技术方法 DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.000820

基于有限元方法的 Vancouver B2 型假体周围骨折治疗方法的比较

董 巍[1],贾俊玲[1],李 真[1],徐秀霞[2],陈胜乐[1],樊国峰[1]
（中国石油天然气集团公司中心医院 1. 骨科;2. 介入科,河北廊坊 065000）

【摘 要】**目的**:用有限元分析方法对 Vancouver B2 型假体周围骨折不同治疗方法进行比较。**方法**:采集 30 位中老年健康志愿者左侧股骨数据,并采集 M/L Taper 假体,Wagner SL 假体及锁定板外形数据。将所采集的数据导入有限元分析软件进行建模,模拟 Vancouver B2 型假体周围骨折的不同治疗方式。模拟不同负重情况下的载荷,采集各种治疗方式在不同载荷下的骨折端位移并进行统计学分析。**结果**:在不同载荷作用下,各组骨折端位移有统计学差异($P<0.05$)。经两两比较可知,第 1 种治疗方式与后 3 种治疗方式间骨折端位移有统计学差异($P<0.05$);后 3 种治疗方式下,骨折端位移无统计学差异($P>0.05$)。**结论**:Wagner SL 翻修假体可以用于 Vancouver B2 型假体周围骨折的治疗。在选择假体长度时,应尽量选择骨折线远端匹配长度大于股骨直径 2 倍的假体,若因其他原因无法使用理想长度的假体,则可在应用较短假体的基础上,配合使用锁定板内固定。

【关键词】股骨;假体周围骨折;Vancouver 分型;内固定;有限元分析
【中图分类号】R683.42 【文献标志码】A 【收稿日期】2015-06-29

作者介绍:董 巍,Email:dongwei716@163.com,
研究方向:创伤及关节外科。
通信作者:樊国峰,Email:80981455@qq.com。
优先出版:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20151215.1647.002.html
(2015-12-15)

有着良好的抗菌作用及透气性能,对早期创面愈合有着较好的促进作用,在新型创面敷料领域中有着很好的开发潜力,值得进行更深入的研究。

参 考 文 献

[1] Zahedi P,Rezaeian I,Ranaei-Siadat SO,et al. A review on wound dressings with an emphasis on electrospun nanofibrous polymeric bandages[J]. Polym Advan Technol,2009,21(2):77-95.

[2] Boateng JS,Matthews KH,Stevens HN,et al. Wound healing dressings and drug delivery systems:a review[J]. J Pharm Sci,2008,97(8):2892-2923.

[3] 李沉纹,谢 红,李卓恒,等. 静电纺丝技术及其作为药物载体的应用研究进展[J]. 中国医院药学杂志,2013,33(17):1428-1431.

[4] Rieger KA,Birch NP,Schiffman JD. Designing electrospun nanofiber mats to promote wound healing-a review[J]. J Mater Chem B,2013,1(36):4531-4541.

[5] Sebe I,Szabó B,Nagy ZK,et al. Polymer structure and antimicrobial activity of polyvinylpyrrolidone-based iodine nanofibers prepared with high-speed rotary spinning technique[J]. Int J Pharm,2013,458(1):99-103.

[6] 巴剑波,刘玉明,殷 明,等. 聚维酮碘特性及其制剂研究进展[J]. 中国消毒学杂志,2010,27(1):67-69.

[7] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(二部)[S]. 北京:中国医药科技出版社,2010:附录 199.

[8] Vargas EA. Hyperbranched polyglycerol electrospun nanofibers for wound dressing applications[J]. Acta Biomater,2010,6(3):1069-1078.

[9] Li C,Fu R,Yu C,et al. A novel electrospun membrane based on moxifloxacin hydrochloride/poly (vinyl alcohol)/sodium alginate for antibacterial wound dressings in practical application[J]. Drug Deliv,2015:1-12.

[10] Charernsriwilaiwat N,Opanasopit P,Rojanarata T,et al. Lysozyme-loaded,electrospun chitosan-based nanofiber mats for wound healing[J]. Int J Pharmaceut,2012,427(2):379-384.

[11] Khandwekar AP,Doble M. Physicochemical characterisation and biological evaluation of polyvinylpyrrolidone-iodine engineered polyurethane[J]. J Mater Sci,2011,22(5):1231-1246.

（责任编辑:冉明会）

Comparison of different treatment methods for Vancouver type B2 fracture based on finite element analysis

Dong Wei[1], *Jia Junling*[1], *Li Zhen*[1], *Xu Xiuxia*[2], *Chen Shengle*[1], *Fan Guofeng*[1]

(*1. Department of Orthopedics; 2. Department of Invasive Technology, China National Petroleum Corporation Central Hospital*)

【Abstract】***Objective***: To compare different treatment methods for Vancouver type B2 fracture based on finite element analysis. ***Methods***: The data of left femurs of 30 healthy aged volunteers, M/L Taper prosthesis and Wagner S/L prosthesis were collected. The data were inputted into finite element analysis software and Vancouver type B2 fracture was simulated. The offsets of fractures under different loads were recorded and analysed by statistic software. ***Results***: Under both load conditions, significant statistical difference could be found among the four groups ($P<0.05$). With pair-wised comparisons, significant statistical differences could be found between the first group and the rest 3 groups ($P<0.05$), but no statistical difference could be found among the last 3 groups. ***Conclusion***: Wagner SL prosthesis could be used for the treatment of Vancouver type B2 fractures. The optimum length of the distal fixed part should be twice longer than the diameter of the femur. If the prosthsis with ideal length could not be used, a shorter prosthesis could be considered, but a combination of locking compressed plate is recommended.

【Key words】femur; periprosthetic fractures; Vancouver classification; internal fixation; finite element analysis

人工关节置换术后是治疗髋关节疾病及骨折的有效手段。随着我国人口老龄化程度逐年加重，有越来越多的患者接受这一手术。与此同时，假体体周围骨折，这一发生于人工关节置换术后的严重并发症，也越来越受到临床医生的关注。Vancouver B2 型假体周围骨折是其常见骨折类型[1]，以假体松动但无明显骨量丢失为主要特征。此类型的骨折的治疗手段主要为翻修并更换长柄假体[2-5]。也有学者认为，在更换长柄假体的同时，予以钛板螺钉内固定，能取得理想的效果[6-7]。本文采用有限元分析方法，对 Vancouver B2 型骨折不同手术方式后的生物力学状况进行分析。

1 资料与方法

1.1 研究对象

1.1.1 志愿者入选标准 (1)中老年人(年龄 50 岁以上)；(2)既往身体健康，无引起继发性骨转换异常的内分泌代谢性疾病；(3)既往无双侧股骨骨折外伤史；(4)能正常行走；(5)既往无神经肌肉性疾病史。最终入选 30 人(男性 13 人，女性 17 人)。本研究经伦理委员会批准，所有入选志愿者均签署知情同意书。

1.1.2 使用材料 M/L Taper 初次髋关节置换假体(美国 Zimmer 公司)，Wagner SL 髋关节翻修假体(美国 Zimmer 公司)，下肢十孔锁定钛板(常州奥斯迈公司)。

1.2 方法

64 层螺旋 CT(德国 Siemens 公司)采集志愿者左侧股骨图像数据，并以 DICOM 格式导入 MIMICS 软件(版本 15，比利时 Materialise 公司)，重建左侧股骨三维模型。由 CT 图像 HU 值按照公式 Density=−13.4 +1 017 × HU 计算出骨密度，再由骨密度按照公式 E-Modulus=−388.8 + 5 925 × Density 计算杨氏模量[8]。

三坐标测量仪(瑞典 Hexagon 公司)对人工髋关节股骨假体及锁定板外形进行扫描，导入 Geomagic Studio(版本 12，美国 Geomagic 公司)光顺曲面。因螺钉细小螺纹结构将大幅增加运算量，且将其忽略并不影响模拟结果[9]，故以圆柱体模拟锁定螺钉。

将数据导入 ABAQUS(版本 6.10，法国 DASSAULT SIMULIA 公司)中：(1)参照 Zimmer 公司 M/L Taper 假体植入技术指导手册，模拟人工关节置换手术，移除股骨头及股骨颈，将假体植入。并通过布尔运算将股骨内相应骨质去除。(2)以股骨柄下缘为标准，以 5 mm 宽间隙模拟骨折[10]。(3)移除 M/L Taper 假体，并参照 Zimmer 公司 Wagner SL 假体植入技术指导手册，模拟人工关节翻修手术。将 Wagner SL 假体植入，并再次通过布尔运算将股骨内相应骨质去除。

选择 2 种不同长度 Wagner SL 假体，其末端分别超过股骨骨折线 1 个股骨直径长度(假体长 225 mm)及 2 个股骨直径长度(假体长 265 mm)[2,7]，在此基础上，应用或不应用股骨外侧十孔锁定板固定，共分为 4 组：(1)Wagner SL 假体(225 mm)；(2)Wagner SL 假体(265 mm)；(3)Wagner SL 假体(225

mm）及十孔锁定板；(4)Wagner SL 假体（265 mm）及十孔锁定板。依据假体及锁定板位置关系，若锁定板钉孔平面髓腔内有假体则使用单侧皮质固定，否则双侧皮质固定，中间两孔（骨折端间隙处）留空（图 1）。

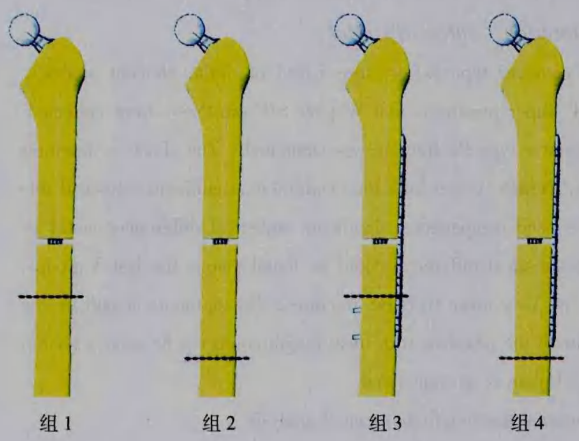


图 1 各组假体及锁定板型号及位置

Fig.1 Size and position of prosthesis and LCP in each group

建立各部件间接触关系，以绑定约束模拟“假体-骨”“螺钉-锁定板”及“螺钉-骨”之间的接触状态。并依照钛合金材料物理属性为锁定板及螺钉赋材料属性（杨氏模量为 110 GPa，泊松比 0.3）。划分体网格：采用 10 节点四面体单元（C3D10M）为股骨、人工髋关节假体及锁定板划分网格；采用 8 节点六面体单元（C3D8）为圆柱体螺钉划分网格。股骨远端节点约束所有自由度，模拟固支边界条件；分别施加 500 N 及 2 300 N 垂直向下的压力于股骨头顶端，模拟部分负重及完全负重[11]。记录应力作用下的骨折端位移。

1.3 统计方法

采用 SPSS（版本 16，美国 IBM 公司）软件对结果数据进行统计学分析，采用配伍组设计的方差分析方法，组间两两比较采用 LSD-t 法，检验水准 α=0.05。

2 结 果

在 500 N 及 2 300 N 载荷作用下，各组骨折端位移有统计学差异（P<0.05）。经两两比较可知，第 1 种治疗方式与后 3 种治疗方式间骨折端位移有统计学差异（P<0.05）；后 3 种治疗方式下，骨折端位移无统计学差异（P>0.05）。见表 1、2。

表 1 各组假体及锁定板型号及位置

Tab.1 Size and position of prosthesis and LCP in each group

组别	500 N 载荷	2 300 N 载荷
组 1	0.105 ± 0.023	0.450 ± 0.091
组 2	0.070 ± 0.018	0.341 ± 0.052
组 3	0.064 ± 0.020	0.323 ± 0.063
组 4	0.061 ± 0.013	0.313 ± 0.066
F 值	32.722	26.743
P 值	0.000	0.000

3 讨 论

假体周围骨折是人工髋关节置换术后的严重并发症，根据 Fredin 等[12]进行的 1 项术后 14 年随访的研究，其发生率为 0.56%；而 Zuber 的研究[13]则指出初次置换术后假体周围骨折发生率为 2.3%，而翻修术后可达 2.9%；美国梅奥医学中心的研究则认为初次置换术后假体周围骨折发生率为 1.1%，而翻修术后可达 4%[14]；Kavanagh 的研究[15]认为初次置换后假体周围骨折发生率不到 1%，但翻修术后可达 4.2%。

Vancouver 分型是髋关节假体周围骨折的常用分型方法，可用于指导此类骨折的治疗[16]。临床医生可以在这一分型的基础上，依据骨折位置，内固定

表 2 不同固定方式及载荷下骨折端位移两两比较

Tab.2 Pair-wised comparison of the offsets of fracture under different fixation type and load

组别		500 N 载荷		2 300 N 载荷	
		均值差（mm）	P 值	均值差（mm）	P 值
组 1	组 2	0.035 ± 0.030	0.000	0.109 ± 0.104	0.000
	组 3	0.042 ± 0.036	0.000	0.127 ± 0.112	0.000
	组 4	0.044 ± 0.029	0.000	0.137 ± 0.107	0.000
组 2	组 3	0.007 ± 0.024	0.178	0.018 ± 0.074	0.299
	组 4	0.009 ± 0.021	0.076	0.027 ± 0.087	0.116
组 3	组 4	0.002 ± 0.024	0.663	0.009 ± 0.075	0.589

稳定程度，有无骨量丢失等情况，为患者选择恰当的治疗方案。Vancouver A 型骨折指发生在股骨近端大转子或小转子区域的骨折，此类骨折多可采用保守治疗的方式治疗，但若骨折块较大或移位明显，也可采用切开复位内固定方式治疗。Vancouver B 型骨折指发生在股骨假体周围或附近位置的骨折。B1 型骨折假体固定牢固，通常采用复位内固定的方法治疗。B2 型骨折假体发生松动，但无骨量丢失，通常采用翻修更换长柄假体的方法，也可同时配合其他内固定。B3 型骨折假体松动，且骨量丢失明显，无法行常规返修手术，通常需行肿瘤型假体翻修或行同种异体骨移植[2]。Vancouver C 型骨折指发生在股骨假体远端的骨折，因其距离假体距离较远，多可参照股骨干骨折的治疗方式进行切开复位内固定治疗。

在翻修假体种类的选择上，更多的学者倾向于选择非骨水泥型假体[17-18]。Wagner SL 假体是一种远端固定型非骨水泥假体，其圆锥形的假体柄设计使得应力可以在假体与骨的界面尽可能均匀分布，从而减小因局部应力过高而引发的问题。为了提供抗旋转稳定性，很多假体将截面设计成类似方形或矩形的形状，但这种设计在提供旋转稳定性的同时，也可能在植入过程中引起假体周围骨折。Wagner SL 假体在外周有 8 条棱线，从而提供了同样良好的抗旋转稳定性，且在植入过程中不易引起假体周围骨折。

有限元分析是一种将研究对象分解为数量有限的多个单元，各单元与其周围的单元通过节点进行连接，在外力作用下，各单元将发生受力状态的改变。在此基础上，对所有单元的矩阵进行求解，所得出的数据即为有限元分析的结果。其最早应用于工业领域，但随着技术的进步，其在医学领域的应用也日益广泛。

在医学有限元分析中，为生物组织赋予材料属性是其重点，也是决定其模拟是否精确的重要条件。在以往的有限元分析中，对骨组织材料属性的赋值多采用分割皮质骨和松质骨并分别赋值的方法，这种方法简便易行，但却忽略了生物体的渐变特性，导致误差。且这种方法认为造成了分界面两侧材料属性的骤变，在力学分析工程中可能出现应力集中等现象，影响结果的精确性。在此基础上，本研究采用了依据 CT 值为骨组织赋值的方法，为每个单元分别计算材料属性并赋值，从而实现了不同骨组织之间的平滑过渡，更加符合实际情况[19-20]。

既往的有限元分析，多针对来自某一个体的单独样本进行研究。然而，在植入物与组织的装配过程中，误差在所难免，基于这类模型所作出的分析结果，精确性将可能受到影响。因此，本研究选择了 30 位健康志愿者作为研究对象。首先，避免了单次模拟可能造成的相对位置误差影响结果；其次，结合前述基于 CT 值的负值方法，为每一样本分别赋予材料属性，使模拟结果更加全面精确；最后，所选择的志愿者均为中老年人，符合假体周围骨折高发人群的年龄特点，具有代表性。

在此之前，一些国外学者也曾针对骨水泥型翻修假体进行过类似研究，并得出与本研究类似的结果[7]。在一定载荷的作用下，骨折端之间的相对位移可以用来评估骨折端的稳定性。与单独应用较短的假体（组 1）相比，配合应用锁定板内固定（组 3）可以提供更为稳定的固定。但与单独应用较长的假体（组 2）相比，配合应用锁定板内固定（组 4）则无法体现出更多优势，这一方面是因为单独应用较长的假体本身已经可以提供较好的稳定性，继续追加内固定物所起到的作用有限，另一方面也是因为此种情况下锁定板所有螺钉均只能选择单层皮质固定，因而无法充分发挥作用。此外，单独应用较长的假体（组 2）与配合使用较短的假体和锁定板内固定（组 3）之间并无统计学差异。从成本/效果比的角度考虑，单独应用较长的假体（组 2）更具有优势；而且，在应用锁定板内固定的过程中，将不可避免的对骨外膜的血供造成损伤，在髓腔内已植入假体柄的前提下，这种损伤可能会影响骨折的愈合，因而需慎重考虑。但在某些特殊情况下，如术中无法植入较长的假体，将较短的假体与锁定板内固定配合使用，同样可以达到满意的初期稳定。

4 结 论

Wagner SL 翻修假体可以用于 Vancouver B2 型假体周围骨折的治疗。在选择假体长度时，应尽量选择骨折线远端匹配长度大于股骨直径 2 倍的假体，若因其他原因无法使用理想长度的假体，则可

在应用较短假体的基础上，配合使用锁定板内固定。

本研究基于有限元方法，对人工髋关节置换术后 Vancouver B2 型假体周围骨折的不同治疗方式进行了比较，可以为临床医师制定治疗方案提供参考。但同时，本研究也存在一些不足：①本研究基于横断型骨折，但实际上，部分 Vancouver B2 型骨折存在斜行骨折线，这类骨折线多需钢丝或钛缆捆绑达到固定目的，在后续研究中，将针对这类骨折进行分析；②假体翻修后，股骨上的应力分布是影响假体使用寿命的重要因素，局部的应力集中可能导致骨折，而局部应力遮挡现象则可能导致骨质疏松等后果，这些情况都有待于进一步的研究进行明确。

参 考 文 献

[1] Broden C, Mukka S, Muren O, et al. High risk of early periprosthetic fractures after primary hip arthroplasty in elderly patients using a cemented, tapered, polished stem: An observational, prospective cohort study on 1,403 hips with 47 fractures after mean follow-up time of 4 years[J]. Acta Orthopaedica, 2015, 86(2): 169-174.

[2] Munro JT, Garbuz DS, Masri BA, et al. Tapered fluted titanium stems in the management of vancouver B2 and B3 periprosthetic femoral fractures[J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2014, 472: 590-598.

[3] Abdel MP, Lewallen DG, Berry DJ, et al. Periprosthetic femur fractures treated with modular fluted, tapered stems[J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2014, 472: 599-603.

[4] Drexler M, Dwyer T, Chakravertty R, et al. The outcome of modified extended trochanteric osteotomy in revision THA for vancouver B2/B3 periprosthetic fractures of the femur[J]. Journal of Arthroplasty, 2014 (29): 1598-1604.

[5] Dzaja I, Lyons MC, McCalden RW, et al. Revision hip arthroplasty using a modular revision hip system in cases of severe bone loss[J]. Journal of Arthroplasty, 2014(29): 1594-1597.

[6] Antoci V, Appleton P, Rodriguez EK, et al. Fixation of fractures around unstable hip implants[J]. Techniques in Orthopaedics, 2013, 28 (3): 208-217.

[7] Moazen M, Mak JH, Etchels LW, et al. Periprosthetic femoral fracture-a biomechanical comparison between vancouver type B1 and B2 fixation methods[J]. Journal of Arthroplasty, 2014, 29: 495-500.

[8] Rho JY, Hobatho MC, Ashman RB. Relations of mechanical properties to density and CT numbers in human bone[J]. Med Eng Phys, 1995, 17(5): 347-355.

[9] Zdero R, Olsen M, Bougherara H, et al. Cancellous bone screw purchase: a comparison of synthetic femurs, human femurs, and finite element analysis[J]. Journal of Engineering in Medicine, 2008(222): 1175-1183.

[10] Shah S, Kim SYR, Dubov A, et al. The biomechanics of plate fixation of periprosthetic femoral fractures near the tip of a total hip implant: cables, screws, or both?[J]. Journal of Engineering in Medicine, 2011(225): 845-856.

[11] Bergmann G, Deuretzbacher G, Heller M, et al. Hip contact forces and gait patterns from routine activities[J]. Journal of Biomechanics, 2001, 34: 859-871.

[12] Fredin HO, Lindberg H, Carlsson AS. Femoral fracture following hip arthroplasty[J]. Acta Orthopaedica Scandinavica, 1987, 58(1): 20-22.

[13] Zuber K, Koch P, Lustenberger A, et al. Femoral fractures following total hip prosthesis[J]. Der Unfallchirurg, 1990, 93(10): 467-472.

[14] Berry DJ. Epidemiology of periprosthetic fractures after major joint replacement[J]. Orthopedic Clinics of North America, 1999, 30(2): 183-190.

[15] Kavanaugh BF. Femoral fractures associated with total hip arthroplasty[J]. Orthopedic Clinics of North America, 1992, 23(2): 249-257.

[16] Duncan CP, Masri BA. Fractures of the femur after hip replacement[J]. Instructional Course Lectures, 1995(44): 293-304.

[17] Beals RK, Tower SS. Periprostheic fractures of the femur: an analysis of 93 fractures[J]. Clincal Orthopaedics and related research, 1996, 327: 238-246.

[18] Johansson JE, McBroom R, Barrington TW, et al. Fracture of the ipsilateral femur in patients with total hip replacement[J]. Journal of Bone and Joint Surgery, 1981, 63A(9): 1435.

[19] 刘创建，董 巍，吴建伟，等. 股骨干简单骨折锁定板内固定有限元分析[J]. 中国医刊，2014，49(7)：37-40.

[20] 董 巍，路 博，石向明，等. 股骨干骨折锁定板内固定治疗的有限元分析[J]. 实用骨科杂志，2014，20(9)：818-820.

（责任编辑：张辉洁）