

· 临床论著 ·

# 原发性高血压患者全膝关节置换术后低钾血症发生的多因素分析

来璇<sup>①</sup> 张华<sup>②</sup> 王海军<sup>③</sup> 韩永正<sup>③</sup> 姜玲\*

(北京大学第三医院老年内科, 北京 100191)

**【摘要】 目的** 探讨原发性高血压患者全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)后低钾血症的影响因素。**方法** 回顾性分析我院运动医学研究所 2016 年 1 月~10 月 169 例原发性高血压接受 TKA 的临床资料,依据术后血钾水平分为术后低血钾组( $n=56$ )和术后正常血钾组( $n=113$ ),单因素分析筛选有统计学差异的变量进行多因素 logistic 回归分析。**结果** 单因素分析显示钙通道阻滞剂(calcium channel block, CCB)、术中出血量、围手术期镇痛、术前估算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)、术前血尿素氮、术前血钾 2 组间差异有显著性( $P<0.05$ )。多因素 logistic 回归提示术前血钾( $OR=0.005$ ,  $P=0.000$ )、围手术期股神经阻滞(femoral nerve block, FNB)镇痛( $OR=0.139$ ,  $P=0.001$ )为术后低钾血症发生的保护因素,CCB 为术后低钾血症发生的危险因素( $OR=3.570$ ,  $P=0.011$ )。**结论** 术前血钾水平高、围手术期 FNB 镇痛能降低原发性高血压患者 TKA 术后发生低钾血症的风险,口服 CCB 类降压药物增加术后发生低钾血症的风险。

**【关键词】** 原发性高血压; 全膝关节置换术; 低钾血症; 影响因素

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2021)05-0399-06

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2021.05.004

**Multivariate Analysis of Hypokalemia in Patients With Primary Hypertension After Total Knee Arthroplasty** Lai Xuan\*,

Zhang Hua, Wang Haijun, et al. \* Department of Geriatrics, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

Corresponding author: Jiang Ling, E-mail: 15910776454@163.com

**【Abstract】 Objective** To explore the influencing factors of hypokalemia in patients with primary hypertension after total knee arthroplasty (TKA). **Methods** Clinical data of 169 patients with primary hypertension who underwent TKA in our hospital from January to October 2016 were retrospectively analyzed. According to postoperative serum potassium, the patients were divided into hypokalemia group ( $n=56$ ) and normal kalemia group ( $n=113$ ). Univariate analysis was used to screen the variables with statistical difference. Multivariate logistic regression analysis was used to analyze the factors related to postoperative hypokalemia. **Results** Univariate analysis showed that there were significant differences in calcium channel block (CCB), intraoperative blood loss, perioperative analgesia, preoperative estimated glomerular filtration rate (eGFR), preoperative urea nitrogen, preoperative serum potassium between the two groups ( $P<0.05$ ). Multivariate logistic regression showed that preoperative serum potassium ( $OR=0.005$ ,  $P=0.000$ ) and femoral nerve block (FNB) ( $OR=0.139$ ,  $P=0.001$ ) were the protective factors of postoperative hypokalemia, and CCB ( $OR=3.570$ ,  $P=0.011$ ) was the risk factor of postoperative hypokalemia. **Conclusion** The preoperative high level of serum potassium and FNB reduce the risk of hypokalemia in patients with primary hypertension after TKA, while CCB increases the risk of postoperative hypokalemia.

**【Key Words】** Primary hypertension; Total knee arthroplasty; Hypokalemia; Influencing factors

\* 通讯作者, E-mail: 15910776454@163.com

① 临床流行病学研究中心

② 运动医学研究所

③ 麻醉科

随着我国老龄化社会的加重, 退行性骨关节病发病率逐年增高, 因严重的退行性膝关节炎接受全膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 的病人也日益增长。由于患者多数为中老年人, 常合并原发性高血压。合并原发性高血压行 TKA 患者, 术后发生心律失常、心肌缺血等心血管并发症的风险增高。另外, TKA 患者术后低钾血症发生率可达 3.75%<sup>[1]</sup>, 低钾血症和高血压的共同作用导致心血管风险进一步升高, 甚至引起严重后果。然而, 关于原发性高血压 TKA 患者术后低钾血症预后因素的研究很少。为明确原发性高血压患者 TKA 术后发生低钾血症的预后因素, 本研究选取我院运动医学研究所接受 TKA 的原发性高血压患者为研究对象, 探讨影响原发性高血压患者 TKA 术后低钾血症发生的因素, 旨在减少低钾血症及其并发症的发生。

## 1 临床资料与方法

### 1.1 一般资料

采用回顾性病例-对照研究, 筛选我院运动医学研究所 2016 年 1~10 月 169 例原发性高血压行 TKA, 纳入标准: ①既往诊断为原发性高血压[采用中国高血压防治指南 2018 年修订版标准<sup>[2]</sup>: 收缩压 $\geq 140$  mm Hg 和(或)舒张压 $\geq 90$  mm Hg]; ②退行性膝关节炎需要行 TKA(手术指征参考 2018 年版骨关节炎诊疗指南<sup>[3]</sup>); ③临床资料完整, 术前血钾均在正常范围(我院血钾正常值 3.5~5.5 mmol/L), 均无手术禁忌; ④手术类型为单侧 TKA; ⑤术后常规补液 1000 ml, 输液速度 200 ml/h。排除标准: ①继发性高血压, 如肾脏疾病、肾动脉狭窄、内分泌系统疾病(嗜铬细胞瘤、库欣综合征、原发性醛固酮增多症)引起的血压升高; ②继发性膝关节炎; ③临床资料不完整; ④手术类型为双侧 TKA; ⑤术后因病情需要改变补液量及输液速度。

169 例中, 男 38 例, 女 131 例。年龄 (66.9 $\pm$ 7.2) 岁 (48~81 岁)。术前血红蛋白 (127.4 $\pm$ 7.1) g/L (114.0~139.0 g/L), 血糖 (5.4 $\pm$ 0.6) mmol/L (5.0~6.9 mmol/L), 血钾 (3.8 $\pm$ 0.3) mmol/L (3.6~4.2 mmol/L), 血肌酐 (70.2 $\pm$ 8.0)  $\mu$ mol/L (52.0~79.0  $\mu$ mol/L), 血尿素氮 (4.9 $\pm$ 1.0) mmol/L (3.3~5.9 mmol/L), 估算肾小球滤过率 (estimated glomerular filtration rate, eGFR) (80.9 $\pm$ 9.6) ml $\cdot$ min<sup>-1</sup> $\cdot$ (1.73 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup> [74.5~105.1 ml $\cdot$ min<sup>-1</sup>(1.73 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>]。根据美国麻醉医师协会 (American

Society of Anesthesiologists, ASA) 分级, I 级 89 例, II 级 60 例, III 级 20 例。169 例原发性高血压根据《中国高血压防治指南 (2018 年修订版)》高血压的分级标准, 1 级 87 例, 2 级 67 例, 3 级 15 例; 收缩压 (145.3 $\pm$ 5.4) mm Hg (121~156 mm Hg), 舒张压 (76.7 $\pm$ 8.0) mm Hg (65~86 mm Hg)。病程 1~50 年, 中位数 10 年。长期 (>3 个月) 口服钙通道阻滞剂 (calcium channel block, CCB) 115 例, 其中二氢吡啶类 100 例, 口服血管紧张素转换酶抑制剂 (angiotensin converting enzyme inhibitor, ACEI) 或血管紧张素受体拮抗剂 (angiotensin receptor blocker, ARB) 65 例,  $\beta$  受体阻滞剂 26 例, 利尿剂 11 例。口服 1 种降压药物 104 例, 2 种降压药物 54 例, 3 种及以上降压药物 11 例。合并糖尿病 45 例, 冠心病 10 例, 脑血管病 15 例, 动脉粥样硬化 92 例。

### 1.2 方法

1.2.1 分组方法 采集患者术前 1 d 空腹静脉血, 检测血钾、血红蛋白、血葡萄糖、血尿素氮、血肌酐值, 并根据血肌酐值计算 eGFR<sup>[4]</sup>。术前常规完善胸部 X 线、心电图检查, 均无手术禁忌。术后当日常规于静脉补液中补充氯化钾 3 g。术后麻醉苏醒后即恢复饮食, 所有患者围手术期均无饮食异常、腹泻等不适。术后第 1 天晨起空腹静脉血检测血钾 (常规静脉补钾后血钾值), 依据术后血钾水平分为 2 组: 术后低血钾组 (血清钾 < 3.5 mmol/L) 和术后正常血钾组 ( $\geq 3.5 \sim < 5.5$  mmol/L), 2 组形成过程见图 1。

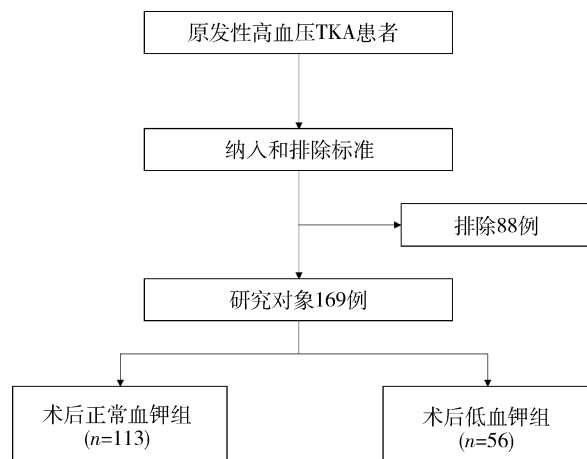


图 1 169 例原发性高血压 TKA 术后血钾分组形成过程

1.2.2 手术方法 全身麻醉 146 例, 椎管内麻醉 23 例。均行单侧 TKA。手术步骤<sup>[5]</sup>: 300 mm Hg 气囊止血带压迫止血, 取膝前弧切口, 股四头肌腱内缘

纵行切开并在髌骨上极进入关节,充分暴露关节,切除部分滑膜、股骨内外髁骨赘,电刀杀死髌周神经,切断并清理前后交叉韧带,去除滑车内缘及胫骨内侧骨赘,切除内、外侧半月板。Whiteside 线上距离髌间窝缘 10 mm 定位髓腔开放孔,测量股骨尺寸。安置四合一股骨切骨器切骨,用滑车槽切骨器制备滑车槽。胫骨近端切骨定位器定位后切胫骨,测量胫骨尺寸。安装股骨胫骨试模,见切骨面与假体匹配优良。取出试模,冲洗切骨面,用抗生素骨水泥安装胫骨、股骨、髌骨假体,清理外溢骨水泥后安装垫片。逐层缝合切口,棉花夹板加压包扎固定。记录手术时间(从切开至缝合完毕)、术中出血量(依据麻醉记录单)、术中输血量(依据麻醉记录单)、术中输液量(依据麻醉记录单)。

### 1.3 围手术期镇痛方式

所有患者口服双氯芬酸钠缓释片 75 mg/d,术前 1 d 持续至术后 1 周。术后根据适应证行股神经阻滞(femoral nerve block, FNB)镇痛 141 例,非股神经阻滞(non-femoral nerve block, NFNB)镇痛 28 例(1 例膝关节周围浸润镇痛,27 例静脉自控镇痛)。术后常规给予局部冷疗镇痛。记录术后 24 h 内最大疼痛数字评分(Numerical Rating Scale, NRS):0 分无疼痛,1~3 分轻度疼痛,4~6 分中度疼痛,7~9 分重度疼痛,10 分剧烈疼痛。

FNB 方法:超声定位,在神经刺激器引导下下行股神经置管,2%利多卡因 5 ml + 1%罗哌卡因 5 ml + 0.9%氯化钠 10 ml 经股神经置管推入,推注完毕后,给予 0.2% (体积分数)罗哌卡因持续 48 h 股神经管泵入。

### 1.4 统计学处理

采用 SPSS22.0 进行统计学分析。符合正态分布的计量资料用  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较采用独立样本  $t$  检验,不符合正态分布的计量资料用中位数(最小值~最大值)表示,组间比较采用 Mann-Whitney  $U$  检验;计数资料采用  $\chi^2$  检验。多因素分析采用二元 logistic 回归分析,以术后是否发生低血钾为因变量,将单因素分析中有统计学意义的变量作为自变量。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

169 例手术顺利,未出现手术并发症。56 例术后出现低钾血症(2.60~3.49 mmol/L,中位数 3.32 mmol/L),经积极补钾后纠正,未发生低钾血

症相关并发症。单因素分析显示 2 组间 CCB、术中出血量、围手术期镇痛、术前 eGFR、术前尿素氮、术前血钾差异有显著性( $P < 0.05$ )。年龄、性别、合并症(糖尿病、冠心病、脑血管病、动脉粥样硬化)、降压药类型(CCB、ACEI/ARB、利尿剂、 $\beta$ 受体阻滞剂)、降压药物种类、ASA 分级、麻醉方式、手术时间、术中补液量、输血量、术后氯化钾补充量、术后 24 h 内最大疼痛数字评分、术前血红蛋白、血糖、肌酐差异无显著性( $P > 0.05$ ),见表 1。

将单因素分析中有统计学差异的因素(CCB、术中出血量、围手术期镇痛、术前 eGFR、术前尿素氮、术前血钾)作为自变量,以术后低血钾为因变量,logistic 回归分析结果显示术前血钾、围手术期 FNB、CCB 与术后低血钾存在相关性( $P < 0.05$ ),其中术前血钾水平高、围手术期 FNB 为术后低血钾的保护因素( $OR < 1$ ),CCB 为术后低血钾的危险因素( $OR > 1$ ),见表 2。

## 3 讨论

围手术期低钾血症会导致心律失常、心脏骤停等心源性事件发生率增高,7.84% 的患者出现心律失常,0.043% 的患者可能出现心脏骤停<sup>[6]</sup>;胃肠蠕动减慢引起腹胀或麻痹性肠梗阻;神经肌肉兴奋性降低,出现肌肉无力、腱反射减弱;或伴有酸碱代谢紊乱;精神行为异常,产生谵妄<sup>[7,8]</sup>。TKA 在我院运动医学研究所常规开展,患者群体多为老年人,这些患者本身合并原发性高血压等基础疾病较多,高钠饮食及口服降压药物导致 TKA 术后发生低钾血症的风险升高<sup>[9]</sup>,若术后出现低钾血症更容易导致上述并发症,可能引起严重后果<sup>[10,11]</sup>。张少云等<sup>[1]</sup>报道加速康复外科模式下 160 例 TKA,术后发生低钾血症 6 例(3.75%),主要原因为围手术期禁食、过量补液所致,但未深入分析降压药物、术后镇痛等因素对术后血钾的影响。本组 169 例平均年龄 66.9 岁,其中合并糖尿病 45 例、冠心病 10 例、动脉粥样硬化 92 例,可见,本组患者合并症较多。术后 56 例(33.1%, 56/169)发生低血钾,明显高于张少云等<sup>[1]</sup>报道的 TKA 术后低钾血症发生率 3.75%,分析原因为加速康复外科模式在围术期应用口服营养理念,TKA 患者术前禁饮食时间缩短、术后早期即可进食。临床观察中本组未发生因低血钾导致的上述并发症,分析原因为术后低血钾发现及时,并给予纠正。单因素分析显示,低血钾组和正常血钾组入

表 1 原发性高血压患者 TKA 术后低钾血症的单因素分析 ( $\bar{x} \pm s$ )

变量	术后低血钾组 ( $n=56$ )	术后正常血钾组 ( $n=113$ )	$t(\chi^2, Z)$ 值	OR 值	P 值
年龄 (岁)	66.1 $\pm$ 7.2	67.3 $\pm$ 7.2	$t = -1.003$		0.318
性别			$\chi^2 = 0.054$	1.096	0.817
男	12	26			
女	44	87			
合并症					
糖尿病	15	30	$\chi^2 = 0.001$	1.012	0.974
冠心病	2	8	$\chi^2 = 0.318$	0.486	0.573
脑血管病	6	9	$\chi^2 = 0.093$	1.387	0.761
动脉粥样硬化	32	60	$\chi^2 = 0.247$	1.178	0.619
入院收缩压 (mm Hg)	140.8 $\pm$ 13.9	139.0 $\pm$ 15.4	$t = 0.751$		0.454
入院舒张压 (mm Hg)	79.1 $\pm$ 9.3	78.4 $\pm$ 9.6	$t = 0.495$		0.621
降压药类型					
CCB	45	70	$\chi^2 = 5.837$	2.513	0.016
利尿剂	5	6	$\chi^2 = 0.321$	1.748	0.571
ACEI/ARB	20	45	$\chi^2 = 0.267$	0.840	0.605
$\beta$ 受体阻滞剂	10	16	$\chi^2 = 0.393$	1.318	0.531
口服降压药物种类			$\chi^2 = 3.510$		0.173
1 种	30	74			
2 种	20	34			
3 种及以上	6	5			
ASA 分级			$\chi^2 = 0.496$		0.780
I 级	29	60			
II 级	19	41			
III 级	8	12			
术前血红蛋白 (g/L)	136.8 $\pm$ 11.1	133.2 $\pm$ 12.8	$t = 1.812$		0.072
术前血糖 (mmol/L)	5.98 $\pm$ 0.88	5.93 $\pm$ 1.01	$t = 0.323$		0.747
术前血肌酐 ( $\mu\text{mol/L}$ )	72.2 $\pm$ 13.9	75.9 $\pm$ 13.7	$t = -1.643$		0.102
术前 eGFR [ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot (1.73 \text{ m}^2)^{-1}$ ] <sup>#</sup>	81.1 $\pm$ 13.2	76.5 $\pm$ 13.0	$t = 2.127$		0.035
术前血尿素氮 (mmol/L)	5.1 $\pm$ 1.3	5.8 $\pm$ 1.4	$t = -2.884$		0.004
术前血钾 (mmol/L)	3.9 $\pm$ 0.2	4.2 $\pm$ 0.3	$t = -5.961$		0.000
麻醉方式			$\chi^2 = 0.432$	0.738	0.511
全麻	47	99			
椎管麻醉	9	14			
手术时间 (min)	100.5 $\pm$ 38.4	96.8 $\pm$ 35.0	$t = 0.627$		0.531
术中出血量 (ml) *	100 (10 ~ 300)	50 (5 ~ 500)	$Z = -2.231$		0.026
术中补液量 (ml)	1191.1 $\pm$ 288.1	1209.7 $\pm$ 329.5	$t = -0.361$		0.719
术中输血量 (ml) *	0 (0 ~ 400)	0 (0 ~ 400)	$Z = -0.010$		0.992
术后氯化钾补充量 (g/d) *	1.5 (1.5 ~ 3.0)	1.5 (1.5 ~ 3.0)	$Z = -0.274$		0.784
围手术期镇痛			$\chi^2 = 8.730$	0.297	0.003
FNB	40	101			
NFNB	16	12			
术后 24 h 内最大 NRS (分) *	1 (1 ~ 9)	1 (1 ~ 8)	$Z = -0.149$		0.882

CCB: 钙通道阻滞剂; ASA: 美国麻醉医师协会; FNB: 股神经阻滞; NFNB: 非股神经阻滞; eGFR: 估算肾小球滤过率

\* 数据偏态分布, 用中位数 (最小值 ~ 最大值) 表示, 采用 Mann-Whitney *U* 检验

<sup>#</sup> 采用 CKD-EPI Scr 公式计算<sup>[4]</sup>

院收缩压和舒张压差异无统计学意义,提示血压与术后低血钾无明显相关性。多因素分析显示,术前血钾水平是术后低血钾的独立保护因素,即术前血钾水平越高,术后出现低钾血症的风险越低,且较低

的 OR 值提示这种保护作用效果明显。因此,我们认为对于需要接受 TKA 的中老年患者而言,术前常规监测血钾水平,术后及时补充氯化钾,是减少围手术期低钾血症便捷和行之有效的方法。



表 2 原发性高血压患者 TKA 术后低钾血症 logistic 回归分析

变量	$\beta$ 值	S. E.	<i>P</i> 值	OR 值	95% <i>CI</i>	
					下限	上限
术前血钾 (mmol/L)	-5.234	1.011	0.000	0.005	0.001	0.039
围手术期 FNB	-1.974	0.594	0.001	0.139	0.043	0.445
CCB	1.272	0.498	0.011	3.570	1.344	9.481
术中出血量 (ml)	0.006	0.003	0.057	1.006	1.000	1.012
术前血尿素氮 (mmol/L)	-0.239	0.172	0.164	0.787	0.562	1.103
术前 eGFR [ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot (1.73 \text{ m}^2)^{-1}$ ]	0.020	0.017	0.244	1.020	0.987	1.055

FNB:股神经阻滞;CCB:钙通道阻滞剂;eGFR:估算肾小球滤过率

既往研究显示,围手术期焦虑、疼痛等应激因素会提高肾上腺能系统的活性,进而激活  $\beta$ -2 受体和 Na/K-ATP 酶,导致钾离子向肝脏及细胞内转移,引起血清钾降低<sup>[12,13]</sup>。术后疼痛作为一种较强烈的应激,会导致儿茶酚胺类分泌明显增加。然而,Adams 等<sup>[14]</sup>研究骨科手术后疼痛评分与儿茶酚胺升高之间的关系,不同组术后疼痛评分差异无统计学意义,儿茶酚胺升高却存在统计学差异,故认为术后疼痛会导致儿茶酚胺的升高,但疼痛程度可能与儿茶酚胺的升高程度无关。我们的研究结果也表明,术后低血钾组与术后正常血钾组 24 h 内最大疼痛 NRS 无明显统计学差异 ( $Z = -0.149, P = 0.882$ ),也间接证明术后疼痛引起低血钾的机制可能依赖于儿茶酚胺的升高,而不是疼痛程度。术后疼痛还会给患者带来包括精神方面的多种影响,引起睡眠障碍、精神萎靡,常伴有食欲下降、营养欠佳,进而导致摄入不足出现术后低血钾<sup>[15]</sup>。

TKA 由于破坏正常骨及软组织较多,术后疼痛程度较重,常需要术后镇痛。FNB、收肌管阻滞、静脉病人自控镇痛、关节周围注射及口服止痛药物是 TKA 术后常用的镇痛方法。为实现更好的镇痛效果,常采取多模式镇痛。本研究 2 组患者均采用基于口服止痛药物的 FNB、静脉病人自控镇痛等综合方法进行术后镇痛,区别在于术后低血钾组 FNB 比例低于正常血钾组,多因素分析提示 FNB 是术后低血钾的独立保护性因素。Romano 等<sup>[16]</sup>研究术后镇痛对狗肾上腺激素分泌的影响,FNB 不仅能明显减少疼痛反应,更重要的是能降低狗循环血液中肾上腺激素水平即减轻应激反应。Kim 等<sup>[17]</sup>研究表明术后镇痛通过减少儿茶酚胺分泌进而降低腹腔镜胆囊切除术后低钾血症的发生率及严重程度。我们的研究显示 FNB 能降低 TKA 术后低钾血症的发生风险,可能是基于 FNB 能降低疼痛应激及儿茶酚胺分泌的机制,同时 FNB 减轻患者疼痛、改善术后精神

状态和食欲,保证充足的钾摄入也是可能的原因。在目前 FNB 广泛应用于膝关节手术的现状下,FNB 是一种成熟的术后镇痛方式,且对 TKA 围手术期持续 FNB 与病人自控镇痛比较的 meta 分析也表明持续 FNB 有更好的镇痛效果<sup>[18]</sup>。因此,符合适应证的 TKA 患者可优先考虑行 FNB。

CCB 作为广泛应用的一线降压药物,很多老年原发性高血压患者需要长期口服 CCB。CCB 的主要降压机制是扩张血管,但可能导致继发交感神经系统激活,引起血液中儿茶酚胺水平升高<sup>[19,20]</sup>。硝苯地平 and 氨氯地平两种常见的二氢吡啶类 CCB 能激活交感神经系统引起肾上腺素分泌增多<sup>[19]</sup>。多数的 CCB 还可以激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统 (rein-angiotensin-aldosterone-system, RAAS) 导致肾素及醛固酮水平升高,其中就包括二氢吡啶类 CCB<sup>[21]</sup>。本研究显示,术后低血钾组围手术期口服 CCB 的患者比例高于术后正常血钾组,多因素分析提示 CCB 是术后低血钾的独立危险因素。术后低血钾组应用的 CCB 以氨氯地平 and 硝苯地平为主,基于以上分析,我们认为围手术期口服二氢吡啶类 CCB 控制血压,但可能会激活交感神经系统及 RAAS 系统,前者导致儿茶酚胺升高、后者醛固酮升高起到“保钠排钾”作用,最终引起术后低血钾。本研究提示对于 TKA 术前合并原发性高血压的患者,若长期口服二氢吡啶类 CCB,需警惕术后发生低钾血症的风险。

利尿剂作为常见的降压药物,通过增加尿量减轻循环前负荷而降低血压。原发性高血压患者口服利尿剂,低钾血症发生风险明显增高<sup>[10]</sup>。本研究结果显示 TKA 患者口服利尿剂不是术后发生低血钾的危险因素,可能因为本组口服利尿剂患者数量有限。肾功能也会影响血钾水平,我们的单因素分析结果提示术后低血钾组尿素氮水平低于术后正常血钾组,eGFR 高于术后正常血钾组,差异具有统计

学意义 ( $P < 0.05$ ), 但多因素分析未显示术前血尿素氮和 eGFR 与术后低血钾症的相关性, 因此, 在术后低血钾组病例中, 肾功能未对术后低血钾症的发生带来影响。

综上所述, 本研究结果表明术前血钾水平高及围手术期 FNB 能降低原发性高血压患者 TKA 术后低钾血症发生的风险, 口服 CCB 类降压药物增加术后低钾血症发生的风险。

## 参考文献

- 1 张少云, 黄强, 曹国瑞, 等. 加速康复外科模式下全膝关节置换术围术期限制性输液的临床研究. 中国矫形外科杂志, 2017, 25 (17): 1567–1571.
- 2 中国高血压防治指南修订委员会, 中国高血压联盟, 中华医学会心血管病学分会中国医师协会高血压专业委员会, 等. 中国高血压防治指南 (2018 年修订版). 中国心血管杂志, 2019, 24 (1): 24–56.
- 3 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 骨关节炎诊疗指南 (2018 年版). 中华骨科杂志, 2018, 38 (12): 705–715.
- 4 Levey AS, Stevens LA, Schmid CH, et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate. Ann Intern Med, 2009, 150 (9): 604–612.
- 5 姜玲, 李岩, 王海军, 等. 原发性高血压病人行全膝关节置换术围术期血压达标的影响因素分析. 中国微创外科杂志, 2019, 19 (3): 206–211.
- 6 Muhammad Ali S, Shaikh N, Shahid F, et al. Hypokalemia leading to postoperative critical arrhythmias: case reports and literature review. Cureus, 2020, 12 (5): e8149.
- 7 王利宏, 徐国红, 韦仙姣, 等. 骨科常见手术术后谵妄的危险因素分析. 中华骨科杂志, 2015, 35 (6): 650–655.
- 8 赵玉沛, 杨尹默, 楼文晖, 等. 外科病人围手术期液体治疗专家共识 (2015). 中国实用外科杂志, 2015, 35 (9): 960–966.
- 9 Wu D, Chen Y, Guan H, et al. Association of abnormal serum electrolyte levels with hypertension in a population with high salt intake. Public Health Nutr, 2019, 22 (9): 1635–1645.
- 10 张宇, 李新, 杨丽敏, 等. 9870 例老年住院患者血钠和血钾水平及其紊乱危险因素分析. 中华老年医学杂志, 2016, 35 (6): 572–576.

- 11 张继如, 王志强, 季永, 等. 不同危险分层老年高血压患者围手术期心血管事件风险分析. 中华医学杂志, 2015, 95 (28): 2258–2263.
- 12 Tran CT, Schmidt TA, Christensen JB, et al. Atrial Na, K-ATPase increase and potassium dysregulation accentuate the risk of postoperative atrial fibrillation. Cardiology, 2009, 114 (1): 1–7.
- 13 Hahm TS, Cho HS, Lee KH, et al. Clonidine premedication prevents preoperative hypokalemia. J Clin Anesth, 2002, 14 (1): 6–9.
- 14 Adams HA, Saatweber P, Schmitz CS, et al. Postoperative pain management in orthopaedic patients: no differences in pain score, but improved stress control by epidural anaesthesia. Eur J Anaesthesiol, 2002, 19 (9): 658–665.
- 15 Lovich-Sapola J, Smith CE, Brandt CP. Postoperative pain control. Surg Clin North Am, 2015, 95 (2): 301–318.
- 16 Romano M, Portela DA, Breggi G, et al. Stress-related biomarkers in dogs administered regional anaesthesia or fentanyl for analgesia during stifle surgery. Vet Anaesth Analg, 2016, 43 (1): 44–54.
- 17 Kim WH, Lee JH, Ko JS, et al. The effect of patient-controlled intravenous analgesia on postoperative hypokalemia in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy. J Anesth, 2011, 25 (5): 685–691.
- 18 张禄镔, 马剑雄, 匡明杰, 等. 全膝关节置换围术期持续股神经阻滞与患者自控镇痛效果的 Meta 分析. 中华创伤杂志, 2017, 33 (9): 792–800.
- 19 Toal CB, Meredith PA, Elliott HL. Long-acting dihydropyridine calcium-channel blockers and sympathetic nervous system activity in hypertension: A literature review comparing amlodipine and nifedipine GITS. Blood Press, 2012, 21 (Suppl): S3–S10.
- 20 Neutel JM, Smith DHG. Hypertension management: rationale for triple therapy based on mechanisms of action. Cardiovasc Ther, 2013, 31 (5): 251–258.
- 21 Kondo T, Goto R, Sonoda K, et al. Plasma renin activity and aldosterone concentration are not altered by the novel calcium channel antagonist, azelnidipine, in hypertensive patients. Intern Med, 2010, 49 (7): 637–643.

(收稿日期: 2020–10–14)

(修回日期: 2021–02–06)

(责任编辑: 李贺琼)