

全膝关节置换后假体周围应力与骨密度的相关性

臧学慧, 孙辉, 高立华, 丁惠霞, 苗贵强(南方医科大学附属南海医院骨二科, 广东省佛山市 528200)

文章亮点:

- 1 文章利用三维有限元法分析全膝关节假体周边的应力分布, 同时应用双能 X 射线骨密度仪测量膝关节假体周围骨密度变化, 分析两者之间的关联性, 在临床中积极纠正、预防, 减少骨量丢失, 延长假体寿命, 减少翻修率, 以期减少患者痛苦和经济压力提供参考。
- 2 试验结果显示, 全膝关节置换后假体周围骨密度变化与其应力遮挡存在相关性, 监测二者变化, 可为预防骨质流失提供理论数据, 并为临床康复指导提供参考依据。

关键词:

植入物; 人工假体; 全膝关节置换; 三维有限元分析; 应力; 骨密度

主题词:

关节成形术, 置换, 膝; 有限元分析; 应力, 物理; 骨密度

基金资助:

佛山市科技攻关项目(201208150)

摘要

背景: 目前膝骨关节炎、膝关节退行性等膝关节病变发病率较高, 临床上主要的治疗手段是全膝关节置换, 因此有必要对置换后假体周围应力及骨密度变化进行评估。

目的: 观察全膝关节置换后假体周围应力, 并连续监测骨密度变化, 分析二者之间的相关性。

方法: 选择全膝关节置换后患者 20 例, 置换后 12 个月应用美国特种外科医院膝关节评分对患者的功能恢复情况进行评估。将股骨假体周围分为 4 个兴趣区, 分别为 ROI 1-4 区; 胫骨假体周围分为 3 个兴趣区, 分别为 ROI 5-7 区。应用三维有限元方法分别在置换后 1, 3, 6 个月, 置换后 1, 2, 3 年分析膝关节假体周围应力变化; 同时应用双能 X 射线骨密度仪测量膝关节假体周围骨密度。

结果与结论: 所有患者均未发生感染或假体松动, 置换后 12 个月美国特种外科医院膝关节评分为(90.23±2.37)分, 与置换前(39.68±1.31)分比较, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。ROI 5 区应力遮挡最明显, ROI 3 区应力遮挡最少。置换后 6 个月, ROI 各分区的应力遮挡率增高, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。置换后 1, 2, 3 年, 股骨假体周围 ROI 1 区应力遮挡率减小, 与置换后 1 个月比较, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 而胫骨假体周围 6 区应力遮挡率增加, 与置换后 1 个月比较, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。膝关节假体周围骨密度在置换后 1 个月时无明显下降($P > 0.05$), 置换后 3 个月开始明显下降($P < 0.01$), 且以 ROI 5 区最明显, 而 ROI 3 区变化较小。置换 1 年以后, 骨密度变化不明显。提示全膝关节置换后假体周围骨密度变化与其应力遮挡存在相关性, 监测二者变化, 可为预防骨质流失提供理论数据, 并为临床康复指导提供参考依据。

臧学慧, 孙辉, 高立华, 丁惠霞, 苗贵强. 全膝关节置换后假体周围应力与骨密度的相关性[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(44):7071-7076.

Correlation of periprosthetic stress and bone mineral density after total knee arthroplasty

Zang Xue-hui, Sun Hui, Gao Li-hua, Ding Hui-xia, Miao Gui-qiang (Second Department of Orthopedics, Nanhai Hospital Affiliated to Southern Medical University, Foshan 528200, Guangdong Province, China)

Abstract

BACKGROUND: At present, the incidence rates of knee joint diseases such as knee osteoarthritis, knee joint degenerative are high. The major clinical treatment is total knee replacement in the clinic, so it is necessary to evaluate the changes in stress and bone mineral density of the regions surrounding the prosthesis after replacement.

OBJECTIVE: To explore periprosthetic stress and bone mineral density and to analyze their correlation after total knee arthroplasty.

METHODS: A total of 20 cases undergoing total knee arthroplasty were chosen. The hospital for special surgery scores were used to evaluate patients' functional recovery at 12 months after total knee arthroplasty. The periprosthetic femur was divided into four regions of interest (ROI), respectively ROI 1-4; periprosthetic tibia was divided into three regions of interest, respectively ROI 5-7. Stress surrounding the prosthesis was analyzed using three-dimensional finite element analysis at 1, 3, 6 months, 1, 2, 3 years after replacement. Simultaneously, bone mineral density surrounding the prosthesis was measured using dual-energy X-ray absorptiometry.

RESULTS AND CONCLUSION: No patients affected infection or loosening of the prosthesis. At 12 months after

臧学慧, 男, 1975 年生, 内蒙古自治区丰镇市人, 汉族, 2005 年暨南大学毕业, 硕士, 副主任医师, 主要从事关节损伤与重建研究。

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2014.44.004

[http://www.crter.org]

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2014)44-07071-06

稿件接受: 2014-10-09

Zang Xue-hui, Master, Associate chief physician, Second Department of Orthopedics, Nanhai Hospital Affiliated to Southern Medical University, Foshan 528200, Guangdong Province, China

Accepted: 2014-10-09

replacement, the score of hospital for special surgery was (90.23 ± 2.37) , which showed significant differences as compared with before replacement (39.68 ± 1.31) ($P < 0.05$). The level of stress shielding was highest in ROI 5 and lowest in ROI 3. Stress shielding rate of ROI increased with statistical difference at 6 months after operation ($P < 0.05$). At 1, 2, 3 years after operation, shielding rate in periprosthetic femoral stress in ROI 1 decreased. Compared with 1 month after operation, the difference was statistically significant ($P < 0.05$). However, shielding rate of tibial periprosthetic stress in ROI 6 increased. Compared with 1 month after operation, the difference was statistically significant ($P < 0.05$). Bone mineral density after 1 month after operation had no significant decrease ($P > 0.05$). At 3 months after operation, bone mineral density began to decline significantly ($P < 0.01$). The decrease was most obviously in ROI 5 and the change was least in ROI 3. After 1 year of operation, bone mineral density did not change significantly. These data indicated that changes in bone mineral density were correlated with stress shielding after total knee arthroplasty. Monitoring two variations can provide theoretical data for preventing bone loss, which provides references for clinical rehabilitation guidance.

Subject headings: arthroplasty, replacement, knee; finite element analysis; stress, mechanical; bone density

Funding: the Foshan Municipal Scientific and Technological Project, No. 201208150

Zang XH, Sun H, Gao LH, Ding HX, Miao GQ. Correlation of periprosthetic stress and bone mineral density after total knee arthroplasty. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2014;18(44):7071-7076.

0 引言 Introduction

由于创伤、或随着年龄增长导致骨质疏松以及生活、工作不良习惯导致膝关节被长期磨损等原因,目前全球骨科患者中膝关节病变患者逐年增多。由于膝关节病变导致膝骨性关节炎或软骨破损等病理改变,给患者的关节活动带来严重障碍,甚至导致患者骨折发生,进而严重影响日常生活因而必须进行全膝关节置换^[1-2],给患者和社会经济带来极大的负担。而另一方面,人工关节使用寿命有限,往往由于假体周围骨质松动引起假体稳定性下降,假体松动,需要进行再次翻修^[3-4]。全膝关节置换后,假体周围的骨密度往往会发生改变,该变化对维持假体的稳定性起到非常关键的作用,往往因骨密度的降低、骨丢失甚至膝关节假体周围发生骨溶解而导致假体松动,假体使用寿命缩短,术后疼痛,以及假体周围骨折等并发症的发生。如果置换后并发症发生或置换后发生大量骨质丢失、骨溶解等,也会为第二次翻修带来较大问题^[5-7]。因此有必要客观和准确的评价全膝关节置换后假体周围的骨质情况的变化。

在以往研究中,临床骨科医生多是依据临床症状和患者陈述,包括观察术后患者关节活动度的恢复情况以及患者是否有疼痛并结合拍摄X射线片等,判断全膝关节置换的疗效,并进行评估^[8-9]。但是这些评价手段往往有经验医学和主观因素左右,而简单的应用普通X射线片观察假体情况以及假体周围的骨质情况存在较多不足,例如无法观察到骨量微小变化,无法尽早观察假体情况,无法量化骨质的变化,因此对假体以及假体周围骨量变化的评估欠缺客观性和精确性^[10-12]。因此利用双能X射线骨密度仪分析假体周围骨质的变化并对骨密度精确测量成为临床研究工作中的关注热点,并得以广泛应用。双能X射线骨密度仪不仅可以准确定量膝关节假体周围骨密度的微量变化,而且对人体的辐射量小,因此对患者产生的副反应小^[13-15]。近年,国内外研究采用双能X射线骨密度仪分析全膝关节置换后假体周围骨量变化情况,证实了双能X射线骨密度仪分析假体周围骨密度变化的准确性,并可尽早体现骨密

度的改变。而经双能X射线骨密度仪研究证实,在全膝关节置换后的确出现了假体周围骨密度减少的现象,出现了骨丢失问题。因此目前认为,关节置换后假体周围骨密度的变化与应力遮挡相关,即应力遮挡的变化可能导致假体周围骨组织应力变化,而由于骨应力的变化导致假体周围出现骨重建,进一步使骨丢失,骨密度下降^[16-18]。

三维有限元分析是利用将整体连续的研究对象分为一组由有限个数,且以一定的连接方式相互结合成为组合体方式,并分别对单元进行力学分析,最后进行整体分析,其核心方法是将结构进行离散,假设为有限数目的规则单元组合体,分别分析离散体,从而得出满足物理或工程模型要求的实际结构,建立三维实体模型,根据三维模型并附加合理力学加载条件以及相关参数,构建有限元分析软件,并从中得到真实结果。三维有限元分析源自于数学和物理以及工程问题的解决计算方法。目前,三维有限元分析目前也应用于解决生物力学问题^[19-21]。

文章研究目的是利用三维有限元法分析全膝关节假体周边的应力分布,同时监测假体周围骨密度的变化,分析两者之间的关联性,在临床中积极纠正、预防,减少骨量丢失,延长假体寿命,减少翻修率,为减少患者痛苦和经济压力提供参考。

1 对象和方法 Subjects and methods

设计: 对比观察试验。

时间及地点: 病例来自于2010年1至12月南方医科大学附属南海医院。

对象: 选取2010年1至12月入住南方医科大学附属南海医院进行全膝关节置换的患者20例,其中男12例,女8例;年龄52-78岁,平均 (61.1 ± 7.27) 岁。入选患者包括膝骨关节炎15例,创伤后关节炎5例。

纳入标准: 严重影响关节活动和生活能力,经保守治疗不能改善症状者,且治疗后均能定期随访的患者,在随访期间所有患者均无长期应用激素及服用可能影响骨骼代

谢药物的病史。所有入选患者及家属均知情同意, 治疗方案获医院伦理委员会批准。

排除标准: 痛风关节炎、类风湿关节炎、神经关节病变以及影响骨代谢的疾病。

材料: 稳定型膝关节假体(SocprniPS膝关节假体, 史塞克公司, 美国), 材料构成包括股骨侧为钴铬钼合金, 胫骨平台为高交联聚乙烯, 加胫骨托。膝关节假体耐腐蚀, 密度小, 具备良好的生物相容性, 容易与人体自身骨生长在一起。

方法:

全膝关节置换方法及康复治疗: 根据患者状况采取全身或硬膜外麻醉, 根据标准手术方式置入稳定型膝关节假体, 利用骨水泥固定, 具体过程包括麻醉后患者取平卧位, 大腿上段捆绑止血带(工作压力45 kPa), 常规碘酒、乙醇消毒2遍, 铺无菌巾单贴保护膜, 取Insall膝关节前正中入路, 在髌骨上极5-10 cm经髌骨前方向胫骨结节内缘作长15-20 cm的纵行皮肤切口, 向内侧游离皮瓣, 经髌骨的内侧缘作关节囊的前内侧切口止于胫骨结节内缘1 cm处。切开关节囊后, 屈膝, 向外侧将髌骨脱位, 必要时将胫骨结节的内缘连同骨膜向外侧稍作剥离, 在胫骨近端向内、外侧作锐性剥离。切除前交叉韧带, homan拉钩将胫骨拉向前方, 咬骨钳骨刀去除关节缘骨赘; 切除滑膜; 切除半月板; 切除后交叉韧带后, 可获得更好的暴露。髌股韧带内侧部分切断。安装胫骨导向器(长针对胫骨平台中心点、调节钮至平台低点、纵杆与胫骨前缘平行、近端对胫骨结节内侧1/3、远端对第二跖骨)。股骨截骨: 选髌间切迹中点偏内5 mm为股骨定位入口安装股骨定向器、股骨截骨(前方、远端、后方、斜面截骨、滑车、髌间), 抱髌板测试股骨假体型号、按顺序截骨、切除半月板, 测试股骨假体、测试股骨假体、测试屈膝及伸膝间隙、髌间截骨器稍靠外侧(固定针、截骨、砸实、清理、冲洗)、稀骨水泥涂抹安装胫骨假体、再安装股骨假体。建立对线、确定截骨角度, 胫骨截骨, 测试和调整截骨量获得精确对线和伸直位/屈曲位的相等间隙, 试安装, 选择合适的胫骨垫厚度, 测试紧张度和稳定性; 安装假体; 对屈曲受限的膝关节或某些翻修病例中, 有时需采用股四头肌V-Y成形或胫骨结节截骨。严格地讲, 膝反屈是膝关节置换的禁忌证, 其常出现在小儿麻痹后遗症的患者, 是由于股四头肌肌力缺陷导致的畸形。必须进行膝关节置换的病例, 可以通过相对较厚的胫骨垫使其维持较大的紧张度, 从而保持关节的稳定。必要时使用绞链式假体。放置引流管, 常规抗生素防感染并密切观察。

置换后2 d, 给予患者0.4 mL低分子肝素钠皮下注射, 1次/d, 连续1周。并嘱患者利用CPM装置进行膝关节和股四头肌等功能锻炼, 坚持ROM训练, 并适当给予理疗等物理治疗。

膝关节功能恢复评估: 于置换后12个月时对患者的膝

关节功能恢复情况进行评估, 评估标准采用美国特种外科医院膝关节评分(hospital for special surgery knee score, HSS)。

HSS评分总分100分, 包括30分疼痛评估, 从任何时候均无疼痛(30分)到休息时严重疼痛(0分); 22分功能评估, 主要对行走, 站立能力评分; 18分活动度评分, 每8°为1分; 10分肌力, 从完全能对抗阻力(10分)到能带动关节活动(0分); 10分屈膝畸形, 从无畸形(10分)到畸形大于10°(0分); 10分稳定性, 从正常(10分)到严重不稳> 15°(0分)。减分项目包括单手杖(-1分); 单拐杖(-2分); 双拐杖(-3分); 伸直滞缺5°(-2分); 伸直滞缺10°(-3分); 伸直滞缺15°(-5分); 每5°外翻(-1分); 每5°内翻(-1分)。

膝关节假体周围分区及周围应力分析: 本研究将假体周围区域分为7个兴趣区(ROI), 其中股骨假体周围分为4个兴趣区, 分别记为ROI 1-4区, 胫骨假体周围分为3个兴趣区, 分别记为ROI 5-7区(图1)。

分别在置换后1, 3, 6个月, 置换后1, 2, 3年对患者双侧膝关节进行CT扫描并建立模型。并应用大型有限元分析软件Ansys 6.1进行应力分析, 根据膝关节肌肉和关节合力数据模拟患者实际体质量在平地匀速行走中, 足跟着地时的膝关节受力状态来分析双侧股骨髁、胫骨平台应力变化。

膝关节假体周围骨密度测定: 分别在置换后1, 3, 6个月, 置换后1, 2, 3年利用双能X射线骨密度仪(DEXA, 美国GE LUNAR公司, PRODIGY)进行扫描, 并应用双能X射线骨密度仪自带分析软件分析。为避免被假体干扰, 该扫描软件分析时可直接去除假体。因此, 利用此软件可准确评估膝关节置换后假体周围骨密度。根据ROI分区, 分别测量每个区域的骨密度2次, 取平均值。

表 1 纳入 20 例全膝关节置换患者的随访结果

Table 1 Follow-up results of 20 patients undergoing total knee arthroplasty

病例	性别	年龄(岁)	病变类型	置换前HSS评分	不良事件
1	男	69	膝骨关节炎	36	无
2	男	62	膝骨关节炎	35	无
3	男	58	创伤后关节炎	37	无
4	男	63	膝骨关节炎	39	无
5	男	71	膝骨关节炎	45	膝关节疼痛
6	男	61	创伤后关节炎	38	无
7	男	73	膝骨关节炎	40	无
8	男	59	创伤后关节炎	41	无
9	男	62	创伤后关节炎	39	无
10	男	74	膝骨关节炎	43	膝关节疼痛
11	男	76	膝骨关节炎	38	无
12	男	56	膝骨关节炎	40	无
13	女	59	创伤后关节炎	41	无
14	女	63	膝骨关节炎	38	无
15	女	62	膝骨关节炎	42	无
16	女	65	膝骨关节炎	37	无
17	女	68	膝骨关节炎	40	无
18	女	66	膝骨关节炎	38	无
19	女	63	膝骨关节炎	41	无
20	女	61	膝骨关节炎	39	无

表2 患者置换前及置换后12个月随访HSS评分比较

Table 2 Comparison of the hospital for special surgery scores of preoperation and postoperation after 12 months of follow-up ($\bar{x} \pm s$, $n=20$, point)

功能评定	置换前	置换后12个月
疼痛(30)	6.23±0.93	27.12±3.25 ^a
功能(22)	9.27±1.12	18.33±4.96 ^a
活动度(18)	8.65±1.25	15.17±2.51 ^a
肌力(10)	8.27±1.48	9.89±1.32 ^a
畸形(10)	3.41±0.91	9.76±2.28 ^a
稳定性(10)	7.12±1.22	9.96±1.73 ^a
减分项目	-3.27±0.53	0 ^a
总计	39.68±1.31	90.23±2.37 ^a

表注: () 内为该项总分。与置换前比较, ^a $P < 0.05$ 。提示随访至12个月, 患者HSS评分各项功能评定均明显改善($P < 0.05$), 总分为(90.23±2.37)分, 与置换前(39.68±1.31)分比较, 评分明显提高($P < 0.05$)。

表4 患者膝关节置换后不同时期骨密度变化

Table 4 Changes in bone mineral density at different stages after total knee arthroplasty in patients ($\bar{x} \pm s$, $n=20$, g/cm²)

区域	置换后						健侧
	1个月	3个月	6个月	1年	2年	3年	
ROI 1区	1.19±0.55	0.97±0.15 ^a	0.91±0.18 ^a	0.89±0.08 ^a	0.92±0.12 ^a	1.01±0.37 ^a	1.20±0.27
ROI 2区	1.17±0.39	1.09±0.15 ^a	0.96±0.13 ^a	0.88±0.15 ^a	0.97±0.13 ^a	1.01±0.12 ^a	1.19±0.35
ROI 3区	1.30±0.57	1.21±0.16 ^a	1.16±0.38 ^a	1.15±0.22 ^a	1.22±0.38 ^a	1.21±0.47 ^a	1.28±0.41
ROI 4区	1.28±0.44	1.16±0.38 ^a	1.12±0.16 ^a	1.16±0.66 ^a	1.19±0.62 ^a	1.17±0.35 ^a	1.31±0.26
ROI 5区	1.18±0.35	0.72±0.15 ^b	0.55±0.13 ^b	0.74±0.11 ^b	1.02±0.32 ^a	1.04±0.45 ^a	1.17±0.32
ROI 6区	1.13±0.34	0.95±0.13 ^a	0.87±0.16 ^a	0.91±0.23 ^a	0.93±0.42 ^a	0.95±0.07 ^a	1.15±0.43
ROI 7区	1.15±0.18	1.05±0.21 ^a	0.99±0.27 ^a	1.08±0.31 ^a	1.09±0.38 ^a	1.07±0.41 ^a	1.18±0.55

表注: 股骨假体周围分为4个兴趣区, 标注为ROI 1-4; 胫骨假体周围分为3个兴趣区, 分别记为ROI 5-7区。与健侧比较, ^a $P < 0.05$, ^b $P < 0.01$ 。提示置换后3个月, ROI各区骨密度出现显著变化, 与健侧比较, 降低明显($P < 0.05$); 其中降低最显著的是ROI 5区($P < 0.01$)。随着时间的延长, 置换后1, 2, 3年, ROI各区骨密度下降逐渐趋于平缓。

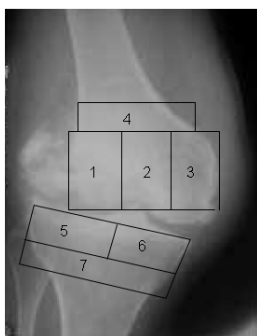


图1 假体周围区域ROI分区示意图

Figure 1 Diagram of region of interest in periprosthetic area

图注: 股骨假体周围分为4个兴趣区, 标注为ROI 1-4; 胫骨假体周围分为3个兴趣区, 分别记为ROI 5-7区。

主要观察指标: 患者全膝关节置换后疼痛、功能、肌力、畸形、稳定性评估, 骨密度检测及假体周围应力分析。

统计学分析: 统计学处理者为丁惠霞, 采用SPSS 17.0统计软件进行数据分析, 计量资料均以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 计数资料比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

表3 患者膝关节置换后不同时期应力遮挡率比较

Table 3 Comparison of stress shielding rate at different stages after total knee arthroplasty in patients ($n=20$, %)

区域	置换后					
	1个月	3个月	6个月	1年	2年	3年
ROI 1区	45.5	48.8	51.6 ^a	32.2 ^a	35.4 ^a	31.1 ^a
ROI 2区	31.2	32.8	35.7 ^a	28.2	29.9	30.1
ROI 3区	8.6	7.9	9.7 ^a	9.0	8.1	8.9
ROI 4区	13.3	15.2	17.8 ^a	12.3	13.5	12.8
ROI 5区	86.0	89.2	95.1 ^a	87.5	86.3	85.6
ROI 6区	41.8	43.6	52.3 ^a	51.8 ^a	50.6 ^a	52.1 ^a
ROI 7区	17.6	15.4	21.8 ^a	16.2	17.4	18.2

表注: 股骨假体周围分为4个兴趣区, 标注为ROI 1-4; 胫骨假体周围分为3个兴趣区, 分别记为ROI 5-7区。与置换后1个月比较, ^a $P < 0.05$ 。提示置换后6个月, ROI各分区的应力遮挡率最高, 与置换后1个月比较差异均有显著性意义($P < 0.05$)。置换后1, 2, 3年, 股骨假体周围ROI 1区应力遮挡率减小, 与置换后1个月比较差异有显著性意义($P < 0.05$); 而胫骨假体周围6区应力遮挡率增加, 与置换后1个月比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理, 纳入全膝关节置换患者20例, 其中男12例, 女8例, 全部进入结果分析, 无脱落病例。

2.2 随访结果 见表1。

2.3 随访观察膝关节功能恢复情况 在12个月的随访期间, 所有患者均未发生感染或假体松动的情况, 其中2例患者置换后出现较轻的但不影响正常活动的膝部关节疼痛。在随访至12个月时, 对所有患者膝关节功能恢复状况进行HSS评分, 各项功能评定均明显改善, 总分为(90.23±2.37)分, 与置换前(39.68±1.31)分比较, 评分明显提高, 差异有显著性意义($P < 0.05$), 见表2。

2.4 膝关节假体周围应力分析 在置换后1, 3, 6个月以及置换后1, 2, 3年分别检测ROI各区的应力遮挡变化。由结果可见, 置换后6个月, ROI各分区的应力遮挡率最高, 与置换后1个月比较差异均有显著性意义($P < 0.05$)。置换后1, 2, 3年, 股骨假体周围ROI 1区应力遮挡率减小, 与置换后1个月比较, 差异有显著性意义($P < 0.05$); 而胫骨

假体周围6区应力遮挡率增加,与置换后1个月比较,差异有显著性意义($P < 0.05$)。其中胫骨假体周围ROI 5区应力遮挡最明显,置换后6个月可达到91%,而随着随访的延长,ROI 5区应力遮挡率有所下降;股骨假体周围ROI 2区和胫骨假体周围ROI 7区应力遮挡率较低,其中股骨假体周围ROI 3区应力遮挡最少,见表3。

2.5 膝关节假体周围骨密度分析 在置换后1, 3, 6个月以及置换后1, 2, 3年利用骨密度仪分别检测ROI各区的骨密度。由结果可见,置换后1个月,ROI各区骨密度无明显变化,与健侧比较,差异无显著性意义($P > 0.05$)。置换后3个月,ROI各区骨密度出现显著变化,与健侧比较,降低明显($P < 0.05$);其中降低最显著的是ROI 5区($P < 0.01$),骨密度相对下降较少的是ROI 2区和ROI 7区,骨密度下降最少的是ROI 3区。随着时间的延长,置换后1, 2, 3年,ROI各区不再继续下降,骨密度下降逐渐趋于平缓,见表4。

2.6 不良事件 在12个月的随访期间,所有患者均未发生感染或假体松动的情况,其中2例患者置换后出现较轻的但不影响正常活动的膝部关节疼痛。

3 讨论 Discussion

针对膝关节退行性病变或其他原因导致膝关节严重损伤的治疗,全膝关节置换是目前被广泛应用的并且行之有效的重要手段。但是随着人工关节使用时间的增加,假体无菌性松动以及关节假体周围骨溶解等原因,导致全膝关节置换后失败率逐年增高,严重制约了人工关节手术的发展,因此有必要建立有效手段对全膝关节置换疗效进行评估^[22]。

三维有限元分析能够精确体现膝关节周围组织应力分布,因此可以应用三维有限元分析正确的评价全膝关节置换后假体周围应力分析^[23-24]。患者年龄增长、骨质溶解或丢失以及应力分布变化均可造成全膝关节置换后假体周围骨质减少,其中应力遮挡改变是骨质丢失的关键因素^[25-27]。人工关节置入后,股骨远端和胫骨近端应力发生遮挡,异常应力分布引起各部分骨组织周围的自我重新调节,因此使假体周围无负荷处骨质减少,即应力遮挡。有研究利用三维有限元分析表明,膝关节假体周围应力遮挡会诱导骨细胞凋亡,抑制骨细胞增殖,引起骨质丢失^[28-29]。本研究随访观察全膝关节置换后膝关节功能恢复情况证实全膝关节置换可明显改善患者膝关节活动情况,进一步通过三维有限元分析术后膝关节假体周围应力变化,结果证实置换后6个月,ROI各分区的应力遮挡增加。随着时间的延长,股骨假体周围ROI 1区应力遮挡相应减小,由于胫骨假体周围ROI 5区应力遮挡最大,导致该区域骨质丢失较多;而股骨假体周围ROI 3区应力遮挡最小,因此该区域骨质受损较小。

有研究表明关节置换后假体周围骨密度的减少将会持续较长时间,可长达1年左右,而1年以后,关节置换后假体周围骨密度可能不再进行性降低^[30-32]。本研究利用双能X

射线骨密度仪跟踪随访发现全膝关节置换后早期,置换后3个月,假体周围骨密度出现显著减少,与三维有限元分析术后膝关节假体周围应力变化一致,降低最显著的是ROI 5区,骨密度相对下降较少的是ROI 3区。置换后6个月内骨密度降低最为显著。随着时间的延长,置换后1, 2, 3年,ROI各区不再继续下降,骨密度下降逐渐趋于平缓。本研究证实膝关节假体周围骨量丢失,骨密度减少与应力遮挡变化一致,而且骨质丢失,骨密度减少与应力遮挡率在时间的变化具有一致性。

全膝关节置换已被认定是手术治疗膝关节严重病变最有效的手段。本研究可辅助及时纠正并预防骨流失,延长人工假体寿命,有助于全膝关节置换疗效的提高,并为临床康复指导提供参考依据。

致谢: 感谢南方医科大学附属南海医院骨科、放射科提供的病历、手术治疗、随访影像等资料,感谢高立华教授在论文撰写过程中的指导和帮助!

作者贡献: 臧学慧负责课题设计、手术操作、数据收集、论文撰写,孙辉负责手术操作、数据收集,高立华负责手术操作、数据收集,苗贵强负责数据收集、病例随访、整理数据,丁惠霞负责数据收集、病例随访、整理数据。

利益冲突: 文章及内容不涉及利益冲突。

伦理要求: 参与试验的患病个体及其家属自愿参加,对试验过程完全知情同意,在充分了解治疗方案的前提下签署“知情同意书”;干预及治疗方案获医院伦理委员会批准。

学术术语: 三维有限元分析-是将研究对象的连续求解区域离散为一组有限个、且按一定方式相互联结在一起的单元组合体,模拟成不同几何形状的求解区域,然后对单元进行力学分析,最后再整体分析的方法。应用于骨科生物力学研究,由于该方法在分析不规则物体的力学特点方面具有优越性,在骨科生物力学研究中得到了广泛应用。

作者声明: 文章为原创作品,无抄袭剽窃,无泄密及署名和专利争议,内容及数据真实,文责自负。

4 参考文献 References

- [1] DeCrane SK, Stark LD, Johnston B, et al. Pain, opioids, and confusion after arthroplasty in older adults. *Orthop Nurs*. 2014; 33(4):226-232.
- [2] Losina E, Paltiel AD, Weinstein AM, et al. Lifetime medical costs of knee osteoarthritis management in the United States: Impact of extending indications for total knee arthroplasty. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2014; 21(2):312-317.
- [3] Zhang S, Paul J, Nantha-Aree M, et al. Empirical comparison of four baseline covariate adjustment methods in analysis of continuous outcomes in randomized controlled trials. *Clin Epidemiol*. 2014;6:227-235.
- [4] Skedros JG, Knight AN, Thomas SC, et al. Dilemma of high rate of conversion from knee arthroscopy to total knee arthroplasty. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2014;43(7): E153-158.

- [5] Minoda Y, Kobayashi A, Iwaki H, et al. Comparison of bone mineral density between porous tantalum and cemented tibial total knee arthroplasty components. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(3):700-706.
- [6] Minoda Y, Ikebuchi M, Kobayashi A, et al. A cemented mobile-bearing total knee replacement prevents periprosthetic loss of bone mineral density around the femoral component: a matched cohort study. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(6):794-798.
- [7] Grupp TM, Pietschmann MF, Holderied M, et al. Primary stability of unicompartmental knee arthroplasty under dynamic compression-shear loading in human tibiae. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2013;28(9-10):1006-1013.
- [8] Herrera A, Rebollo S, Ibarz E, et al. Mid-term study of bone remodeling after femoral cemented stem implantation: comparison between DXA and finite element simulation. *J Arthroplasty*. 2014;29(1):90-100.
- [9] Jayasuriya RL, Buckley SC, Hamer AJ, et al. Effect of sliding-taper compared with composite-beam cemented femoral prosthesis loading regime on proximal femoral bone remodeling: a randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(1):19-27.
- [10] Merle C, Sommer J, Streit MR, et al. Influence of surgical approach on postoperative femoral bone remodelling after cementless total hip arthroplasty. *Hip Int*. 2012;22(5):545-554.
- [11] Veldstra R, van Dongen A, Kraaneveld EC. Comparing alumina-reduced and conventional surface grit-blasted acetabular cups in primary THA: early results from a randomised clinical trial. *Hip Int*. 2012;22(3):296-301.
- [12] Stukenborg-Colsman CM, von der Haar-Tran A, Windhagen H, et al. Bone remodelling around a cementless straight THA stem: a prospective dual-energy X-ray absorptiometry study. *Hip Int*. 2012;22(2):166-171.
- [13] Hayashi S, Nishiyama T, Fujishiro T, et al. Periprosthetic bone mineral density with a cementless triple tapered stem is dependent on daily activity. *Int Orthop*. 2012;36(6):1137-1142.
- [14] Chandran P, Azzabi M, Andrews M, et al. Periprosthetic bone remodeling after 12 years differs in cemented and uncemented hip arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(5):1431-1435.
- [15] Nazari Moghadam K, Aghili H, Rashed Mohassel A, et al. A comparative study on sealing ability of mineral trioxide aggregate, calcium enriched cement and bone cement in furcal perforations. *Minerva Stomatol*. 2014;63(6):203-210.
- [16] Park YS, Lee JY, Suh JS, et al. Selective osteogenesis by a synthetic mineral inducing peptide for the treatment of osteoporosis. *Biomaterials*. 2014;35(37):9747-9754.
- [17] Boyde A, Davis GR, Mills D, et al. On fragmenting, densely mineralised acellular protrusions into articular cartilage and their possible role in osteoarthritis. *J Anat*. 2014;225(4):436-446.
- [18] Crawford B, Kim DG, Moon ES, et al. Cervical vertebral bone mineral density changes in adolescents during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;146(2):183-189.
- [19] Kiriya Y, Matsumoto H, Toyama Y, et al. A miniature tension sensor to measure surgical suture tension of deformable musculoskeletal tissues during joint motion. *Proc Inst Mech Eng H*. 2014;228(2):140-148.
- [20] Sun ZH, Liu YJ, Li H. Femoral stress and strain changes post-hip, -knee and -ipsilateral hip/knee arthroplasties: a finite element analysis. *Orthop Surg*. 2014;6(2):137-144.
- [21] Kwon OR, Kang KT, Son J, et al. Biomechanical comparison of fixed- and mobile-bearing for unicompartmental knee arthroplasty using finite element analysis. *J Orthop Res*. 2014;32(2):338-345.
- [22] Chan A, Gamelas J, Folgado J, et al. Biomechanical analysis of the tibial tray design in TKA: comparison between modular and offset tibial trays. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(3):590-598.
- [23] Deleuran T, Vilstrup H, Overgaard S, et al. Cirrhosis patients have increased risk of complications after hip or knee arthroplasty. *Acta Orthop*. 2014:1-6.
- [24] Simpson DJ, Kendrick BJ, Dodd CA, et al. Load transfer in the proximal tibia following implantation with a unicompartmental knee replacement: a static snapshot. *Proc Inst Mech Eng H*. 2011;225(5):521-529.
- [25] Husted H, Gromov K, Malchau H, et al. Traditions and myths in hip and knee arthroplasty. *Acta Orthop*. 2014:1-8.
- [26] Niemeläinen M, Kalliovalkama J, Aho AJ, et al. Single periarticular local infiltration analgesia reduces opiate consumption until 48 hours after total knee arthroplasty. *Acta Orthop*. 2014:1-6.
- [27] Lavernia CJ, Rodriguez JA, Iacobelli DA, et al. Bone mineral density of the femur in autopsy retrieved total knee arthroplasties. *J Arthroplasty*. 2014;29(8):1681-1686.
- [28] Kim KK, Won YY, Heo YM, et al. Changes in bone mineral density of both proximal femurs after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Surg*. 2014;6(1):43-48.
- [29] van de Groes S, de Waal-Malefijt M, Verdonschot N. Probability of mechanical loosening of the femoral component in high flexion total knee arthroplasty can be reduced by rather simple surgical techniques. *Knee*. 2014;21(1):209-215.
- [30] Amirouche F, Choi KW, Goldstein WM, et al. Finite element analysis of resurfacing depth and obliquity on patella stress and stability in TKA. *J Arthroplasty*. 2013;28(6):978-984.
- [31] Lavernia CJ, Rodriguez JA, Iacobelli DA, et al. Bone mineral density of the femur in autopsy retrieved total knee arthroplasties. *J Arthroplasty*. 2014;29(8):1681-1686.
- [32] Kim KK, Won YY, Heo YM, et al. Changes in bone mineral density of both proximal femurs after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Surg*. 2014;6(1):43-48.