doi:10.11659/jjssx.02E023095

·临床研究·

老年全膝关节置换术后股骨假体周围骨折的危险因素及预测模型

朱 萌[1],胡学昱[2],赵婷婷[1],邱 荣[1],雷 可[1],宋 瑶[1] (1.空军军医大学第一附属医院骨科手术室,陕西 西安 710032;2.空军军医大学第一附属医院骨三科,陕西 西安 710032)

[摘 要] **目的** 探讨老年全膝关节置换术(TKA)后股骨假体周围骨折(PFF)的危险因素并构建预测模型,为临床术后PFF的预防提供参考。**方法** 回顾性分析2016年10月至2021年10月空军军医大学第一附属医院骨科收治的537例行TKA治疗的老年患者的临床资料。统计随访期间PFF的发生情况,收集临床资料。二元*Logistic*回归分析老年TKA后PFF的危险因素,基于危险因素构建老年TKA后PFF的预测模型。受试者工作特征(*ROC*)曲线和*Hosmer-Lemeshow*(*H-L*)检验预测模型的区分度和校准度。**结果** 患者出院后随访12~72个月,中位时间47个月。随访期间31例(5.77%)患者发生PFF。年龄、骨质疏松、帕金森病、股骨前切迹(AFN)是老年TKA后PFF的危险因素($P<0.05$),假体十字固位、骨水泥固定是保护因素($P<0.05$)。*H-L*检验结果显示,老年TKA后PFF的风险预测模型具有较好的校准度($P>0.05$);*ROC*曲线分析显示,老年TKA后PFF的风险预测模型具有较高的区分度(曲线下面积为0.858,95%*CI*:0.826~0.887),敏感度为83.87%,特异度为88.34%。**结论** 老年TKA后PFF的发生风险较大,应针对高危因素进行防范,根据高危因素建立的预测模型具有较好的预测效能。

[关键词] 全膝关节置换术;股骨假体周围骨折;预测模型;危险因素
[中图分类号] R683.42 [文献标志码] A [收稿日期] 2023-02-17

Risk factors and prediction model for periprosthetic femoral fracture after total knee arthroplasty in the elderly

ZHU Meng[1], HU Xue-yu[2], ZHAO Ting-ting[1], QIU Rong[1], LEI Ke[1], SONG Yao[1] (1. Orthopedic Operating Room, the First Affiliated Hospital of Air Medical University, Xi′an Shaanxi 710032, China; 2. Third Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Air Medical University, Xi′an Shaanxi 710032, China)

Abstract: Objective To investigate the risk factors of periprosthetic femoral fracture (PFF) after total knee arthroplasty (TKA) in the elderly and to construct a predictive model for the prevention of PFF after clinical operation. **Methods** The clinical data of 537 elderly

[基金项目] 陕西省重点研发项目(2017SF-021)
[通信作者] 宋 瑶,E-mail:791863328@qq.com

[9] Jiang M, Shi L, Yang C, et al. miR-1254 inhibits cell proliferation, migration, and invasion by down-regulating Smurf1 in gastric cancer[J]. Cell Death Dis, 2019, 10(1): 32. doi: 10.1038/s41419-018-1262-x.
[10] Yan C, Su H, Song X, et al. Smad Ubiquitination Regulatory Factor 1 (Smurf1) promotes thyroid cancer cell proliferation and migration via ubiquitin-dependent degradation of kisspeptin-1 [J]. Cell Physiol Biochem, 2018, 49(5): 2047-2059. doi: 10.1159/000493715.
[11] Sparano C, Verdiani V, Pupilli C, et al. Choosing the best algorithm among five thyroid nodule ultrasound scores: from performance to cytology sparing-a single-center retrospective study in a large cohort [J]. Eur Radiol, 2021, 31(8): 5689-5698. doi: 10.1007/s00330-021-07703-5.
[12] Wan P, Chen F, Liu C, et al. Hierarchical temporal attention network for thyroid nodule recognition using dynamic CEUS imaging[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2021, 40(6): 1646-1660. doi: 10.1109/TMI.2021.3063421.
[13] 张 芳,李 新,王海龙. 超声造影参数对甲状腺癌的鉴别及其病情进展的评估价值[J]. 实用癌症杂志, 2022, 37(1): 77-79. doi: 10.3969/j.issn.1001-5930.2022.01.021.
[14] Jiang J, Shang X, Zhang H, et al. Correlation between maximum intensity and microvessel density for differentiation of malignant from benign thyroid nodules on contrast-enhanced sonography [J]. J Ultrasound Med, 2014, 33(7): 1257-1263. doi: 10.7863/ultra.33.7.1257.
[15] 黄 莺,李奇林,张存程,等. 超声造影定量参数联合血清TSHR mRNA用于甲状腺癌老年患者临床诊断的价值[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(11): 2631-2634. doi: doi: 10.3969/j.issn.1005-9202.2019.11.021.
[16] 王春梅,王利利. 超声造影参数与分化型甲状腺癌肿瘤组织中增殖基因表达及淋巴结转移的关联性分析[J]. 影像科学与光化学, 2020, 38(6): 1076-1081. doi: 10.7517/issn.1674-0475.200521.
[17] 李 梅,郑绥丽,刘 楚,等. 甲状腺癌患者CEUS特征及参数变化研究[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(4): 773-777. doi: 10.7517/issn.1674-0475.220507.
[18] Rajabi S, Dehghan MH, Dastmalchi R, et al. The roles and role-players in thyroid cancer angiogenesis [J]. Endocr J, 2019, 66(4): 277-293. doi: 10.1507/endocrj.EJ18-0537.
[19] Xia Q, Li Y, Han D, et al. SMURF1, a promoter of tumor cell progression? [J]. Cancer Gene Ther, 2021, 28(6): 551-565. doi: 10.1038/s41417-020-00255-8.
[20] Bian S. miR-4319 inhibited the development of thyroid cancer by modulating FUS-stabilized SMURF1 [J]. J Cell Biochem, 2020, 121(1): 174-182. doi: 10.1002/jcb.29026.
[21] 王 卉,赵珊珊,姚劲草,等. 超声联合甲状腺球蛋白检测对甲状腺癌术前N分期的价值分析[J]. 中华超声影像学杂志, 2022, 31(2): 122-128. doi: 10.3760/cma.j.cn131148-20210727-00500.

(编辑:贺绍梅)

patients who underwent TKA in the orthopedic department of the First Affiliated Hospital of Air Medical University from October 2016 to October 2021 were retrospectively analyzed. The occurrence of PFF during the follow-up period was statistically analyzed and the clinical data were collected. Binary *Logistic* regression was used to analyze the risk factors of PFF after TKA in the elderly, and a predictive model of PFF after TKA in the elderly was constructed based on the risk factors. *Receiver operating characteristic* (*ROC*) curve and *Hosmer-Lemeshow* (*H-L*) were used to test the discrimination and calibration of prediction model. **Results** The patients were followed up for 12 to 72 months after discharge, with a median time of 47 months. During the follow-up period, 31 patients (5.77%) developed PFF. Age, osteoporosis, Parkinson's disease and anterior femoral notch (AFN) were the risk factors for PFF after TKA in the elderly ($P<0.05$), and cross fixation of prosthesis and bone cement fixation were the protective factors ($P<0.05$). The results of *H-L* test showed that the risk prediction model of PFF after TKA in the elderly had good calibration ($P>0.05$). *ROC* curve analysis showed that the risk prediction model of PFF after TKA in the elderly has high discrimination (*area under the curve* was 0.858, 95%*CI*: 0.826 to 0.887), the sensitivity was 83.87%, the specificity was 88.34%. **Conclusion** The risk of PFF after TKA in the elderly is high, and prevention should be carried out according to the high risk factors. The prediction model constructed based on the high risk factors has good prediction efficiency.

Keywords: total knee arthroplasty; periprosthetic femoral fracture; prediction model; risk factors

随着老龄化、社会经济发展以及人们对生活质量要求的提高,全膝关节置换术(total knee arthroplasty,TKA)已经成为终末期膝关节骨性关节炎的首选治疗方式,其可有效缓解患者疼痛程度,改善功能状态和生活质量,因此,接受TKA治疗的老年患者不断增多[1]。股骨假体周围骨折(periprosthetic femoral fracture,PFF)是TKA后常见的严重并发症之一,好发于髁上区域,多由低能量创伤导致。随着TKA数量的增加以及TKA后患者寿命的延长,PFF的发生率也不断增加,严重影响手术效果和患者生活质量,且目前缺乏有效的治疗方法[2]。因此,识别PFF的风险因素,早期预防TKA后PFF的发生十分重要。鉴于此,本研究分析TKA后PFF的危险因素,并构建相关风险预测模型,以期为临床预防PFF提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2016年10月至2021年10月空军军医大学第一附属医院骨科收治的537例行TKA治疗的老年患者的临床资料。纳入标准:①符合TKA手术适应证;②年龄在60周岁以上。排除标准:①骨折、化脓性关节炎后遗症或接受翻修手术;②高能量创伤导致的PFF;③术中骨折、侧副韧带损伤、假体周围感染;④术后失访。患者术后随访截至2022年10月,统计随访期间PFF的发生情况。PFF诊断标准:发生在股骨、胫骨、髌骨和膝关节平面15 cm内或假体柄上方5 cm内的骨折[3]。本研究已经获得我院医学伦理委员会批准(Z162051)。

1.2 方法

收集患者年龄、性别、BMI、损伤侧别、病因(类风湿关节炎、骨关节炎)、基础疾病(高血压、2型糖尿病、高脂血症、心血管疾病、骨质疏松、帕金森病和脑卒中)、皮质类固醇使用史、TKA手术史、德约-查尔森合并症指数(djor-charson complication index,DCCI)[4]、手术时间、手术入路、假体设计、假体固定方式、术后并发症(局灶性骨质溶解、膝关节僵硬)、术后住院时间、影像学检查结果[手术前后股骨远端外侧角(lateral distal femoral angle,LDFA)差值、术后股骨远端宽度(distal femoral width,DFW)/假体股骨远端宽度(prosthesis distal femoral width,PDFW)值、股骨假体屈曲角(femoral prosthesis flexion angle,FPFA)、股骨前切迹(anterior femoral notch,AFN)]。LDFA是解剖股骨轴和股骨远端关节线间的横向角。DFW是股骨远端平行于股骨远端关节线的最长距离。PDFW为假体股骨远端平行于股骨远端关节线的最长距离。FPFA是矢状股骨轴与股骨假体矢状面之间的后角。AFN为股骨前皮质和股骨远端前切线之间的深度[5],AFN分级:Ⅰ级,侵犯股骨前皮质外侧表层;Ⅱ级,侵犯股骨前皮质内外表层;Ⅲ级,侵犯髓管25%~50%;Ⅳ级,侵犯髓管>50%[6]。

1.3 统计学分析

采用SPSS 25.00统计软件进行数据分析,呈正态分布的连续变量以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用*Student-t*检验;呈偏态分布的连续变量以中位数[$M(P_{25},P_{75})$]表示,采用非参数检验。分类变量以率(%)表示,采用χ^2检验。二元*Logistic*回归分析老年TKA后PFF的危险因素,基于危险因素构建老年TKA后PFF的预测模型。受试者工作特征(*receiver operating characteristic*,*ROC*)曲线和*Hosmer-Lemeshow*(*H-L*)检验预测模型的区分度和校准度。双侧检验水准$\alpha=0.05$。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 影响老年TKA后发生PFF的单因素分析

患者术后随访12~72个月,中位时间47个月。随访期间31例(5.77%)发生PFF,将其设为PFF组,其余506例患者设为非PFF组。PFF组患者年龄、DFW/PDFW值、AFN大于非PFF组($P<0.05$),且女性、右侧

损伤、类风湿关节炎、骨质疏松、高脂血症、帕金森病、皮质类固醇使用史、局灶性骨质溶解、膝关节僵硬、TKA手术史、AFN Ⅲ~Ⅳ级患者比例高于非PFF组(P<0.05),假体十字固位设计、骨水泥固定患者比例低于非PFF组(P<0.05),见表1。

2.2 影响老年TKA后发生PFF的*Logistic*回归分析

以是否发生PFF为因变量,单因素分析中有统计学差异的指标为自变量,赋值见表2。逐步后退法进行自变量的选择和剔除,结果显示,年龄、骨质疏松、帕金森病、AFN是老年TKA后PFF的危险因素(P<0.05),假体十字固位设计、骨水泥固定是其保护因素(P<0.05),见表3。

2.3 老年TKA后发生PFF的预测模型建立和验证

建立预测模型为Logit(P)=6.713+1.268×(年龄)+0.815×(骨质疏松)+0.632×(帕金森病)+0.436×(AFN)−0.385×(假体设计)−0.269×(假体固定方式),拟合优度Nagelkerke R^2为0.503。*ROC*曲线分析显示,上述预测模型预测老年TKA后PFF的曲线下面积(*area under the curve*, *AUC*)为0.858(95%*CI*:0.826~0.887,P<0.001),敏感度、特异度分别为83.87%、88.34%,见图1,表明构建的风险预测模型具有较好的区分度。*H-L*检验P=0.085,说明该预测模型预测的结果与实际结果无统计学差异。

3 讨论

老年患者多患有骨质疏松,随着老年人口的不断增加,TKA数量以及TKA后PFF的发生率也不断增加,给临床治疗带来巨大的挑战和压力[7]。目前国内缺乏TKA后PFF的流行病学调查,国外初次报道TKA后PFF的发生率为0.3%~2.5%[8]。Welch等[9]回顾了1994年至2010年4 943例行TKA的患者,发现PFF的发生率为0.42%(21/4 943);近期美国一项报道显示,初次接受TKA治疗的患者术后90 d内PFF的发生率为4.2%(29/684)[10]。本研究结果显示,老年TKA后PFF的发生率为5.77%(31/537),高于早期报道[8-9],符合PFF患病率不断增加的趋势,与Herndon等[10]报道结果接近。

表1 影响老年TKA后发生PFF的单因素分析结果

影响因素		PFF组(n=31)	非PFF组(n=506)	$t/Z/\chi^2$	P
随访时间(月)		46(12,70)	47(13,72)	1.336	0.182
年龄(岁)		77.15±6.02	66.21±5.17	11.324	<0.001
性别[例(%)]	男	14(45.16)	355(70.16)	8.490	0.004
	女	17(54.84)	151(29.84)		
BMI(kg/m^2)		26.35±3.19	25.97±3.08	0.665	0.506
损伤侧别[例(%)]	左侧	7(22.58)	235(46.44)	6.718	0.010
	右侧	24(77.42)	271(53.56)		
病因[例(%)]	骨关节炎	25(80.65)	465(91.90)	4.631	0.031
	类风湿关节炎	6(19.35)	41(8.10)		
基础疾病[例(%)]	高血压	18(58.06)	261(51.58)	0.492	0.483
	2型糖尿病	21(67.74)	295(58.30)	1.075	0.300
	高脂血症	17(54.84)	151(29.84)	8.490	0.004
	心血管疾病	5(16.13)	35(6.92)	3.596	0.058
	骨质疏松	23(74.19)	227(44.86)	10.101	0.001
	帕金森病	8(25.81)	41(8.10)	11.041	0.001
	脑卒中	4(12.90)	31(6.13)	2.202	0.138
皮质类固醇使用史[例(%)]		6(19.35)	29(5.73)	8.898	0.003
TKA手术史[例(%)]		10(32.26)	76(15.02)	6.454	0.011
DCCI(分)		0.52±0.16	0.49±0.11	1.430	0.153
手术时间(min)		81.53±5.42	79.82±5.03	1.829	0.068
手术入路[例(%)]	内侧髌旁	20(64.52)	395(78.06)	0.114	0.735
	中层	11(35.48)	111(21.94)		
假体设计[例(%)]	十字固位	2(6.45)	305(60.28)	32.250	<0.001
	后稳定	29(93.55)	201(39.72)		
假体固定方式[例(%)]	骨水泥	9(29.03)	311(61.46)	12.758	<0.001
	非骨水泥	22(70.97)	195(38.54)		
术后并发症[例(%)]	局灶性骨质溶解	3(9.68)	12(2.37)	7.967	0.005
	膝关节僵硬	4(12.90)	15(2.96)	5.790	0.016
术后住院时间(d)		4.11±0.65	3.95±0.58	1.480	0.139
手术前后LDFA差值(°)		4.12±1.02	4.05±0.98	0.385	0.700
DFW/PDFW值		0.75±0.12	0.71±0.10	2.136	0.033
FPFA(°)		88.15±6.35	87.98±6.08	0.151	0.880
AFN(mm)		0.32±0.08	0.15±0.03	26.431	<0.001
AFN分级[例(%)]	Ⅰ~Ⅱ级	11(35.48)	300(59.29)	6.791	0.009
	Ⅲ~Ⅳ级	20(64.52)	206(40.71)		

表2 变量赋值

变量	赋值
PFF	0=非PFF,1=PFF
年龄	连续变量
性别	0=男,1=女
侧别	0=左侧,1=右侧
类风湿关节炎	0=是,1=否
骨质疏松	0=是,1=否
高脂血症	0=是,1=否
帕金森病	0=是,1=否
皮质类固醇使用史	0=是,1=否
局灶性骨质溶解	0=是,1=否
膝关节僵硬	0=是,1=否
TKA手术史	0=是,1=否
AFN分级	0=Ⅰ~Ⅱ级,1=Ⅲ~Ⅳ级
AFN	连续变量
DFW/PDFW值	连续变量
假体设计	0=十字固位,1=后稳定
假体固定方式	0=骨水泥固定,1=非骨水泥固定

表3 老年TKA后PFF的*Logistic*回归方程

因素	β	*SE*	*Wald*χ^2	*OR*(95%*CI*)	*P*
年龄	1.268	0.351	13.050	3.554(2.147~5.881)	<0.001
骨质疏松	0.815	0.243	11.249	2.259(1.622~3.146)	<0.001
帕金森病	0.632	0.196	10.397	1.881(1.394~2.539)	<0.001
AFN	0.436	0.750	6.207	1.547(1.173~2.039)	0.009
假体设计	−0.385	0.145	7.351	0.680(0.554~0.836)	0.001
假体固定方式	−0.269	0.129	4.438	0.764(0.637~0.917)	0.015

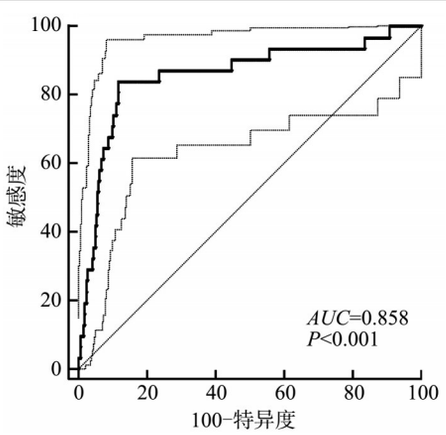


图1 预测模型的*ROC*曲线

PFF的病因复杂,被认为是多种因素共同作用的结果,与术后假体股骨对股骨髁应力遮挡、术区血供差不能满足假体周围骨重建、股骨和假体应力分布不均、骨质量下降和骨溶解、术中过度损伤、假体力线不对称导致假体内翻等有关[11]。本研究结果显示,年龄作为不可控因素与老年TKA后PFF的发生密切相关,其次是骨质疏松、帕金森病、AFN、假体设计、假体固定方式。Pornrattanamaneewong等[5]认为年龄是PFF的独立危险因素,当年龄>75岁时,单独预测PFF的*AUC*可达0.806(95%*CI*:0.700~0.912),敏感度和特异度分别为75.00%、78.10%。Canton等[12]系统评价显示,高龄是PFF的主要风险因素,这与高龄增加跌倒和骨质疏松风险有关。骨质疏松被认为是导致PFF的最关键因素之一。Bernatz等[13]指出,约1/4的TKA患者存在骨质疏松,骨质疏松患者无法达到足够的骨折固定稳定性,不具备完全承重的能力,因此,当骨质疏松患者植入金属假体后,机械稳定性低于无骨质疏松患者,发生假体周围骨折的风险大增[14]。帕金森病会导致步态和行走姿势异常,增加跌倒和PFF的发生风险。黄加强等[15]指出,合并帕金森病的高龄TKA患者术后髋关节翻修率明显高于无帕金森病患者(31.2% *vs.* 10.8%),其中80%的翻修手术原因为PFF。Hsiue等[16]也指出,帕金森病患者接受关节置换术后,再住院翻修手术风险明显增加;Redondo-Trasobares等[17]认为帕金森病是初次TKA患者发生PFF的风险因素。

本研究结果显示,假体十字固位设计与PFF的发生密切相关,PFF组患者十字固位比例低于非PFF组,表明十字固位有助于稳定股骨远端假体。Delasotta等[18]报道采用后稳定、十字固位或半约束的患者术中PFF的发生率分别为0.32%、0和3.13%。AFN与PFF的关系尚存有一定争议。Puranik等[19]报道指出,有21%的TKA患者存在不同程度AFN,但AFN与TKA术后2年内PFF的发生无相关性。本研究认为AFN是导致股骨髁上骨折的原因,AFN会增加接受TKA治疗患者PFF的发生风险。生物力学研究发现,AFN可降低股骨远端扭转负荷,导致假体植入失败[20],存在AFN的TKA患者PFF的发生风险较无AFN患者高出17倍[21]。本研究结果显示,TKA中采用骨水泥固定可降低PFF的发生风险,骨水泥固定是PFF的保护因素。Herndon等[10]认为TKA术中使用骨水泥或带环柄可降低PFF的发生率;Berliner等[22]也认为骨水泥股骨柄可降低全髋关节置换术后假体周围骨折的风险。骨水泥有助于假体和骨之间形成机械性结合,达到早期稳定效果,TKA术中使用骨水泥固定在增强早期固定强度方面具有一定优势,而非骨水泥固定发生假体偏转的风险较大,会增加术中和术后早期PFF的发生风险[23-24]。

本研究基于上述危险因素构建老年TKA后PFF的风险预测模型,通过*ROC*曲线验证风险预测模型的预测效果,*AUC*为0.858,说明该模型具有良好的预测能力。临床医护人员应给予针对性的干预,以降低PFF的发生风险。对于高龄和合并骨质疏松、帕金森病的患者应高度警惕TKA后PFF的发生风险,积极给予抗骨质疏松药物、抗胆碱或促进多巴释放的药物,以治疗和控制原发病。另外,术中应注意在股骨远端保留尽量多的骨骼,给予骨水泥固定,并避免AFN,以

降低PFF的发生风险。

综上,年龄、骨质疏松、帕金森病、AFN是老年TKA后PFF的危险因素,假体十字固位设计、骨水泥固定是保护因素,临床应高度重视具有高危因素的患者,采取积极的预防措施,以降低PFF的发生率。然而本研究为回顾性研究,尚需进一步进行多中心、前瞻性研究加以证实。

[参考文献]

[1] Trigueros-Larrea JM, Gonzalez-Bedia MA, Lomo-Garrote JM, et al. Total knee arthroplasty in octogenarians: should we still be so restrictive?[J]. Geriatrics (Basel), 2021, 6(3): 67. doi: 10.3390/geriatrics6030067.

[2] Rhee SJ, Cho JY, Choi YY, et al. Femoral periprosthetic fractures after total knee arthroplasty: new surgically oriented classification with a review of current treatments[J]. Knee Surg Relat Res, 2018, 30(4): 284-292. doi: 10.5792/ksrr.17.036.

[3] Dennis DA. Periprosthetic fractures following total knee arthroplasty[J]. Instr Course Lect, 2001, 50: 379-389. doi: 10.1111/os.12199.

[4] Deyo RA, Cherkin DC, Ciol MA. Adapting a clinical comorbidity index for use with ICD-9-CM administrative databases[J]. J Clin Epidemiol, 1992, 45(6): 613-619. doi: 10.1016/0895-4356(92)90133-8.

[5] Pornrattanamaneewong C, Sitthitheerarut A, Ruangsomboon P, et al. Risk factors of early periprosthetic femoral fracture after total knee arthroplasty[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 1009. doi: 10.1186/s12891-021-04875-5.

[6] Gujarathi N, Putti AB, Abboud RJ, et al. Risk of periprosthetic fracture after anterior femoral notching[J]. Acta Orthop, 2009, 80(5): 553-556. doi: 10.3109/17453670903350099.

[7] Townsend O, Jain S, Lamb JN, et al. Periprosthetic femoral fracture type and location are influenced by the presence of an ipsilateral knee arthroplasty implant: a case-control study of 84 interprosthetic femoral fractures[J]. Injury, 2022, 53(2): 645-652. doi: 10.1016/j.injury.2021.11.047.

[8] Hirsh DM, Bhalla S, Roffman M. Supracondylar fracture of the femur following total knee replacement. Report of four cases[J]. J Bone Joint Surg (Am), 1981, 63(1): 162-163.

[9] Welch T, Iorio R, Marcantonio AJ, et al. Incidence of distal femoral periprosthetic fractures after total knee arthroplasty[J]. Bull Hosp Jt Dis, 2016, 74(4): 287-292.

[10] Herndon CL, Nowell JA, Sarpong NO, et al. Risk factors for periprosthetic femur fracture and influence of femoral fixation using the mini-anterolateral approach in primary total hip arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2020, 35(3): 774-778. doi: 10.1016/j.arth.2019.10.011.

[11] 李二亮,王文已,韩兴文,等. 全膝关节置换术后股骨假体周围骨折的研究进展[J]. 骨科, 2019, 10(1): 78-84. doi: 10.3969/j.issn.1674-8573.2019.01.016.

[12] Canton G, Ratti C, Fattori R, et al. Periprosthetic knee fractures. A review of epidemiology, risk factors, diagnosis, management and outcome[J]. Acta Biomed, 2017, 88(2S): 118-128. doi: 10.23750/abm.v88i2-S.6522.

[13] Bernatz JT, Brooks AE, Squire MW, et al. Osteoporosis is common and undertreated prior to total joint arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2019, 34(7): 1347-1353. doi: 10.1016/j.arth.2019.03.044.

[14] Hollensteiner M, Sandriesser S, Bliven E, et al. Biomechanics of osteoporotic fracture fixation[J]. Curr Osteoporos Rep, 2019, 17(6): 363-374. doi: 10.1007/s11914-019-00535-9.

[15] 黄加强,夏 红,陈颜亮,等. 合并帕金森综合征的高龄股骨颈骨折初次髋关节置换术后假体生存分析[J]. 中南大学学报(医学版), 2019, 44(5): 555-561. doi: 10.11817/j.issn.1672-7347.2019.05.013.

[16] Hsiue PP, Chen CJ, Villalpando C, et al. Effect of Parkinson's disease on hemiarthroplasty outcomes after femoral neck fractures[J]. J Arthroplasty, 2019, 34(8): 1695-1699. e1. doi: 10.1016/j.arth.2019.03.055.

[17] Redondo-Trasobares B, Torres-Campos A, Calvo-Tapies JR, et al. Risk factors of periprosthetic femoral fracture after total knee arthroplasty[J]. Rev Esp Cir Ortop Traumatol (Engl Ed), 2020, 64(4): 258-264. doi: 10.1016/j.recot.2020.03.001.

[18] Delasotta LA, Orozco F, Miller AG, et al. Distal femoral fracture during primary total knee arthroplasty[J]. J Orthop Surg (Hong Kong), 2015, 23(2): 202-204. doi: 10.1177/230949901502300218.

[19] Puranik HG, Mukartihal R, Patil SS, et al. Does femoral notching during total knee arthroplasty influence periprosthetic fracture. A prospective study[J]. J Arthroplasty, 2019, 34(6): 1244-1249. doi: 10.1016/j.arth.2019.02.034.

[20] Shawen SB, Belmont PJ Jr, Klemme WR, et al. Osteoporosis and anterior femoral notching in periprosthetic supracondylar femoral fractures: a biomechanical analysis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85(1): 115-121. doi: 10.2106/00004623-200301000-00018.

[21] Zainul-Abidin S, Lim B, Bin-Abd-Razak HR, et al. Periprosthetic fractures after total knee arthroplasty: the influence of pre-operative mechanical factors versus intraoperative factors[J]. Malays Orthop J, 2019, 13(2): 28-34. doi: 10.5704/MOJ.1907.005.

[22] Berliner Z, Yau C, Jahng K, et al. Risk factors for periprosthetic femoral fracture in non-cemented total hip arthroplasty through the direct anterior approach[J]. HSS J, 2022, 18(3): 368-375. doi: 10.1177/15563316211050884.

[23] 安 明,董 川,陈 佳,等. 骨水泥与非骨水泥固定在初次全膝关节置换术中的应用:系统评价和meta分析[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2020, 13(1): 28-34. doi: 10.3969/j.issn.2095-9958.2020.01.05.

[24] Lindberg-Larsen M, Jørgensen CC, Solgaard S, et al. Increased risk of intraoperative and early postoperative periprosthetic femoral fracture with uncemented stems[J]. Acta Orthop, 2017, 88(4): 390-394. doi: 10.1080/17453674.2017.1302908.

(编辑:贺绍梅)