

膝关节形态学测量在人工膝关节置换领域的价值及意义*

曹鹏, 崔勇

Value and significance of knee joint morphological measurement in total knee arthroplasty

Cao Peng, Cui Yong

文章亮点:

文章分析了目前在临床研究中应用较多的人工膝关节假体的设计与选择, 人工膝关节假体三维有限元模型分析, 数字化医学在膝关节假体测量中的应用以及膝关节置换后的生物力学分析等热点内容, 探讨了形态学测量在临床上膝关节置换中的重要性。

Abstract

BACKGROUND: Observation and measurement of the size and design of the morphology of artificial knee joint are benefit to promote the stability and histocompatibility after knee prosthesis implantation.

OBJECTIVE: To explore the effect of morphological measurement in total knee arthroplasty.

METHODS: A computer-based search was performed with the key words of "artificial knee joint, prosthesis, measure, design, replacement" in English and Chinese for the literatures that related to the design and measurement of artificial knee joint prosthesis, as well as the literatures that related to the histocompatibility after knee joint prosthesis implantation published from January 1998 to December 2011.

RESULTS AND CONCLUSION: The morphological measurement of the knee joint, namely the three-dimensional finite element model, the relevant parameters and prospects and the biomechanics research, was correlated with selection and design of knee prosthesis. The morphological measurement of the knee joint contained two-dimensional and three-dimensional measurement, and the three-dimensional measurement method was more accurate. There were good correlation between linear dimensions, height and linear dimension, and the application of measurement data has great significance in clinic. The typical knee joint three-dimensional anatomical model can provide a reliable method for the measurement of knee parameters in order to improve the success of the operation.

Cao P, Cui Y. Value and significance of knee joint morphological measurement in total knee arthroplasty. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(35): 6587-6590. [<http://www.crter.org/crter-2012-qikanquanwen.html>]

摘要

背景: 对人工膝关节假体形态尺寸进行观察及测量, 并对相关测量统计数据进行人工膝关节形态设计, 有利于促进膝关节假体植入后的稳定性和组织相容性。

目的: 结合文献探讨形态学测量在临床上膝关节置换中的重要性。

方法: 以“膝关节; 假体; 测量; 设计; 置换”为中文关键词, 以“artificial knee joint; prosthesis; measure; design; replacement”为英文关键词。采用计算机检索 1998-01/2011-12 有关人工膝关节假体设计、测量及膝关节假体植入后相容性的文章。

结果与结论: 膝关节的形态学测量即膝关节的三维有限元模型、相关参数及角度、生物力学研究与膝关节假体选择及设计有着重要相关性。膝关节的形态测量有二维和三维测量, 以三维测量法精确。膝关节线性尺寸之间、身高与线性尺寸之间均有很好的相关性, 所测量的数据在临床上均有应用意义。典型的膝关节三维解剖模型, 能为膝关节参数的测量提供一种可靠的方法, 提高手术的成功。

关键词: 膝关节假体; 置换; 形态学; 测量; 有限元模型; 生物力学

曹鹏, 崔勇. 膝关节形态学测量在人工膝关节置换领域的价值及意义[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(35):6587-6590. [<http://www.crter.org/crter-2012-qikanquanwen.html>]

Department of Orthopedics, the Fifth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

Cao Peng★, Master, Associate chief physician, Department of Orthopedics, the Fifth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China 123743529@qq.com

Corresponding author: Cui Yong, Master, Attending physician, Department of Orthopedics, the Fifth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2012.35.025

Received: 2012-05-31
Accepted: 2012-06-12

新疆医科大学第五附属医院骨科, 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市 830011

曹鹏★, 男, 1972年生, 陕西省郿县人, 汉族, 1996年新疆医科大学毕业, 硕士, 副主任医师, 主要从事骨科膝关节置换专业的研究。
123743529@qq.com

通讯作者: 崔勇, 硕士, 主治医师, 新疆医科大学第五附属医院骨科, 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市 830011

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 2095-4344
(2012)35-06587-05

收稿日期: 2012-05-31
修回日期: 2012-06-12
(20120531001/D·C)

0 引言

膝关节由股骨下端、胫骨上端和髌骨等构成的双关节结构, 是人体最大, 结构最复杂的关节。平地行走时, 胫骨平台承受人体质量的 5/6 左右, 在快速跑跳时还将随承受更大重力^[1]。膝关节的功能是日常活动能否顺利进行的关键之一。各种事故会造成了膝关节损伤, 而关节炎和骨肿瘤等疾病也使患者膝关节部分或者全部功能丧失^[2]。人工全膝关节置换是目前治疗终末期骨关节炎等疾病的有效方法, 膝关节置换成功的关键之一便是能够精确地了解膝关节骨骼几何形态, 且置换后的长期疗效有赖于下肢正常力线的恢复, 这边需要膝关节假体的几何形状要与人体相匹配, 才能使假体置入后与周围软组织协调运动, 在一个稳定和相容的环境下, 有效减轻患者置换后相关并发症^[3]。

文章通过分析目前在临床研究中应用较多人工膝关节假体的设计与选择、人工膝关节假体三维有限元模型分析、数字化医学在膝关节假体测量中的应用以及膝关节置换后的生物力学分析等探讨形态学测量在临床上膝关节置换中的重要性。

1 资料和方法

1.1 资料的纳入与排除标准

纳入标准: ①人工膝关节假体的测量与设计、假体三维有限元模型分析等相关文献。②数字化医学在膝关节假体测量中的应用以及膝关节置换后的生物力学分析等相关文献。

排除标准: ①比较陈旧的文献。②重复性研究或 Meta 分析类文章。

1.2 资料提取策略

检索人相关内容: 第一作者。

检索时间范围: 1998-01/2011-12。

检索关键词: 以“膝关节; 假体; 测量; 设计; 置换”为中文关键词, 以“artificial knee joint; Prosthesis; measure; design; replacement”为英文关键词。

检索数据库: PubMed 数据库

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)、万方数据库(<http://s.wanfangdata.com.cn>)、知网数据库(<http://epub.cnki.net>)及维普数据库(<http://lib.cqvip.com>)。

1.3 对纳入文献的评价 经检索共查到相关文献 138 篇, 其中英文文献 68 篇, 中文文献 70 篇, 经阅读标题、摘要、全文后, 排除内容重复、陈旧文献后筛选纳入 19 篇文献进行分析。

2 结果

2.1 纳入文献基本情况 纳入的 20 篇文献中, 中文文献 15 篇, 英文文献 5 篇。文献[1-8]主要描述了人工膝关节形态学测量的意义及关节假体的设计和选择, 文献[9-11]探讨了膝关节有限元模型的建立及意义, 文献[12-20]总结了数字化影像学在膝关节假体测量方面的应用及植入后生物力学的评估。

2.2 膝关节假体形态学设计及选择 人工关节是骨科领域在 21 世纪取得的最重要进展之一, 目前人工膝关节假体种类繁多。根据假体设计的基本原理不同可将人工全膝关节假体分为: 固定性衬垫假体和活性衬垫假体; 根据膝关节假体的使用部位可分为: 单裸假体(单间隔假体)、不包括骸股关节置换的全关节假体(双间隔假体)、全关节假体(三间隔假体); 根据膝关节假体的机械限制程度分为: 非限制性假体、部分限制性假体、高限制性假体和全限制性假体(铰链式假体)。根据膝关节假体的固定方式分为: 骨水泥固定型假体和非骨水泥固定型假体^[4]。

人工关节是置入人体内的材料, 故要求极为严格, 生物相容性一般由假体材料的生化特性所决定, 不仅要有高强度, 而且必须能够承受人体长期的运动磨擦, 与宿主组织相容性好, 避免生物和化学反应。且植入的关节假体能够提供类似于正常膝关节的伸屈和旋转模式, 并依靠假体本身及膝关节的韧带和软组织平衡获得动态和静态稳定性^[5]。目前的假体材料选择以金属股骨裸假体对超高分子量聚乙烯的胫骨和骸骨假体, 金属材料主要以高强度的钴铬铝合金为主, 在胫骨托的

材质上也有采用弹性模量更接近骨质的钛合金。刘建华等^[6]研制一种立体网孔粗大孔隙表层人工膝关节假体, 并进行动物体内植入实验, 观察其生物力学性能, X 射线片示假体位置良好, 固定牢靠, 无脱位及松动发生。证明了兔立体网孔表面生物型人工膝关节假体植入动物体内的固定强度在术后 3 个月和 6 个月优于骨水泥假体。刘军等^[7]回顾性分析了行旋转平台高屈曲型人工全膝置换 34 例(51 膝)患者的临床资料, 到最后 1 次随访为止, 所有病例均未出现急性感染、关节脱位、假体松动、假体周围骨折、髌骨撞击等并发症。

人工膝关节置换的长期疗效有赖于下肢正常力线的恢复, 假体的几何形状要与人体相匹配, 通过健康人体及人工膝关节置换后的步行动力学模型仿真计算, 可以准确了解各主要部位的受力情况。可以使假体与周围保留的软组织协调运动, 精确的膝关节三维形态知识是膝关节假体设计、制造及选择的基础。周飞虎等^[8]通过对人工膝关节假体稳定性的实现与相关技术、人工膝关节设计中的膝关节运动学及膝关节骨形态特征表达问题等方面加以综述, 评述人工膝关节设计中应该考虑的相关问题, 为国产人工膝关节假体设计提供参考。

2.3 膝关节假体三维有限元模型分析 全膝关节的结构形态具有运动、受力复杂等特性, 造成了数据采集, 模型建立的困难, 影响了实体模型的准确性。三维有限元法是先进而有效的生物力学分析方法, 利用该方法从生物力学角度分析全膝关节置换后的应力分布情况对探讨全膝关节置换有着重要意义。李晓森等^[9]通过 Microscribe G2 三维定位扫描仪取得假体数据、Geomagic 软件进行曲面拟合、导入大型有限元分析软件 Abaqus6.7.2 建立了全膝关节假体三维有限元模型。与以往建模方法比较, 该模块设计使模型更加精准, 使用更灵活, 简化了有限元前期处理过程, 明显降低了建模难度, 提高了建模效率, 增加了模型的扩展形, 并获得了更高的精度。王建平等^[10]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元模型, 对天然及全膝置换后膝关节下蹲运动和接触应力分布进行分析, 并与相应的尸体实验的结果进行验证分析, 结果表明所建立的有限元模型能够对于膝关节下蹲动作的运动、接触等力学行为进行评估, 为临床膝关节全膝置换、膝关节假体的摩擦学研究及其膝关节假体设计提供有力的分析工具。赵斌修等^[11]将人胫骨七段 CT 扫描数据导入图像上作站, 以 Mimics10.0 与 ANSYS11.0 软件处理建立数字

化模型, 以 ProE 软件建立 6 种不同柄体形状的胫骨假体以及高分子聚乙烯垫、骨水泥的数字模型。将上述模型进行组装。结果通过该技术可以成功建立膝关节置换后胫骨及 6 种不同形状胫骨假体数字模拟, 更加真实地模拟了膝关节置换术后的胫骨侧实际情况, 为进一步力学分析奠定良好基础。

目前, 国内外众多学者已成功的建立了许多膝关节模型, 包括数学模型、机械模型、解剖模型, 其中利用 CT、MRI 数据建立的膝关节三维有限元模型由于真实模拟自然膝的解剖外形, 并能进行计算机仿真模拟与分析, 被临床术前广泛应用于参考。但多限于骨性结构, 并未考虑髌骨; 就算个别模型包括髌骨, 也很难对其力量大小和加载方向进行生理状态模拟, 分析测量结果与临床实际测量相差较大。建立带有主要韧带结构、软骨层、半月板、肌肉等的解剖形态学膝关节有限元模型有助于解决复杂标本试验和临床研究难题。

2.4 膝关节置换后的生物力及生物相容性的评估 人工关节置换手术过程中准确的截骨量以及假体与截骨断面的匹配程度是影响人工关节成功的关键因素, 形态学上的匹配对人工关节的使用寿命起着很重要的作用^[12]。那么膝关节置换后形态学如何测量及置换后力学或与宿主相容性如何评估呢?

季晓风等^[13]对 74 名志愿者的 120 例膝关节进行 CT 扫描和三维重建, 重建图像模拟人工膝关节置换手术, 对膝关节三维模型进行胫骨近端截骨, 测量截骨后断面的前后径(AP)、左右径(ML)以及内侧前后径(MAP)、外侧前后径(LAP)、中间内侧距离(CM)和中间外侧距离(CL)等参数, 在形态学上为国人人工膝关节的设计提供依据。作者认为设计适合国人膝关节形态的膝关节假体很有必要, 将国人膝关节前后径和左右径的大小作为国人人工膝关节设计的依据, 可设计出更适合国人膝关节形态的关节假体。梁伟国等^[14]为研制国人胫骨下段解剖型钢板提供解剖学依据, 将 80 例成人活体胫骨进行螺旋 CT 扫描并重建三维图像, 测量胫骨外侧面解剖学指标, 并与整体信息作相关分析, 其认为胫骨下段外侧面的扭转和前倾是一个动态变化过程, 在设计国人胫骨解剖型钢板的扭转和前倾形状时要考虑性别和身高的差异。膝关节屈曲角度是评定全膝关节置换手术效果的重要因素, 谭本前等^[15]本文回顾了近年来的相关文献, 就影响全膝关节置换术后膝关节屈曲角度的几个因素如术前膝关节屈曲度、相关疾病和创伤、置换体类型、手术技巧、

CPM 的作用等进行了探讨,同时提出了一些待评估的可能的影响因素,从而为提高全膝关节置换术临床效果提供参考依据。朱劲松等^[16]总结了采用信息医学与生物技术计算机技术相结合的“数字化虚拟人”,可以为人类提供各种精确数据和依据,对人工膝关节置换发展有深远意义。

大多数研究常常借助有限元分析软件对人工膝关节接触表面的接触面积、应力等情况进行分析和评估,模拟假体材料及尺寸对应力遮挡效应的影响。对于更好地理解膝关节各类损伤的转归,正确地设计各类膝关节伤病后的康复方案、各类膝关节矫形手术及精确地安置膝关节假体,都具有重要意义^[17]。以膝关节生物力学、运动轨迹以及假体旋转位置的分析,可以通过数值模拟手段对人工膝关节及其置换技术效果从运动学及力学等多角度给出更加全面的分析和理解,可得出更加优化合理的设计方案,对人工关节的设计、性能评价、临床应用以及减少试制费用,缩短新产品的研发周期,并在临床上的应用具有重要意义^[18]。

3 讨论

膝关节的稳定除了骨性结构本身的特殊结构外,还有赖于前、后交叉韧带的制约,内、外侧副韧带的平衡,伸膝装置、股四头肌及腘绳肌力量的均衡。除高限制型和铰链假体在设计上较少依赖膝关节本身的稳定结构外,其他的非限制型假体和部分限制型假体均对膝关节本身的稳定结构有一定要求。尤其是内、外侧副韧带的平衡和稳定作用对膝关节置换术后维持人工关节的正常功能非常重要。因此,术前对膝关节稳定结构的检查和关节稳定性的评估对选择假体和确定手术方案具有重要意义。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,对于膝关节假肢,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。随着计算机技术的发展,计算机辅助设计(CAD)及计算机辅助制造(CAM)已被广泛用于假体设计领域。随着对膝关节结构模型和有限元方法研究的深入,将进一步促进膝关节生物力学的发展,在人工膝关节置换过程中,不仅要恢复肢体正常的力线,而且假体的几何形状要与个人人体相匹配。故而膝关节假体设计、选择与应用均与膝关节假体三维有限元模型、膝关节置换相关参数及角度、膝关节置换的生物力学研究有相关性^[19]。为研究膝关节病理及康复指

导、膝关节假体设计以及进行人体运动系统虚拟现实的研究提供参考。

4 参考文献

- [1] Wilson DA, Corkum JP, Teeter MG, et al. Early failure of a polyethylene acetabular liner cemented into a metal cup. *J Arthroplasty*. 2012;27(5):820.e5-8.
- [2] 贺健康,李涤尘,卢秉恒,王臻,张涛.基于快速原型技术的定制化人工半膝关节复合系统的研究[J].中国康复理论与实践,2005,11(3):170-172.
- [3] Pulido L, Rachala SR, Cabanela ME. entless acetabular revision: past, present, and future. *Revision total hip arthroplasty: the acetabular side using cementless implants. Int Orthop*. 2011;35(2):289-298.
- [4] 张文庆,万春英,余屯德.人工膝关节假体置换期的临床内容:应用与问题[J].中国组织工程研究与临床康复,2010,14(9):1661-1664.
- [5] Niocail R, Guerin S, Bitton JR, et al. Experimental investigation of negative pressure intrusion techniques of acetabular cementation intotal hip arthroplasty. *Acta Orthop Belg*. 2008;74(1):64-71.
- [6] 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):463-465.
- [7] 刘军,曹建刚,王磊,等.应用旋转平台高屈曲型假体行人工全膝置换的早期疗效观察[J].天津医科大学学报,2008,14(2):258-260.
- [8] 周飞虎,王岩,周勇刚,人工膝关节设计中的相关问题[J].中国临床康复,2003,14(7):2081-2082.
- [9] 李晓森,沈奕,王伟力.全膝关节假体三维有限元模型的建立[J].中国组织工程研究与临床康复,2011,15(13):2304-2308.
- [10] 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].医用生物力学,2009,24(5):333-336.
- [11] 赵斌修,王坤正,王春生,田振兴等.人工全膝关节置换术后胫骨侧有限元模型的建立[J].实用骨科杂志,2011,17(3):229-231.
- [12] Rybicki EF,et al.Orthemathematical analysis of stress in the human femur.*J.Biomech*,1972,5:203.
- [13] 季晓风,成伏波,李旻,等. 数字化国人胫骨近端形态学参数测量在人工膝关节领域的应用[J]. 吉林大学学报(医学版),2008,34(5):871-874.
- [14] 梁伟国,周子强,宿宝贵,等.CT三维重建胫骨下段外侧扭转形态的研究及其意义[J]. 中国临床解剖学杂志,2005,23(2):163-165.
- [15] 谭本前,徐栋梁,杨远良,等.股骨柄假体表面多孔层孔隙形状改造的动物实验[J].中国组织工程研究与临床康复,2007,11(9):1605-1608.
- [16] 朱劲松,史树堂,牛小龙.数字化虚拟人体的研究现状及其在医学中的应用前景[J]. 河北职工医学院学报,2007,24(3):59-61.
- [17] 白波,董伟强,J Baez,等.胫骨关节面切除角度对胫骨假体稳定性的影响[J].广州医学院学报,2000,28(3):10-15.
- [18] Boonstra MC, Schreurs BW, Verdonshot N. The sit-to-stand movement: differences in performance between patients after primary total hip arthroplasty and revision total hip arthroplasty with acetabular bone impaction grafting. *Phys Ther*. 2011;91(4):547-554.
- [19] 王大忠,余正红,周民强,等.3D膝关节模型的构建[J].中国组织工程研究与临床康复,2010,14(48):8945-8949.