康委科研发立项课题面上项目 (编号: FY2021-009); 2022 年度安徽省脊柱畸形临床医学研究中心医疗创新基金项目 (编号: AHJZJX-GG2022-003); 中国红十字基金会科研项目 (编号: XM_LHJY2022_05_23)

作者简介: 李兴龙, 专业硕士研究生, 研究方向: 骨科学, (电话) 17853737521, (电子信箱) 1290717753@qq.com

* **通信作者:** 王宏亮, (电话) 13956794773, (电子信箱) fywhl@sina.com

全膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 是治疗终末期膝关节骨关节炎的有效方法, 术中常使用止血带 (tourniquet, TQ) 以减少术中出血, 但是长期使用 TQ 具有增加隐性失血量^[1]、增加术后疼痛^[2]、加重术后高凝状态^[3]、增加伤口感染风险^[4]等缺点。控制性低血压 (controlled hypotension, CH) 技术^[5]是指使用药物和/或麻醉技术将平均动脉压降低至 55~65 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 收缩压降至 80~90 mmHg, 或将平均动脉压降低至基线值的 70%, 具有减少术中出血量、减轻组织水肿等优点, 在临床科室中得到了广泛的应用。

本研究旨在比较 CH 和 TQ 在 TKA 中的应用效果, 探索 CH 在 TKA 中是否具有优势, 现报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

本研究属于前瞻性随机对照研究, 于 2022 年 9 月—2023 年 1 月进行, 随访期为术后 1 个月。患者均因膝关节骨关节炎计划行单侧 TKA。排除存在麻醉禁忌、下肢深静脉血栓形成、精神疾病或认知障碍、免疫性结缔组织病的患者。共有 125 例患者完成本研究, 依据随机整数表法分为两组, 其中 TQ 组 60 例, CH 组 65 例。一般资料见表 1, 两组年龄、性别、BMI、ASA 分级等一般资料的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究获得医院医学伦理委员会的批准, 所有患者均知情同意。

1.2 手术方法

所有患者均采用气静复合麻醉。患者送入手术室后, 连接心电监护、血氧饱和度检测装置, 行桡动脉穿刺置管测压。使用依托咪酯 0.15~0.2 mg/kg、咪达唑仑 0.05~0.1 mg/kg、罗库溴铵 0.6 mg/kg、舒芬太尼 0.1~0.5 μ g/kg 等诱导, 给予气管插管、机械通气, 静脉泵入丙泊酚 3~12 mg/(kg·h)、瑞芬太尼 6~30 μ g/(kg·h)、吸入七氟烷 1%~2% 等维持麻醉。术中通过调节丙泊酚、瑞芬太尼泵入速度, 间断给予舒芬太尼, 间断泵入血管活性药物, 间断给予降压药物来控制患者血压。

TQ 组: 术中不使用 CH 技术, 手术全程使用 TQ。

CH 组: 术中平均动脉压控制在 55~65 mmHg, 或将平均动脉压降低至基线值的 70% 左右, 术中不使用 TQ。

术中患者仰卧位, 手术采用中线皮肤切口、髌骨

内侧入路。充分暴露术野, 股骨截骨采用髓内定位, 胫骨截骨采用髓外定位, 测量伸直屈曲间隙, 试模评估下肢力线, 检查侧副韧带及髌骨轨道, 修理髌骨, 安装假体, 再次评估膝关节功能, 放置引流管, 缝合包扎。

1.3 评价指标

记录临床结果, 包括美国麻醉医师协会 (American Society of Anesthesiologists, ASA) 身体状况分级、手术时间、麻醉时间、术中失血量、术后引流量、隐性失血量、总失血量、膝关节活动度 (range of motion, ROM)、美国特种外科医院膝关节评分 (Hospital for Special Surgery, HSS)。行血液检验, 包括血红蛋白 (hemoglobin, Hb)、红细胞压积 (hematocrit, Hct)、活化部分凝血酶原时间 (activated partial thromboplastin time, APTT)、凝血酶原时间 (prothrombin time, PT)、纤维蛋白原 (fibrinogen, Fib)、D-二聚体 (D-dimer, D-D)、C 反应蛋白 (C-reactive protein, CRP)、白介素 6 (Interleukin-6, IL-6)。

1.4 统计学方法

采用 SPSS Statistics 25.0 软件对数据进行统计分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较采用独立样本 t 检验, 组内时间点比较采用单因素方差分析或配对 T 检验; 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-Whitney U 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

两组患者手术顺利完成, 两组患者临床结果见表 1。两组手术时间、麻醉时间差异均无统计学意义 ($P>0.05$), TQ 组术中失血量显著少于 CH 组 ($P<0.05$), 但术后引流量、隐性失血量、总失血量显著多于 CH 组 ($P<0.05$)。随时间推移, 两组术后膝关节 ROM 和 HSS 评分均显著增加 ($P<0.05$), 术前两组膝关节 ROM 和 HSS 评分的差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 术后相应时间点, TQ 组膝关节 ROM 和 HSS 评分均显著少于 CH 组 ($P<0.05$)。

2.2 检验结果

两组患者检验结果见表 2。两组患者术后 Hb、Hct 均显著降低 ($P<0.05$), D-D、CRP、IL-6 显著增加 ($P<0.05$), APTT 无显著变化 ($P>0.05$)。TQ 组 PT 无显著变化 ($P>0.05$), 但 Fib 显著增加 ($P<$

0.05)。CH 组 PT 显著增加 ($P<0.05$)，但 Fib 无显著变化 ($P>0.05$)。两组患者术前 Hb、Hct、APTT、PT、Fib、D-D、CRP、IL-6 的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。TQ 组术后第 1 d Hb、Hct、APTT、PT 和术后第 3 d Hb、Hct、APTT 显著低于 CH 组 ($P<$

0.05)，TQ 组术后第 1 d D-D、CRP、IL-6 和术后第 3 d Fib、D-D、CRP、IL-6 均显著高于 CH 组 ($P<0.05$)。两组术后第 3 d PT、第 1 d Fib 的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。

表 1 两组临床资料比较
Table 1 Comparison of clinical data between the two groups

指标	TQ 组 (n=60)	CH 组 (n=65)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	67.3 \pm 5.7	67.2 \pm 5.6	0.894
性别 (例, 男/女)	16/44	21/44	0.490
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	26.7 \pm 3.6	26.4 \pm 3.3	0.633
ASA 分级 (例, II/III)	50/10	52/13	0.631
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	78.4 \pm 8.5	80.6 \pm 9.0	0.151
麻醉时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	104.1 \pm 10.0	105.6 \pm 8.5	0.371
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	60.2 \pm 12.7	89.1 \pm 16.5	<0.001
术后引流量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	160.1 \pm 39.4	128.0 \pm 37.5	<0.001
隐性失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	550.2 \pm 277.7	420.4 \pm 273.1	0.009
总失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	770.5 \pm 275.1	637.4 \pm 271.2	0.007
膝关节 ROM ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)			
术前	93.8 \pm 11.9	92.1 \pm 12.8	0.433
术后 5 d	95.5 \pm 6.4	100.5 \pm 7.1	<0.001
术后 1 个月	106.2 \pm 8.3	109.4 \pm 7.6	0.025
P 值	<0.001	<0.001	
HSS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)			
术前	47.7 \pm 8.5	48.3 \pm 7.1	0.669
术后 5 d	67.7 \pm 5.9	72.3 \pm 6.9	<0.001
术后 1 个月	81.1 \pm 4.6	83.3 \pm 4.5	0.010
P 值	<0.001	<0.001	

3 讨论

CH 技术已广泛应用于颅脑、脊柱、鼻窦等临床手术中^[6, 7]，在关节置换手术中也有应用^[8]。TKA 虽然是一种非常成熟的手术方式，但术中截骨较多，创伤较大，因此围手术期的失血较多。既往研究表明^[9]，TKA 的总失血量可以达到 1 470~2 500 ml，包括 900~1 140 ml 的隐性失血量和 570~1 360 ml 的显性失血量。尽管 TQ 具有很多缺点，但其使用的简便性、维持手术视野清晰等优点使得临床医师习惯于使用 TQ。然而随着围手术期管理的改善、术中血压的控制、止血药物的应用，TKA 的总失血量已有很大下降^[10, 11]，TQ 的优势已明显减弱。

本研究的目的在于分析 CH 技术在 TKA 中的优势，为 TKA 患者提供良好的治疗方案。作者体会如

下：(1) CH 组术中出血量较多，但是两组手术时间、麻醉时间的差异无统计学意义，CH 组术后引流量、隐性失血量、总失血量较少；(2) CH 替代 TQ 可减轻术后的高凝状态；(3) CH 替代 TQ 可减轻炎症反应；(4) CH 有利于 TKA 患者膝关节早期功能恢复。综合分析其原因：(1) CH 组术中出血点易于发现，止血处理后使得术后引流较少，TQ 组长时间使用 TQ 引起静脉淤滞，产生高凝状态，肢体发生缺血再灌注损伤^[12]，局部缺氧，加重炎症反应，红细胞损伤增多，血管内皮损伤，组织间隙渗血增多，这些因素共同导致 TQ 组隐性失血量、总失血量较多；(2) CH 组炎症反应较轻，患者疼痛感可能较低，在患者早期康复锻炼过程中不易产生抵触锻炼情绪，而 TQ 组长时间使用 TQ 可引起股四头肌发生萎缩，不利于患者肌肉力量的恢复，影响膝关节的功能锻炼^[13-15]，本研究显示 CH 组患者术后早期获得了更高

的膝关节 ROM 及 HSS 评分。本研究的局限性：样本量较小，随访时间短，无长期随访，研究结论尚需要大量样本量、较长时间随访来验证。

表 2 两组检验资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 2 Comparison of laboratory-test data between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间点	TQ 组 (n=60)	CH 组 (n=65)	P 值
Hb (g/L)	术前	128.7±11.9	129.9±13.9	0.584
	术后 1 d	105.1±12.8	110.1±10.8	0.019
	术后 3 d	95.3±12.9	102.0±10.8	0.002
	P 值	<0.001	<0.001	
Hct (%)	术前	38.6±3.8	39.0±3.5	0.520
	术后 1 d	33.4±3.3	34.6±2.9	0.032
	术后 3 d	31.9±3.5	33.4±3.0	0.011
	P 值	<0.001	<0.001	
APTT (s)	术前	33.3±2.5	33.4±3.1	0.844
	术后 1 d	32.3±4.2	34.5±3.5	0.002
	术后 3 d	32.5±3.7	34.0±3.4	0.019
	P 值	0.128	0.192	
PT (s)	术前	12.5±0.6	12.5±0.6	0.604
	术后 1 d	12.7±0.9	13.5±0.7	<0.001
	术后 3 d	12.7±0.8	13.0±0.8	0.084
	P 值	0.198	<0.001	
Fib (g/L)	术前	3.3±0.5	3.2±0.5	0.487
	术后 1 d	3.4±0.6	3.3±0.5	0.157
	术后 3 d	3.6±0.6	3.4±0.5	0.011
	P 值	0.005	0.169	
D-D (mg/L)	术前	0.7±0.4	0.6±0.4	0.410
	术后 1 d	5.2±2.3	3.6±2.2	<0.001
	术后 3 d	5.6±2.3	3.6±2.1	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
CRP (mg/L)	术前	2.4±1.0	2.3±1.0	0.487
	术后 1 d	57.2±21.1	46.8±19.7	0.005
	术后 3 d	98.0±34.5	75.7±21.8	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
IL-6 (pg/ml)	术前	2.5±1.5	2.7±1.6	0.548
	术后 1 d	124.7±35.9	80.5±27.2	<0.001
	术后 3 d	82.4±25.9	45.8±18.7	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	

综上所述，CH 技术在 TKA 中患者总失血量少、近期临床疗效良好，相较于 TQ 在 TKA 中具有明显优势。作者主张在 TKA 中使用 CH，不使用 TQ。

参考文献

[1] Zhao HY, Yeersheng R, Kang XW, et al. The effect of tourniquet uses on total blood loss, early function, and pain after primary total

knee arthroplasty: a prospective, randomized controlled trial [J]. Bone Joint Res, 2020, 9 (6) : 322-332. DOI: 10.1302/2046-3758.96.BJR-2019-0180.R3.

[2] Liu Y, Si H, Zeng Y, et al. More pain and slower functional recovery when a tourniquet is used during total knee arthroplasty [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2020, 28 (6) : 1842-1860. DOI: 10.1007/s00167-019-05617-w.

[3] Huang CR, Pan S, Li Z, et al. Tourniquet use in primary total knee

- arthroplasty is associated with a hypercoagulable status: a prospective thromboelastography trial [J]. *Int Orthop*, 2021, 45 (12) : 3091-3100. DOI: 10.1007/s00264-021-05126-x.
- [4] Carroll K, Dowsey M, Choong P, et al. Risk factors for superficial wound complications in hip and knee arthroplasty [J]. *Clin Microbiol Infect*, 2014, 20 (2) : 130-135. DOI: 10.1111/1469-0691.12209.
- [5] Eckenhoff JE, Rich JC. Clinical experiences with deliberate hypotension [J]. *Anesth Analg*, 1966, 45 (1) : 21-28.
- [6] Riedel K, Thudium M, Boström A, et al. Controlled arterial hypotension during resection of cerebral arteriovenous malformations [J]. *BMC Neurol*, 2021, 21 (1) : 339. DOI: 10.1186/s12883-021-02362-x.
- [7] Ma RX, Qiao RQ, Xu MY, et al. Application of controlled hypotension during surgery for spinal metastasis [J]. *Technol Cancer Res Treat*, 2022, 21 : 15330338221105718. DOI: 10.1177/15330338221105718.
- [8] 秦洪猛, 王星, 司海超, 等. 控制性降压联合股神经阻滞全膝关节置换 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (3) : 229-232. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.03.09.
- Qin HM, Wang X, Si HC, et al. Controlled hypotension combined with femoral nerve block for total knee arthroplasty [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (3) : 229-232. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.03.09.
- [9] Lemaire R. Strategies for blood management in orthopaedic and trauma surgery [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2008, 90 (9) : 1128-1136. DOI: 10.1302/0301-620X.90B9.21115.
- [10] Abdallah AA, Sallam AA, Arafa MS, et al. Topical tranexamic acid in total knee arthroplasty: does it augment the effect of the intravenous administration in patients with moderate- to- high risk of bleeding? A randomized clinical trial [J]. *J Knee Surg*, 2021, 34 (14) : 1570-1578. DOI: 10.1055/s-0040-1710549.
- [11] 刘克, 徐伟民, 林泉, 等. 控制性降压在全麻下膝关节置换中的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (16) : 1446-1450. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.16.02.
- Liu K, Xu WM, Lin Q, et al. Controlled hypotension under general anesthesia for total knee arthroplasty [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (16) : 1446-1450. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.16.02.
- [12] Leucharumee P, Sawaddiruk P, Punjasawadwong Y, et al. The possible pathophysiological outcomes and mechanisms of tourniquet-induced ischemia-reperfusion injury during total knee arthroplasty [J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2018, 2018 : 8087598. DOI: 10.1155/2018/8087598.
- [13] Guler O, Mahirogullari M, Isyar M, et al. Comparison of quadriceps muscle volume after unilateral total knee arthroplasty with and without tourniquet use [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24 (8) : 2595-2605. DOI: 10.1007/s00167-015-3872-5.
- [14] Dennis DA, Kittelson AJ, Yang CC, et al. Does tourniquet use in TKA affect recovery of lower extremity strength and function? A randomized trial [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2016, 474 (1) : 69-77. DOI: 10.1007/s11999-015-4393-8.
- [15] Lai YH, Xu H, Su Q, et al. Effect of tourniquet use on blood loss, pain, functional recovery, and complications in robot-assisted total knee arthroplasty: a prospective, double-blinded, randomized controlled trial [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17 (1) : 118. DOI: 10.1186/s13018-022-02992-y.
- (收稿:2023-02-28 修回:2024-01-02)
(同行评议专家: 肖永杰, 吴玉宝, 李欢, 艾继超, 桂斌捷)
(本文编辑: 郭秀婷)