

人工膝关节的生物摩擦学特点

赵艳, 王禹

Bio-tribological characteristics of artificial knee joints

Zhao Yan, Wang Yu

Department of
Physiotherapy, the
202 Hospital,
Shenyang Military
Area Command of
Chinese PLA,
Shenyang
110003, Liaoning
Province, China

Zhao Yan,
Department of
Physiotherapy, the
202 Hospital,
Shenyang Military
Area Command of
Chinese PLA,
Shenyang
110003, Liaoning
Province, China
Jelyh2008@163.com

Received: 2010-02-08

Accepted: 2010-04-20

解放军沈阳军区
第二〇二医院理
疗科, 辽宁省沈阳
市 10003

赵艳, 女, 1953
年生, 河北省安国
县人, 1976年中国
医科大学毕业,
主要从事康复理
疗的基础理论与
临床实践演技。
Jelyh2008@
163.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225
(2010)22-04090-03

收稿日期: 2010-02-08
修回日期: 2010-04-20
(20100420018/G·A)

Abstract

OBJECTIVE: To explore the dynamic features of knee flexion movement to provide relative movement and stress distribution for studies on artificial knee joint bio-tribology.

METHODS: A computer-based online search of CNKI was performed for articles related to artificial knee movement and friction published between 1994 and 2009 with key words "knee prosthesis, biomechanics, wearing debris, bionic lubrication". Outdate articles and repetitive studies were excluded, and 22 articles were included.

RESULTS: Dynamic finite element models of knee joint including bone and soft tissues following total hip replacement are established. Three dimensional relative movement parameters of knee flexion and extension, as well as contact position and stress of tibial and hip and femoral joints are obtained using finite element analysis.

CONCLUSION: Artificial knee joint wearing performance is influenced by many factors. Many studies focus on some factor alone, and mainly describe experimental results, but not further exploration of joint movement and wearing mechanism. Studies of artificial knee joint movement and wearing performance should combine kinematics and mechanics with wearing status for prediction of wearing.

Zhao Y, Wang Y. Bio-tribological characteristics of artificial knee joints. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(22):4090-4092. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

目的: 探讨膝关节屈曲活动时的动态特征, 为人工膝关节生物摩擦学的研究提供相对运动和应力分布等生物力学数据。

方法: 由第一作者采用电子检索的方式, 在中国期刊全文数据库(CNKI: 1994/2009)中检索有关人工膝关节运动及摩擦的文献, 检索词为“膝关节假体, 生物力学, 磨损颗粒, 仿生滑液”。排除较陈旧的文章及重复性研究, 共检索到符合标准的文献22篇。

结果: 建立包括人体主要骨与软组织的全膝关节置换前后的膝关节的动态有限模型, 通过有限元分析, 获得与屈曲膝关节的三维相对运动参数, 胫骨关节和髌股关节的接触位置和应力等动态力学参数。

结论: 人工膝关节磨损性能受到较多因素的影响, 多数学者在研究这些因素时以单因素研究为主, 对多因素研究较少而且研究主要集中于对实验结果的描述, 很少有对关节运动及磨损机制进行深入研究的报道。对人工膝关节运动及摩擦性能的研究需要把运动学和力学与磨损状态结合起来, 共同期待今后进行磨损状况的预测。

关键词: 膝关节; 动态有限元模型; 膝关节假体; 生物力学; 磨损颗粒; 仿生滑液

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.22.025

赵艳, 王禹. 人工膝关节的生物摩擦学特点[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(22):4090-4092. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

人体膝关节生物摩擦学的研究、人体膝关节假体的设计与临床应用依赖于膝关节假体在人体膝关节中的运动与力学研究, 下蹲是亚洲人群生活中常用的身体姿势, 蹲伏时, 髌关节弯曲达 $130^{\circ}\sim 180^{\circ}$, 膝关节弯曲达 $111^{\circ}\sim 165^{\circ}$; 盘腿坐姿时, 髌关节弯曲达 $90^{\circ}\sim 100^{\circ}$, 膝关节弯曲达 $111^{\circ}\sim 165^{\circ}$, 下蹲时双腿极度屈曲 $90^{\circ}\sim 100^{\circ}$ 膝关节屈曲达 $111^{\circ}\sim 165^{\circ}$; 下蹲是双腿极度屈曲, 使得身体由单脚或双脚承担。这个位置髌、膝关节和踝关节的屈曲度最大, 关节受力增大, 增加了关节置换手术的难度, 而这些典型运动姿态下的

力学参数是关节假体设计的基本力学依据。这就要求对下蹲这种典型运动的全面、准确的运动学测量和动力学分析, 从而得出符合亚洲人种的生物力学的数据, 以期为相应关节假体设计提供可能的基本力学依据^[1-8]。

对于人类而言, 很难准确地确定其膝关节内部关节及周围软组织的应力大小、分布, 对于膝关节假体, 在设计阶段及临床应用之前, 建立力学模型进行生物力学的评价是一种有效的方式。以前的膝关节有限元模型通常是针对静态或准静态加载条件下进行的计算, 不能在接触力学计算的同时预测膝关节相对运动。天然及全膝置换后膝关节有限元模型中的单位类型分别为六面体和四面体, 单位总数分别为 46 778, 30 723, 该方法多数通过建立摩

擦测试标准下的模型评估摩擦。本文对膝关节运动摩擦等方面作一探讨。

1 资料和方法

纳入标准: 主题内容与人工膝关节运动及摩擦联系紧密的文章。

排除标准: ①较陈旧的文章。②重复性研究。

资料提取策略: 由第一作者采用电子检索的方式, 在中国期刊全文数据库(CNKI: 1994/2009)中进行文献检索, 检索词为“膝关节假体, 生物力学, 磨损颗粒, 仿生滑液”。共检索到符合标准的文献 22 篇。

结局评价指标: 人工膝关节置换后运动及生物力学特点, 各种运动摩擦的临床表现及人工关节临床应用情况。

2 结果

2.1 人工膝关节的生物力学性能 人工膝关节置换后, 聚乙烯的磨损是决定是否需要翻修手术的主要因素之一, 人工膝关节置换的长期性能主要依赖于运动和骨重建时产生的应力, 因为走路是最主要的日常运动, 所以膝关节处受到的步行周期载荷也是置换后膝关节受到的最主要的力, 许多学者已从多个角度, 采用多种方法对此进行了研究^[9-16]。

2.2 理论研究 有学者早在 1965 年就做了关于膝关节受力的研究, 他给出了关节受力曲线, 目前仍是许多学者经常采用的一种载荷曲线。

有实验做了爬楼梯时的一种髌和膝关节的运动研究; 有人对做过活动轴关节置换的膝关节深度弯曲运动进行了分析; 另外还有学者通过这些数学模型估算了肌肉和关节的接触力; 有学者使用下肢的骨骼-肌肉模型, 加载不同的载荷, 估算了在走路和爬楼梯是胫股关节的接触力; 有实验采用数学模型研究了膝关节假体的运动和计算了接触轨迹, 进行了步行时膝关节的受力分析, 可知不对称的载荷产生不对称的应力, 并最终可导致胫骨松动。

2.3 人工关节磨损颗粒 人工关节, 特别是人工膝关节无菌性松动是关节置换后中期最常见的并发症, 长期以来, 根据 WOLFF 效应, 应力遮挡被认为是引发松动的主要因素, 因为人工关节植入后, 关节柄改变了宿主骨原来正常的应力分布, 使原来经宿主骨传递的应力降低或转向, 从而引发局部的骨吸收, 使假体失去支撑而松动。

有学者于 1977 年发现磨损颗粒导致骨吸收的现象, 为全世界研究所证实。丰富了对无菌性松动的认识, 将其成为“磨粒病”, 研究表明, 人工关节所产生的磨

损颗粒, 尤其是 DHM-WPE 磨损颗粒, 刺激了巨噬细胞和成纤维细胞活化, 使其释放多种具有溶骨作用的细胞因子或炎症介质, 在引发硬骨细胞对假体周边骨组织溶解的同时, 也降低了骨、假体界面成骨细胞活性, 结果造成假体周围骨溶解。

因此, 关于磨损颗粒及其对人体影响的研究, 成为人工关节摩擦学特有的课题。它使人们对人工关节磨损评估的观点发生了重要的变化。

磨损颗粒材料、尺寸、形态特征对细胞的生物学反应有直接影响。研究表明, utmw 磨屑激活巨噬细胞与成纤维细胞作用最强, 其次为骨水泥(PMMA)和钴铬, 钛磨粒作用最小, 小颗粒容易被巨噬细胞吞噬, 大的颗粒不能被巨噬细胞吞噬, 只能被巨噬细胞和成纤维细胞所黏附, 在假体周围软组织中形成所谓的囊肿样结构; 呈纤维丝状的 VHMW PE 磨粒细胞反应多于呈球形的磨粒。因此今后关节材料的研发除耐磨性外还应关注磨损颗粒的性质。

阻断磨粒迁移通道是防止磨粒反应的结构措施, 关节运动是磨粒的发源地, 骨溶体通常都发生在磨粒沉积的部位, 植入物与宿主骨结合界面是磨粒迁移的主要通道, 特别是当界面松动时, 界面开闭产生泵吸作用能将磨粒运送至假体远端聚集, 一个能很快长合的生物学固定界面无疑有利于封闭这一通道。

用药物阻断上述生物反应的某一环节是防止磨粒细胞反应的又一技术途径。目前尚无防治假体周围骨溶解的理想药物。

2.4 人工仿生滑液 人们对人体滑液的研究开展比较深入。发现透明质酸是人体滑液如唾液、泪液、关节滑液的基础成分。

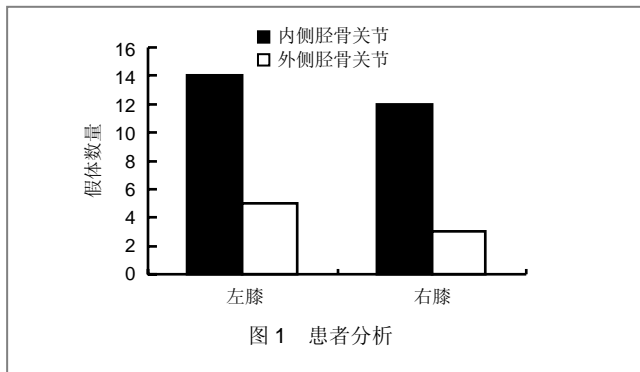
人工仿生关节滑液是人工研发的生理性滑液, 其主要作用是取代天然关节滑液, 对人体关节进行润滑, 营养供给, 并对病变关节产生治疗的功效。在人工仿生关节滑液过程中, 主要的透明质酸为基础, 利用其高分子质量、高浓度及高黏弹性的特殊来改善滑液的机械及润滑性能。对关节表面进行润滑。其中部分研究成果已经转化成产品, 如海尔根关节治疗液、舒派茨型滑液与施沛特注射液等。

目前, 国内在人工仿生关节滑液的进一步研究中, 上海大学开展了复合型人工仿生关节滑液的开发工作。较一般人工仿生关节液而言, 复合关节液不仅以天然关节滑液中主要成分, 即透明质酸为基质, 并在此基础上添加天然关节液中软磷脂、球蛋白等物质, 使人工仿生关节滑液的性能更加接近天然关节滑液。

2.5 临床验证 现例举单室胫股关节假体置换治疗骨关节炎 34 例的失败原因。

本组男 13 例, 女 21 例, 年龄 67~88 岁, 平均 79.4 岁, 均为膝关节骨性关节炎患者。置入假体 34 个, 左

膝 19 个, 右膝 15 个; 内侧室置入 26 个, 外侧室 8 个, 见图 1。



本组 34 个单室膝关节假体均为多轴性雪橇形表面假体, 其中 24 例在假体置入后两三年行修复术。

为进一步探讨假体置入失败原因与患者置入前自身状态、手术操作等问题的关系, 对相关影响因素进行了分析, 置入前下肢的负重轴线由患者站立位膝部正位片上按胫、股纵轴线夹角测量的方法测定, 见表 1。

表 1 膝关节假体 34 例置入前膝关节结构及功能状态

检查项目	n	%
下肢负重轴线异常		
膝内翻(< 15°)	19	55.9
膝外翻(< 20°)	5	14.7
膝关节稳定性异常		
侧方不稳	7(+)/2(++)	20.6/5.9
前后不稳	4(+)/3(++)	11.8/8.8
膝关节活动受限		
伸直位	6	17.6
屈曲位	5	14.7
骨质疏松现象	11	34.4
非植入假体侧室胫股关节软骨损害	14	41.2

3 讨论

人工膝关节磨损性能受到较多因素的影响, 多数

学者在研究这些因素时以单因素研究为主, 对多因素研究较少而且研究主要集中于对实验结果的描述, 很少有关节运动及磨损机制进行深入研究的报道。对人工膝关节运动及摩擦性能的研究需要把运动学和力学与磨损状态结合起来, 共同期待今后进行磨损状况的预测^[17-22]。

4 参考文献

- [1] 石更强. 利用激光扫描和计算机辅助设计/制造技术进行膝关节骨骼的仿生构建[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(30): 5819-5822.
- [2] 苏略, 孙月芳, 李幼琼, 等. 髌股关节形态测量及其在膝关节假体设计中的应用[J]. 吉林大学学报: 医学版, 2009, 35(3): 534-538.
- [3] 王建平, 钱理为, 王成焘. 人体膝关节几何解剖模型仿真[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(10): 2806-2809.
- [4] 刘建华, 徐栋梁, 余世明, 等. 立体网孔表面生物型人工膝关节假体的研制和兔生物力学研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2009, 23(4): 463-467.
- [5] 刘鹏, 王臻, 李涤尘, 等. 定制化铰链内滚动式双动人工半膝关节假体的设计与研究[J]. 科学技术与工程, 2009, 9(7): 1690-1695.
- [6] 任翔, 屠重棋. 定制型膝关节假体修复股骨远端骨缺损假体柄长的有限元分析[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(9): 1617-1620.
- [7] 张博, 潘江, 林源, 等. 国人正常胫骨近端几何形态学的初步研究[J]. 中华关节外科杂志: 电子版, 2009, 3(1): 39-42.
- [8] 张健, 董纪元, 付忠田. 国人膝关节尺寸与 5 种人工膝关节假体尺寸的对照[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(4): 635-638.
- [9] 孙明林. 个性化定制人工半膝关节的快速设计制造与临床试用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(52): 10393-10396.
- [10] 王彩梅, 毛恩荣, 周殿阁, 等. 个性化人工膝关节假体的计算机辅助设计[J]. 2008, 12(44): 8661-8665.
- [11] 王彩梅, 毛恩荣, 周殿阁, 等. 基于计算机 CAD/CAE 的个性化人工膝关节假体的设计[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2008, 5(5): 47-51.
- [12] 王建平, 吴海山, 王成焘. 人体膝关节动态有限元模型及其在 TKR 中的应用[J]. 医学生物力学, 2009, 24(10): 333-337.
- [13] 杨明路, 喻长纯. Corin Rotaglide 全膝关节假体置换 26 例[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(17): 3336-3341.
- [14] 李子剑, 张克, Tae Kyun Kim. 活动衬垫和固定衬垫全膝关节置换治疗膝骨性关节炎的早期临床结果比较[J]. 2008, 12(48): 9589-9593.
- [15] 柴伟, 王岩, 周勇刚, 等. 活动衬垫膝关节假体行关节置换的中长期报告[J]. 山东医药, 2008, 48(9): 3-5.
- [16] 郭媛, 史俊芬, 陈维毅. 人工膝关节置换中的生物力学研究进展[J]. 力学进展, 2007, 37(3): 465-471.
- [17] 周勇刚, 王岩, 李静东, 等. CR 型活动衬垫膝关节假体的临床应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2006, 14(21): 1601-1604.
- [18] 叶永平, 张朝春, 符臣学, 等. 预制肿瘤型人工关节在骨肉瘤患者保肢及术后功能恢复中的效果[J]. 中国临床康复, 2005, 9(42): 80-82.
- [19] 何毓珏, 于仲嘉, 陈铭, 等. 滚动式人工膝关节设计[J]. 生物医学工程学杂志, 2005, 22(4): 840-843.
- [20] 贾庆卫, 戴魁成. 全膝关节置换术后关节液中的聚乙烯颗粒[J]. 国外医学: 骨科学分册, 2004, 25(1): 62.
- [21] 王岩, 周勇刚. 使用可活动衬垫 TACK 表面膝关节假体置换的初步临床报告[J]. 中华骨科杂志, 2002, 22(5): 276-279.
- [22] 孙晓黎, Hass J. 单室胫股关节假体置换治疗骨关节炎 34 例失败原因分析[J]. 中华外科杂志, 1994, 32(3): 169-171.