doi:10.11659/jjssx.04E025014

·骨科专栏·

全膝关节置换术后腰椎和髋部骨密度与人工关节无菌性松动的关系

尹识渊,黄朝明,裴 儒,何仁豪,张 杰 (江苏省人民医院宿迁医院骨科,江苏 宿迁 223800)

[摘 要] **目的** 探讨全膝关节置换术(TKA)患者术后腰椎和髋部骨密度的变化,并分析TKA患者骨密度变化与人工关节无菌性松动(AL)的相关性。**方法** 选取2017年8月至2020年7月在我院接受TKA的患者302例,按照术后3个月是否发生人工关节AL分为AL组(31例)和非AL组(271例),随访3年,比较2组患者手术前后腰椎和髋部骨密度变化。**结果** AL组患者术后1年、2年、3年的L_2、L_3、L_4骨密度较术前均降低($P<0.05$),非AL组患者术后1年、3年的L_2骨密度较术前升高($P<0.05$),非AL组患者术后2年、3年的L_3骨密度较术前升高($P<0.05$),且AL组患者术后1年、2年、3年的L_2、L_3、L_4骨密度明显低于非AL组($P<0.05$)。AL组患者术后1年、2年、3年的股骨颈骨密度、大粗隆骨密度较术前均降低($P<0.05$),非AL组患者术后3年的股骨颈骨密度较术前升高($P<0.05$),非AL组患者术后1年、2年、3年的大粗隆骨密度较术前均升高($P<0.05$),且AL组患者术后1年、2年、3年的股骨颈、大粗隆骨密度明显低于非AL组($P<0.05$)。**结论** TKA术后发生AL的患者腰椎和髋部骨密度明显降低,且AL与腰椎和髋部骨密度呈负相关。

[关键词] 全膝关节置换术;腰椎;髋部;骨密度;人工关节;无菌性松动
[中图分类号] R684 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-04-02

Association between lumbar and hip bone mineral density after total knee arthroplasty and aseptic loosening of the prosthesis

YIN Shi-yuan, HUANG Chao-ming, PEI Ru, HE Ren-hao, ZHANG Jie (Department of Orthopedics, Suqian Hospital of Jiangsu Provincial People's Hospital, Suqian Jiangsu 223800, China)

Abstract: Objective To investigate the changes in lumbar and hip bone mineral density in patients after total knee arthroplasty (TKA), and the correlation between bone mineral density changes and aseptic loosening (AL) of the prosthesis in TKA patients was analyzed. **Methods** A total of 302 patients who underwent TKA in our hospital from August 2017 to July 2020 were enrolled. They were divided into the AL group (31 cases) and the non-AL group (271 cases) according to the occurrence of prosthesis AL at 3 months postoperatively. All patients were followed up for 3 years, and the changes in lumbar and hip bone mineral density before and after surgery were compared between the two groups. **Results** Compared with preoperative values, bone mineral density of L_2, L_3 and L_4 were significantly decreased at 1, 2 and 3 years after surgery in the AL group ($P<0.05$). In the non-AL group, bone mineral density of L_2 was significantly increased at 1 and 3 years after surgery compared with preoperative values ($P<0.05$), and bone mineral density of L_3 was significantly increased at 2 and 3 years after surgery compared with preoperative values ($P<0.05$). Moreover, bone mineral density of L_2, L_3 and L_4 in the AL group were significantly lower than those in the non-AL group at 1, 2 and 3 years after surgery ($P<0.05$). In the AL group, bone mineral density of the femoral neck and greater trochanter were significantly decreased at 1, 2 and 3 years after surgery compared with preoperative values ($P<0.05$). In the non-AL group, bone mineral density of the femoral neck was significantly increased at 3 years after surgery compared with preoperative values ($P<0.05$), and bone mineral density of the greater trochanter were significantly increased at 1, 2 and 3 years after surgery compared with preoperative values ($P<0.05$). Moreover, bone mineral density of the femoral neck and greater trochanter in the AL group were significantly lower than those in the non-AL group at 1, 2 and 3 years after surgery ($P<0.05$). **Conclusion** Patients with AL after TKA have significantly decreased bone mineral density of the lumbar spine and hip, and AL is negatively correlated with lumbar and hip bone mineral density.

Keywords: total knee arthroplasty; lumbar; hip; bone mineral density; prosthesis; aseptic loosening

人工全膝关节置换术(total knee arthroplasty,TKA)是治疗膝关节终末期骨关节病的有效手段[1],该术式能缓解膝关节疾病所致的疼痛,改善关节功能。骨密度是衡量骨骼健康状况、评估骨折风险的重要指标之一。在TKA术后,患者腰椎、髋部骨密度水平可能会发生变化[2],原因可能与术后活动量和关节负担变化等因素密切相关。人工关节无菌性松动(aseptic loosening,AL)是TKA术后潜在的并发症之一,手术技

[基金项目] 宿迁市科研计划项目(Z2024082)
[通信作者] 黄朝明,E-mail:yinshiyuan5@126.com

术、假体设计、患者骨质条件等均会影响AL的发生风险[3]。有研究表明,骨密度降低会造成骨质弱化,进而增加关节松动的风险[4]。既往关于TKA术后骨密度变化的研究多聚焦于股骨远端、胫骨近端等手术局部骨密度的改变情况,而针对腰椎、髋部等非手术部位骨密度变化的研究相对较少。尽管部分研究提及TKA术后患者腰椎、髋部骨密度水平可能发生变化,但这些研究大多停留在现象描述层面,缺乏对骨密度变化与AL关联性的深入探讨。因此,本研究纳入302例TKA患者,旨在探究TKA术后腰椎和髋部骨密度的变化,并分析其与AL的关联,以期为AL的预防提供一定参考依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取2017年8月至2020年7月在我院接受TKA的患者302例,按照术后3个月是否发生人工关节AL分为AL组(31例)和非AL组(271例)。AL组患者中,男16例,女15例;年龄(61.84±9.42)岁;体质量指数(26.56±3.28)kg/m^2;手术侧别:左侧15例,右侧16例;手术类型:生物型15例,骨水泥型16例;AL分级:早期松动13例,进行性松动14例,晚期松动4例;合并症:骨质疏松20例,糖尿病7例,高血压17例,冠心病14例,腰椎病变3例,银屑病1例,双下肢动脉硬化3例。非AL组患者中,男145例,女126例;年龄(62.59±8.25)岁;体质量指数(26.83±3.56)kg/m^2;手术侧别:左侧121例,右侧150例;手术类型:生物型118例,骨水泥型153例;合并症:骨质疏松133例,糖尿病51例,高血压112例,冠心病105例,腰椎病变17例,银屑病5例,双下肢动脉硬化16例。2组患者基线资料比较,差异均无统计学意义(P>0.05)。本回顾性研究经我院医学伦理委员会批准(批准号:GHY20170012)。所有患者均签署对本研究的知情同意书。

纳入标准:①年龄40~90岁;②患有膝关节骨性关节炎、类风湿性关节炎或骨坏死等需要进行TKA的疾病;③接受单侧TKA,且无手术禁忌证;④初次行TKA;⑤接受骨密度测量。排除标准:①患有恶性肿瘤;②患有甲状腺疾病;③患有严重心、肝、肾等脏器功能不全;④患有严重感染性疾病;⑤术前存在膝关节感染、假体周围感染或深静脉血栓形成等严重并发症;⑥既往接受过髋关节置换术;⑦临床或影像资料不完整或图像质量不佳;⑧因骨质疏松或其他骨病导致的骨密度异常;⑨存在认知功能不全、精神障碍;⑩随访失败或资料不全。

1.2 方法

在术后1年、2年、3年,比较AL组与非AL组患者的腰椎(L_2、L_3、L_4)及髋部(股骨颈、大粗隆)骨密度。骨密度测量由同一技师操作完成,骨密度测量方法:患者保持仰卧位,采用双能X射线吸收法测定患者骨密度,腰椎测量范围为L_1~L_4椎体,髋部测量范围均为术侧,包括股骨颈、大粗隆等。腰椎和髋部任一区域T值≤-2.5定义为骨质疏松,-2.5<T值<-1.0定义为骨量减少。全部患者手术前后均服用同一种抗骨质疏松症药物治疗。

AL的诊断标准[5]:Ⅰ级,假体周围骨丢失量少,交界面初现松动,骨皮质变薄(<30%),假体相对稳定;Ⅱ级,骨髓腔扩大,松动明显,骨皮质显著变薄(≥50%),假体稳定性受较大影响,但未显著移位;Ⅲ级,假体在影像学检查中已明显移位,不稳定性加剧,可能导致疼痛和功能受限;Ⅳ级,假体极度不稳定,随时可能脱位或失效,患者可能经历严重疼痛和功能丧失,需紧急医疗干预。

1.3 统计学方法

采用SPSS 22.0统计软件进行数据分析,计数资料用率(%)表示,组间比较采用χ^2检验;符合正态分布的计量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本t检验。多个时点分析应用重复测量分析,采用*Mauchly*球形检验;各时点的组间差异比较,采用独立样本t检验;各组的时间差异比较,采用*Bonferroni*调节多重比较的方法;方差齐性分析采用*Levene's*检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 腰椎骨密度变化比较

术前L_2、L_4骨密度组间方差齐性检验差异无统计学意义(P>0.05),提示方差齐,其余各腰椎观察指标组间方差齐性检验差异有统计学意义(P<0.05),提示方差不齐,见表1。

重复测量显示,L_2、L_3、L_4骨密度的时间因素、组间因素、时间与组间因素交互作用比较,差异有统计学意义(P<0.05)。各时点比较,AL组患者术后1年、2年、3年的L_2、L_3、L_4骨密度较术前均降低,差异有统计学意义(P<0.05);非AL组患者术后1年、3年的L_2骨密度较术前升高(P<0.05);非AL组患者术后2年、3年的L_3骨密度较术前升高,差异有统计学意义(P<0.05)。组间比较,AL组患者术后1年、2年、3年的L_2、L_3、L_4骨密度明显低于非AL组,差异有统计学意义(P<0.05),见表2。

2.2 髋部骨密度变化比较

各髋部观察指标组间方差齐性检验差异有统计学意义(P<0.05),提示方差不齐,见表1。

重复测量显示,股骨颈骨密度、大粗隆骨密度的时间因素、组间因素、时间与组间因素交互作用比较,差异有统计学意义(P<0.05)。各时点比较,AL组患者术后1年、2年、3年的股骨颈、大粗隆骨密度较术前均降低,差异有统计学意义(P<0.05);非AL组患者术后3年的股骨颈骨密度较术前升高,差异有统计学意义(P<0.05);非AL组患者术后1年、2年、3年的大粗隆骨密度较术前均升高,差异有统计学意义(P<0.05)。组间比较,AL组患者术后1年、2年、3年的股骨颈、大粗隆骨密度低于非AL组,差异有统计学意义(P<0.05),见表3。

表1 方差齐性检验结果

指标	时间	*Levene's*	*df*1	*df*2	*P*
L_2骨密度	术前	0.832	1	300	0.362
	术后3个月	278.638	1	300	0.000
	术后6个月	80.448	1	300	0.000
	术后12个月	397.382	1	300	0.000
L_3骨密度	术前	6.294	1	300	0.013
	术后3个月	27.586	1	300	0.000
	术后6个月	49.496	1	300	0.000
	术后12个月	1 227.340	1	300	0.000
L_4骨密度	术前	0.761	1	300	0.384
	术后3个月	225.863	1	300	0.000
	术后6个月	55.634	1	300	0.000
	术后12个月	456.437	1	300	0.000
股骨颈骨密度	术前	7.401	1	300	0.007
	术后3个月	125.084	1	300	0.000
	术后6个月	214.559	1	300	0.000
	术后12个月	98.424	1	300	0.000
大粗隆骨密度	术前	4.822	1	300	0.029
	术后3个月	17.684	1	300	0.000
	术后6个月	35.317	1	300	0.000
	术后12个月	35.010	1	300	0.000

表2 2组患者手术前后腰椎骨密度变化比较($\bar{x}\pm s$)

组别	*n*	L_2骨密度			
		术前	术后1年	术后2年	术后3年
AL组	31	0.75±0.22	−0.55±0.14$^{*\#}$	−1.22±0.38$^{*\#}$	−1.67±0.41$^{*\#}$
非AL组	271	0.77±0.19	0.80±0.23*	0.79±0.24	0.87±0.23*
F		$F_{时点}$=744.027,$F_{交互}$=844.897,$F_{组间}$=2 401.008			
P		$P_{时点}$=0.000,$P_{交互}$=0.000,$P_{组间}$=0.000			
组别	*n*	L_3骨密度			
		术前	术后1年	术后2年	术后3年
AL组	31	0.77±0.24	−0.83±0.22$^{*\#}$	−1.25±0.33$^{*\#}$	−1.71±0.39$^{*\#}$
非AL组	271	0.79±0.25	0.80±0.24	0.83±0.24*	0.86±0.28*
F		$F_{时点}$=569.571,$F_{交互}$=624.044,$F_{组间}$=2 278.824			
P		$P_{时点}$=0.000,$P_{交互}$=0.000,$P_{组间}$=0.000			
组别	*n*	L_4骨密度			
		术前	术后1年	术后2年	术后3年
AL组	31	0.88±0.22	−0.91±0.28$^{*\#}$	−1.31±0.40$^{*\#}$	−1.75±0.42$^{*\#}$
非AL组	271	0.86±0.23	0.88±0.24	0.87±0.25	0.88±0.26
F		$F_{时点}$=730.351,$F_{交互}$=753.386,$F_{组间}$=2 353.493			
P		$P_{时点}$=0.000,$P_{交互}$=0.000,$P_{组间}$=0.000			

*:与术前比较,P<0.05;#:与非AL组比较,P<0.05

表3 2组手术前后髋部骨密度变化比较($\bar{x}\pm s$)

组别	*n*	股骨颈骨密度			
		术前	术后1年	术后2年	术后3年
AL组	31	0.64±0.18	−0.25±0.07$^{*\#}$	−0.86±0.25$^{*\#}$	−1.35±0.40$^{*\#}$
非AL组	271	0.61±0.17	0.62±0.18	0.63±0.14	0.65±0.16*
F		$F_{时点}$=735.703,$F_{交互}$=790.158,$F_{组间}$=2 285.696			
P		$P_{时点}$=0.000,$P_{交互}$=0.000,$P_{组间}$=0.000			
组别	*n*	大粗隆骨密度			
		术前	术后1年	术后2年	术后3年
AL组	31	0.58±0.15	−0.21±0.06$^{*\#}$	−0.81±0.23$^{*\#}$	−1.31±0.42$^{*\#}$
非AL组	271	0.56±0.12	0.58±0.13*	0.59±0.17*	0.61±0.19*
F		$F_{时点}$=726.653,$F_{交互}$=802.141,$F_{组间}$=2 215.308			
P		$P_{时点}$=0.000,$P_{交互}$=0.000,$P_{组间}$=0.000			

*:与术前比较,P<0.05;#:与非AL组比较,P<0.05

3 讨论

TKA的应用能够改善膝关节功能,提高膝关节疾病患者的后续生活质量[6]。既往研究显示,TKA术后患者的骨密度会发生明显变化,可能是因为TKA术后患者活动量减少,骨组织受到刺激,从而降低骨密度;也可能是术后患者的膝关节应力分布产生了变化,最终影响了骨骼的负载情况,进而影响骨密度[7]。

AL主要是指在TKA关节假体未见感染的情况下出现的关节松动现象。腰椎、髋部骨密度是指腰椎部位、髋关节区域骨骼中的矿物质密度,两者均可反映患者骨骼强度与骨质疏松程度,是评估骨骼健康状况及骨折风险、预测骨质疏松的有效指标[8-9]。骨密度降低会使骨骼变得脆弱,轻微外力作用下便可导致骨折,同时会对骨骼支撑力造成负性影响,进而影响肌肉力量,易出现肌无力等症状[10]。研究显示,骨密度降低可能会增加AL的发生风险[11],同时,AL的发生也可能对骨密度造成影响[12]。本研究结果显示,与未发生AL的患者相比,术后发生AL的患者腰椎(L_2、L_3、L_4)及髋部(股骨颈、大粗隆)的骨密度均显著较低。这可能是因为TKA术后膝关节力学环境改变,导致腰椎和髋部应力分布异常,局部骨代谢失衡,加速骨质流失。低骨密度(如骨质疏松)会降低假体周围骨质的机械支撑力,增加微骨折和骨-假体界面微动风险,最终导致AL发生[13]。针对该现象,临床应开展及时干预,如术前适当启动抗骨质疏松治疗(如双膦酸盐、RANKL抑制剂),术后定制康复计划,通过负重训练(如水中步行、渐进性抗阻运动)促进骨形成[14-15]。此外,术后还可每6~12个月通过X射线或CT复查骨密度及假体

稳定性,重点关注髋部和腰椎变化[16-17]。

多项研究指出,TKA术后患者不仅全身骨密度可能下降,且骨水泥型假体或非骨水泥假体的周围局部骨密度在术后初期(尤其是前3个月)均呈现下降趋势[18-19]。局部骨量丢失的机制与假体固定方式密切相关:骨水泥型假体通过聚甲基丙烯酸甲酯实现即时机械粘合,术后早期即可承重,尤其适用于骨质疏松或骨缺损严重的患者,但长期可能因骨水泥-骨界面微动或磨损颗粒导致骨溶解,进而加速假体松动风险;非骨水泥型假体则依赖骨组织长入实现生物性融合,长期稳定性更佳,但要求患者骨质条件良好,且早期需严格避免过度负重以保障骨整合过程,若患者骨代谢差(如术后骨密度快速下降),则可能整合失败,增加松动风险。国内TKA中非骨水泥假体的临床应用比例仍显著低于国际水平。据2021年统计,国内初级全膝关节置换手术中仅14%采用非骨水泥固定,而全髋关节置换手术中非骨水泥假体使用率高达95%。这种差异主要源于非骨水泥假体对手术精度要求严苛,术中假体-骨界面误差超过2 mm即可显著影响骨长入效果。尽管存在技术门槛,非骨水泥假体在特定人群中仍具独特优势,其生物融合特性更契合年轻、骨质良好或高活动需求的患者。研究显示,TKA患者腰椎与股骨颈的骨密度变化受全身活动量波动影响,但不同研究结果存在不一致性。Zhou等[18]发现TKA术后腰椎、股骨远端及胫骨近端骨密度下降;而van Loon等[20]通过DEXA技术跟踪10例TKA患者1年,发现股骨假体周围骨密度显著下降,但髋关节与腰椎骨密度变化不大。本研究则显示,TKA患者术后随访1年时,AL组患者腰椎与髋部目标区域骨密度较术前显著下降;与之不同,非AL组患者L_2椎体及大粗隆骨密度则出现显著升高。Ishii等[21]的研究进一步指出,TKA术后术侧髋部骨密度较健侧低,这可能与术侧负重减少有关,其随访数据表明,术后6个月内股骨近端骨密度普遍下降,但1年后基本恢复至术前水平。值得注意的是,这些研究中的患者均未接受专门的抗骨质疏松治疗,因此笔者推测,若接受抗骨质疏松治疗,骨密度可能会有所提升。

综上所述,TKA术后发生AL的患者腰椎和髋部骨密度明显降低,且AL与腰椎和髋部骨密度呈负相关。但本研究缺乏长期追踪数据和精准评估手段,难以确切了解骨密度变化对关节稳定性的影响。今后将加强长期追踪研究,至少持续追踪数年,以收集足够的临床数据来分析骨密度变化与关节松动的长期关联性。

[参考文献]

[1] Yocum DS, Valenzuela KA, Standifird TW, et al. Altered biomechanics in bilateral total knee replacement patients during stair negotiation[J]. Knee, 2022, 34: 9-16. doi: 10.1016/j.knee.2021.11.009.

[2] 孟丽颖,高 峰,李和培,等. 双能X线骨密度仪测定股骨假体周围骨密度水平对患者术后治疗效果的评估[J]. 放射学实践,2022,37(6):764-768. doi:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.06.016.

[3] 徐海荣,李 远,单华超,等. 下肢肿瘤型人工关节无菌性松动的翻修治疗[J]. 肿瘤防治研究,2022,49(6):612-615. doi:10.3971/j.issn.1000-8578.2022.22.0176.

[4] 贾丙申,焦 拓,纪志华,等. 当归续断汤联合鲑鱼降钙素喷鼻剂防治老年人工全髋关节置换术后假体无菌性松动的疗效及对骨代谢及炎症反应的影响[J]. 现代中西医结合杂志,2021,30(4):384-388. doi:10.3969/j.issn.1008-8849.2021.04.009.

[5] 魏 慧,田 京. 人工关节无菌性松动的早期诊断[J]. 中国组织工程研究与临床康复,2011,15(4):709-713. doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.04.034.

[6] Liu P, Yao J, Qiu C. Nursing intervention using healing touch in total knee replacement: a randomized controlled study protocol [J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(3): e23735. doi: 10.1097/MD.0000000000023735.

[7] Affatato S, Trucco D, Taddei P, et al. Wear behavior characterization of hydrogels constructs for cartilage tissue replacement [J]. Materials (Basel), 2021, 14(2): 428. doi: 10.3390/ma14020428.

[8] 杨 猛,江 旭,曹福洋,等. 单侧全膝关节置换术后下肢肌间静脉血栓形成因素分析及预防[J]. 中华创伤骨科杂志,2022,24(2):155-160. doi:10.3760/cma.j.cn115530-20210818-00382.

[9] 汝跃方,何荣新. Mako机器人辅助全膝关节置换术在膝骨性关节炎的早期应用[J]. 中国骨伤,2023,36(2):133-139. doi:10.12200/j.issn.1003-0034.2023.02.008.

[10] 蒋新新,钱伟军,李 立. 中老年人群中不同胸腰椎骨密度的定量CT分析[J]. 中国CT和MRI杂志,2022,20(5):179-182. doi:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.05.058.

[11] 沈青青,葛银萍,沈 萍. 低频脉冲电刺激辅助运动疗法对绝经后骨质疏松患者腰椎骨密度和腰背痛的影响[J]. 中国妇幼保健,2023,38(3):426-429. doi:10.19829/j.zgfybj.issn.1001-4411.2023.03.011.

[12] 熊福生,陈 泽,周程林,等. 补肾健骨活血汤对骨质疏松性人工髋关节置换术后假体周围骨密度及骨转化指标的影响[J]. 四川中医,2022,40(9):147-150. doi:10.3969/j.issn.1000-3649.2022.9.sczy202209044.

[13] 王亚超,黄 健. 腰椎融合后全髋关节置换患者假体脱位与腰椎骨盆矢状面参数的关系[J]. 中国组织工程研究,2021,25(30):4870-4876.

[14] 尹玉萍,刘嘉辰,郭宁宁,等. 双能X射线吸收法测量双侧股骨颈骨密度的差异及影响因素[J]. 中国组织工程研究,2023,27(13):2081-2086.

[15] 史 婧,芮云峰,闵 婕,等. 股骨颈骨密度及骨皮髓质比率与性别、年龄关系的影像学研究[J]. 现代医学,2021,49(1):34-38. doi:10.3969/j.issn.1671-7562.2021.01.007.