

全髋关节置换假体位置的确定方法及生物力学特性

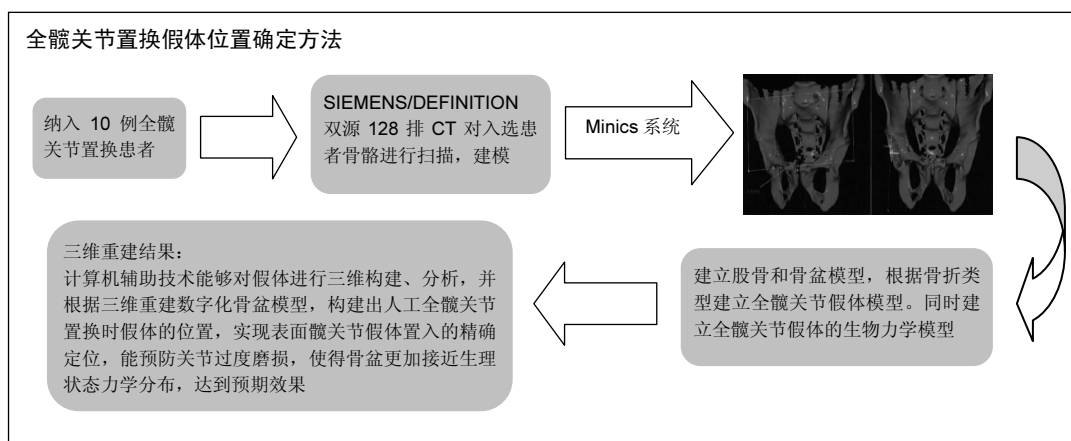
戚大春¹, 安新荣²(滨州医学院附属医院, ¹骨关节外科, ²内分泌科, 山东省滨州市 256603)

引用本文: 戚大春, 安新荣. 全髋关节置换假体位置的确定方法及生物力学特性[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(26):3811-3816.

DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.26.002

ORCID: 0000-0003-0061-1189(戚大春)

文章快速阅读:



戚大春, 男, 1965 年生, 山东省龙口市人, 1987 年滨州医学院毕业, 硕士, 副主任医师, 主要从事人工关节方面的研究。

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2016)26-03811-06

稿件接受: 2016-04-28

文题释义:

全髋关节置换假体定位: ①医师在手术台上难以准确判断出骨盆的具体方向, 并且操作过程中容易导致骨盆位置发生明显移位等。②置换过程中医师目测存在一定的偏差, 容易导致假体置入的位置不准确。③置换过程中由于手术切口暴露限制, 导致假体定位时缺乏理想的定位标准, 难以确定假体的具体位置。
计算机辅助技术: 能够将 CT、MRI 等设备采集人体器官、骨骼以及关节等部位的外形数据, 进行三维数据化, 能够以直觉而快速的方式进行曲线、曲面的构建和调整。同时计算机辅助技术还集成了现代数控技术、计算机辅助制造技术等最新成果, 能够制作出生理力学性能优良、精度高等生物假体, 并实现生物假体位置的准确确定。

摘要

背景: 全髋关节置换时难以准确判断出骨盆的准确方位, 治疗时容易引起骨盆位置变动, 假体置入后容易引起角度偏差, 且术者难以判断假体位置和方向的准确确定。

目的: 探讨应用计算机辅助三维技术确定全髋关节置换假体位置的效果, 并分析全髋关节置换假体的生物力学特性。

方法: 选取滨州医学院附属医院 2015 年 1 至 11 月收治的 10 例全髋关节置换患者的资料进行分析, 利用 SIEMENS/DEFINITION 双源 128 排 CT 对入选患者骨骼进行扫描, 将 CT 数据作为建模的基础数据, 扫描层厚 0.732 mm, 面内分辨率为 512×512, 设置扫描参数, 将 CT 获得的数据导入计算机三维重建软件中, 建立股骨和骨盆模型, 根据骨折类型建立全髋关节置换假体模型。同时建立假体生物力学模型, 探讨计算机辅助技术对全髋关节假体位置的确定方法, 并分析假体的生物力学特性。

结果与结论: ①利用计算机辅助技术能够清晰的显示患者关节缺损部位, 且经过计算机辅助技术确定位置后能够在软件中模拟假体置入及修复效果; ②经过计算机辅助技术能准确的确定人体重垂线, 将髋臼旋转中心为原点, 生成一条中垂线的平行线, 并且能够将假体的矢状面和冠状面设定在新的坐标; ③在计算机辅助下完成了对全髋关节假体模型的约束和加载, 并通过模型为置换方案的制定奠定基础; ④入选的 10 例患者均顺利完成全髋关节置换, 其中 9 例患者假体安装位置正确, 成功率为 90%。对患者进行 3 个月随访, 并未出现其他并发症; ⑤结果提示, 计算机辅助技术能够对假体进行三维构建、分析, 并根据三维重建数字化骨盆模型, 构建出人工全髋关节置换时假体的位置, 实现表面髋关节假体置入的精确定位, 从而预防关节过度磨损, 使得骨盆更加接近生理状态力学分布, 达到预期效果。

关键词:

骨科植入物; 人工假体; 计算机辅助三维技术; 全髋关节置换; 假体位置; 生物力学; 生理状态; 力学

Qi Da-chun, Master,
Associate chief physician,
Department of Bone and
Joint Surgery, Affiliated
Hospital of Binzhou
Medical University,
Binzhou 256603,
Shandong Province, China

分布

主题词:

关节成形术, 置换, 髋; 假体植入; 生物力学; 组织工程

Total hip arthroplasty for determining the position of the prosthesis and the biomechanical properties

Qi Da-chun¹, An Xin-rong² (¹Department of Bone and Joint Surgery, ²Department of Endocrinology, Affiliated Hospital of Binzhou Medical University, Binzhou 256603, Shandong Province, China)

Abstract

BACKGROUND: During total hip arthroplasty, it is difficult to accurately determine the exact orientation of the pelvis. Pelvic position is prone to change during treatment. After prosthesis implantation, angle deviation easily occurs. The surgeon is difficult to accurately determine the position and orientation of the prosthesis.

OBJECTIVE: To investigate the effects of prosthesis position during total hip arthroplasty by using three-dimensional computer-aided technique, and to analyze the biomechanical properties of the prosthesis in total hip arthroplasty.

METHODS: Data of ten patients undergoing total hip arthroplasty in the Affiliated Hospital of Binzhou Medical University from January to November 2015 were analyzed. SIEMENS/DEFINITION dual source CT was used to scan the skeleton of patients. CT data were collected as a basis for data in modeling. Slice thickness was 0.732 mm; resolution of the inner surface was 512 × 512. CT data were imported in three-dimensional reconstruction software of a computer. The models of femur and pelvis were established. According to the type of fracture, false models of total hip arthroplasty were established. Simultaneously, biomechanical prosthesis models were established. We determined research methods of prosthesis position by computer-aided techniques and analyzed biomechanical properties in total hip arthroplasty.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) The use of computer-aided technology could clearly show the defect site. After determining the defect position using computer-aided techniques, prosthesis implantation and repair effect could be simulated in the software. (2) The computer-aided through technology could accurately determine the vertical weight of the human. The acetabular center of rotation was used as the origin. A vertical parallel line was generated. The sagittal and coronal planes of the prosthesis could be set in new coordinates. (3) With the aid of computer, total hip prosthesis models were constrained and loaded, which lay the foundation for the operation through the model development. (4) The 10 patients achieved successful surgery. The position of prosthesis was correct in nine patients, with a success rate of 90%. Patients were followed up for 3 months. The patients did not have other complications. (5) These results suggest that computer-aided technology can do three-dimensional construction and analysis of the prosthesis, and can construct the position of the prosthesis during total hip arthroplasty according to three-dimensional reconstruction of the digitized pelvis model so as to achieve precise positioning of surface hip prostheses, which can prevent excessive wear of the joint, make pelvis closer to the physiological state of the mechanical distribution, and achieve the desired effect.

Subject headings: Arthroplasty, Replacement, Hip; Prosthesis Implantation; Biomechanics; Tissue Engineering.

Cite this article: Qi DC, An XR. Total hip arthroplasty for determining the position of the prosthesis and the biomechanical properties. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2016;20(26):3811-3816.

0 引言 Introduction

全髋关节置换是临床上常见的修复手术, 具有以下特点: ①全髋关节置换能够精确的重建股骨近端解剖结构, 使得应力分布更加符合生理要求^[1]。②全髋关节置换能够最大限度的保留机体原有的骨质和生理结构, 患者术后关节活动能力更加接近正常功能水平^[2-3]。③该手术能最大限度的保留骨质, 增加了关节后的稳定性。相

关数据结果显示, 全髋关节置换后患者关节优良率能够达到94.4%–99.7%^[4-5]。但是全髋关节置换在临床应用时也存在一些不足: ①医师在手术台上难以准确判断出骨盆的具体方向, 并且操作过程中容易导致骨盆位置发生明显移位^[6-7]。②置换过程中医师目测存在一定的偏差, 容易导致假体置入位置不准确。③置换术中虽然有辅助器械的运用, 但是容易导致医师思想松懈, 从而造

成安全假象。④置换过程中由于手术切口暴露限制, 导致假体定位时缺乏理想的定位标准, 难以确定假体的具体位置^[8-9]。

随着医疗技术的飞速发展, 计算机辅助技术在得到发展, 它能够将三维重建、逆向工程设计以及快速成型技术结合起来, 解决临床长期困扰的“量身定做”问题^[10]。计算机辅助技术通过一系列二维图像进行辨别识别和分割处理, 更加准确的反映被检物体的三维图像, 能够在数值化虚拟环境下精确的显示其解剖结构特性, 使得数字化解剖模型能够更加直观, 从而实现三维动态的可视化^[11]。计算机辅助技术能够将CT、MRI等设备采集人体器官、骨骼以及关节等部位的外形数据, 进行三维数据化, 能够以直觉而快速的方式进行曲线、曲面的构建和调整^[12]。同时, 计算机辅助技术还集成了现代数控技术、计算机辅助制造技术等最新成果, 能够制作出生理力学性能优良、精度高等生物假体, 并实现生物假体位置的准确确定^[13]。

文章选取滨州医学院附属医院2015年1至11月收治的10例全髋关节置换的患者资料进行分析, 应用计算机辅助三维技术确定全髋关节置换假体位置, 并探讨全髋关节置换假体的生物力学特性。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 生物力学分析试验。

1.2 时间及地点 于2015年1至11月滨州医学院附属医院完成。

1.3 材料 文中使用的关节假体材质为碳纤维强化聚醚醚酮树脂, 由上海华子新材料科技有限公司订制、提供。将碳纤维添加入聚醚醚酮树脂所产生材料的杨氏模量非常接近皮质骨, 可制造出较薄的髌臼假体, 可以在保留骨量的同时进行有效地屈曲, 进而避免出现应力遮挡。

GE16层螺旋CT机, 衡水康达医疗器械有限公司; 个人计算机, Lenovo。

1.4 对象 对滨州医学院附属医院2015年1至11月收治的10例全髋关节置换的患者资料进行分析, 其中男5例, 女5例; 年龄30.2-78.9岁, 平均(35.7±3.1)岁。

纳入标准: 患者术前行X射线平片和CT扫描, 初步诊断为双侧股骨头缺血性坏死, 术前血沉、风湿指标无异常^[14-15](见**图1**), 试验经过伦理委员会批准同意, 且患者知情同意。

排除标准: 严重心、肝、肾功能异常者; 合并其他

疾病者。



图1 患者置换前骨盆X射线片

Figure 1 X-ray films of the pelvis before implantation

图注: 图A为X射线正位, B为X射线侧位。

1.5 方法

1.5.1 图像获取 采用GE16层螺旋CT机(衡水康达医疗器械有限公司)对入选患者骨盆进行连续层扫描, 设置CT扫描参数: 120 kV、200 mA, 层厚5 mm(采用1 mm层距进行重建), 矩阵为512×512, 扫描范围从髂脊上缘到坐骨结节^[16-17]。

1.5.2 整体骨盆重建 启动Amira软件, 点击open data按钮, 将获得的CT扫描数据导入计算机中, 导入成功后选中数据集并点击orthoslice按钮, 将3D观察窗口浏览CT进行二维图像切片, 显示数据集尺寸、原始数据类型等^[18-19]。同时, 在3D观察窗口同时扫描图像的冠状面(xz)、水平面(xy)以及矢状面(yz), 选择工具栏中remove island和smooth进行除噪和光滑图像。由于骨盆数据较大, 选择对局部数据进行剪切, 最终建立模型, 见**图2**。

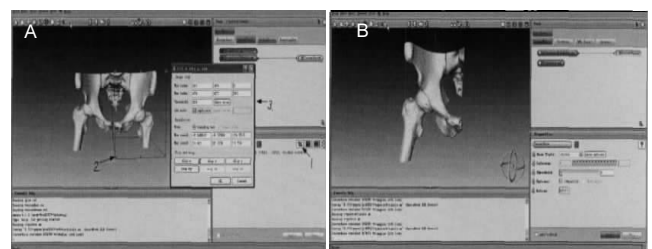


图2 左侧和右侧整体骨盆重建

Figure 2 Reconstruction of the left and the right as a whole pelvis

图注: 图A为左侧半骨盆的剪切范围; B为右半骨盆数据。

1.5.3 全髋关节置换假体位置确定 模型重建完毕后生成P-hip-labels数据, 点击Isurface按钮, 显示重建的髌骨表面结构。对于未显示部分进行手动分隔, 定位到需要进行手动分割层。选择套索工具, 对缺损部位进行修补, 对所有层面修改完毕后, 保存数据, 再次观察三维重建效果^[20]。将surfacegen模块与分割数据集连接, 选uneonstrained smoothing点击即apply进行表面观察(surface view), 并进行保存数据^[21-22]。

1.5.4 全髋关节置换假体生物力学特性分析 根据Huo主张, 单足站立状态是髋关节常用的生物力学模型^[23]。在有限元分析下将受力模型进行简化, 固定股骨远端后, 采用数字优化法将肌肉作用力、关节力综合后, 加载再假体表面。在双侧髋关节及耻骨联合上方施加600 N竖直的力, 加载过程中观察假体受力及损坏情况。同时, 试验中施加2 582 N的力模仿外展肌的肌力^[24-25]。

1.6 主要观察指标 ①观察全髋关节置换假体位置确定方法及确定效果; ②观察髓臼假体中轴线的确定方法及效果; ③全髋关节假体的生物力学特性; ④观察入选患者在计算机辅助下的置换效果。

1.7 统计学分析 采用SPSS 18.0软件对采集到的数据进行分析, 其中对符合正态分布的数据进行单因素方差分析, 存在统计学意义予以LSD法两两比较。 $P < 0.05$ 提示经比较两组数据间差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理, 纳入10例全髋关节置换患者, 全部进入结果分析, 中途无脱落。

2.2 全髋关节置换假体位置确定 利用计算机辅助技术能够清晰的显示患者关节缺损部位, 且经过计算机辅助技术确定位置后能够在软件中模拟假体置入及修复效果, 见图3。

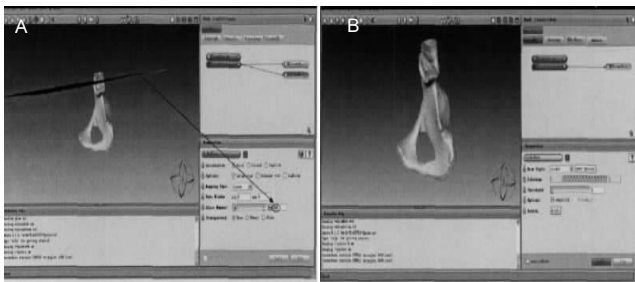


图3 全髋关节置换假体位置确定

Figure 3 Determination of prosthesis position during total hip arthroplasty

图注: 图A为缺损位置的确定; B为缺损修复后的效果图。

2.3 髓臼假体中轴线的确定 经过计算机辅助技术能准确的确定人体的重垂线, 将髓臼旋转中心为原点, 能够生成一条中垂线的平行线, 并且能够将假体的矢状面和冠状面设定在新的坐标, 见图4。

2.4 模型加载约束 在计算机辅助下完成对全髋关节假体模型的约束和加载, 并通过模型为置换方案的制定奠定基础, 见图5。

2.5 入选患者修复效果 入选的10例患者均取得手术成功, 其中9例患者假体安装位置正确, 成功率为90%。

另外1例假体安装位置由于操作人员原因导致其安装位置不正确。对患者进行3个月随访, 并未出现其他并发症。

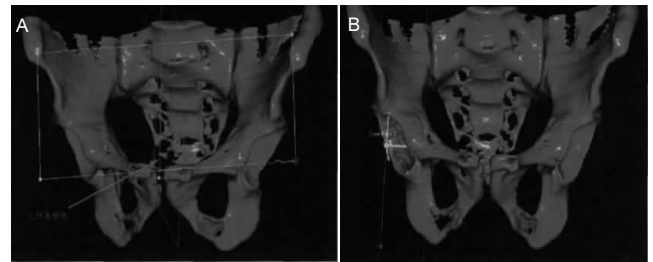


图4 髓臼假体中轴线的确定

Figure 4 Determination of acetabular prosthesis axis

图注: 图A示两平面的交线为人体重垂线; B示矢状面和冠状面设定在新的坐标。

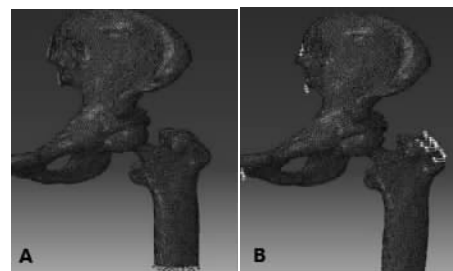


图5 模型加载约束

Figure 5 Model load and constraint

图注: 图A为模型加约束图; B为模型加载荷图。

3 讨论 Discussion

近年来, 随着国内人口老龄化的不断加剧, 髋关节疾病患者也日益增多, 人工髋关节置换也在临床上不断增加^[26-27]。患者治疗时, 如果能够根据机体的骨骼形态、生物力学特定等选择合适的假体, 则能够有效的提高人工关节的使用寿命, 提高患者生活质量。同时, 假体的选择应该尽可能放置在正常的解剖结构位置, 这样既能够保持压力负荷的均匀分布, 还能够促进患者关节功能的恢复^[28-29]。髋关节表面置换的优点十分明显: ①最大限度的保留髋关节的骨量; ②较少发生肢体不等长情况; ③置换后稳定型较高, 脱位发生率低; ④翻修手术难度降低; ⑤表面置换并不会引起破坏股骨头、颈的血运。但是, 基础医院病没有得到普遍, 容易逐渐发生消亡, 出现这种现象的原因是多方面的: ①股骨颈骨折容易引起早期假体失败; ②股骨头比较大, 容易产生聚乙烯磨损颗粒比常规全髋假体多, 颗粒容易诱导溶骨反应, 容易造成假体早期松动; ③患者在早期采用骨水泥髓臼假体患者容易产生骨缺损。

随着信息学技术的不断发展及影像学技术和计算机技术的交互渗透, 三维重建技术在临床一线运用越来越多, 它能够利用图像、图形技术直观的看见患者体内

的结构,尤其是对骨及软组织的立体显示,它是常规方法难以比拟的^[30-31]。当前,CT 的三维重建在关节及创伤外科中得到运用,利用该技术能够直观的显示髋臼及近端股骨头之间的空间关系,能够多方位、多角度显示骨折、脱位以及植入物的方向,从而能够更具针对性的选择假体的型号。同时,由于三维重建技术通过自由旋转和平移等,对复杂性骨折和隐匿性骨折的显示、量化更具有优势,已经在髋关节管着、髋关节脱位等疾病诊断、治疗中得到应用^[32-33]。文章利用计算机辅助技术能够清晰的显示患者关节缺损部位,且患者经过计算机辅助技术确定位置后能够在软件中模拟假体置入及修复效果^[34-36]。

CT 三维重建过程中通过计算机辅助设计和辅助制作技术,能够为临床医师精确设计人工股骨头和髋臼假体提供依据,能够为特殊患者进行具体的设计和制作,从而能够提高人工关节孟病变骨骼的匹配度,提高患者假体置入的稳定性,能够有效的预防关节松动^[37-38]。文章经过计算机辅助技术能准确确定人体的重垂线,将髋臼旋转中心为原点,能够生成一条中垂线的平行线,并且能够将假体的矢状面和冠状面设定在新的坐标。文章中在计算机辅助下完成对全髋关节置换假体模型的约束和加载,并通过模型为置换手术的制定奠定基础,进而对全髋关节置换假体生物力学特性进行研究。试验中对假体进行整骨加载,测定假体模型的载荷-应变数据,加载过程中充分考虑到股骨的黏弹性效应,且加载速度比较匀速,从而能够获得机体在站立状态下的载荷传递及应变分布规律,证实了假体置入后具备较强的各向异性,能够为全髋关节假体的设计、研制等提供依据和参考,从而提高修复效果,促进患者早期恢复^[39-40]。此文中入选的 10 例患者均取得手术成功,其中 9 例患者假体安装位置正确,成功率为 90%。对患者进行 3 个月随访,患者并未出现其他并发症。但是,采用计算机辅助技术完成三维模型的重建时,应该适当的加入何种限制,并且建立模型时应结合每一例患者的临床表现、病史等综合分析和评估,使得模型更具有针对性,从而保证患者得到更加科学的治疗,降低全髋关节置换并发症发生率,治疗后还应定期加强检查,对于出现异常者应立即处理。

综上所述,计算机辅助技术能够对假体进行三维构建、分析,并根据三维重建数字化骨盆模型,构建出人工髋关节置换时假体的位置,实现表面髋关节假体置入的精确定位,能预防关节过度磨损,使得骨盆更加接近生理状态力学分布,达到预期效果,具有较高的临床应用价值。

致谢: 感谢第二作者安新荣对试验的协助。

作者贡献: 戚大春负责试验设计,安新荣负责试验实施。

利益冲突: 所有作者共同认可文章内容不涉及相关利益冲突。

伦理问题: 试验方案经滨州医学院附属医院伦理委员会批准,试验方案已经患者/家属知情同意。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经国内小同行外审专家双盲外审,符合本刊发稿宗旨。

作者声明: 第一作者对研究和撰写的论文中出现的不端行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁,可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

4 参考文献 References

- [1] Clavé A, Fazilleau F, Dumser D, et al. Efficacy of tranexamic acid on blood loss after primary cementless total hip replacement with rivarox-aban thromboprophylaxis: a case-control study in 70 patients. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;5: 484-490.
- [2] Alshryda S. Topical (intra-articular) tranexamic acid reduces blood loss and transfusion rates following total knee replacement: a randomized controlled trial (TRANX-K). *J Bone Joint Surg Am.* 2013;21: 1961-1968.
- [3] 张波, 庞清江, 章海均, 等. 全膝关节置换术后隐性失血的研究进展[J]. *中国骨伤*, 2012, 25(9): 788-792.
- [4] Alshryda S, Mason J, Sarda P, et al. Topical (intra-articular) tranexamic acid reduces blood loss and transfusion rates following total hip replacement: a randomized controlled trial (TRANX-H). *J Bone Joint Surg Am.* 2013;21: 1969-1974.
- [5] Irwin A, Khan SK, Jameson SS, et al. Oral versus intravenous tranexamic acid in enhanced-recovery primary total hip and knee replacement: results of 3000 procedures. *Bone Joint J.* 2013;11: 1556-1561.
- [6] Wong J, Abrishami A, El Beheiry H, et al. Topical application of tranexamic acid reduces postoperative blood loss in total knee arthroplasty: a randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;15: 2503-2513.
- [7] 谢锦伟, 岳辰, 裴福兴. 氨甲环酸在全髋关节置换术中的有效性与安全性研究进展[J]. *中国矫形外科杂志*, 2014, 22(20): 1856-1860.

- [8] 刘旭东,张先龙,曾炳芳,等.全髋关节置换术后的隐性失血分析[J].中国矫形外科杂志,2011,19(12):995-997.
- [9] 肖鹏,吴学建,刘宏建.人工关节置换术后隐性失血的相关分析[J].中国组织工程研究与临床康复,2008,12(4):635-638.
- [10] Bao N,Zhou L,Cong Y,et al.Free fatty acids are responsible for the hidden blood loss in total hip and knee arthroplasty. Med Hypotheses. 2013;81(1):104-107.
- [11] 高玉镭,王东辰,李佩佳,等.人工全髋关节置换术隐性失血量的估算及原因分析[J].实用医药杂志,2012,29(6):490-492.
- [12] 罗涛,黄伟杰,吴伟,等.股骨粗隆间骨折围手术期隐性失血初步分析[J].实用骨科杂志,2011,17(9):796-799.
- [13] Li J,Zhou Y,Jing J,et al.Comparison of effects of two anti-coagulants on hidden blood loss after total hip arthroplasty. Zhongguo Xue Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi. 2013;27(4):432-435.
- [14] 李少斐,郭亭,赵建宁,等.围髋关节置换期隐性失血相关危险因素及预后[J].中国组织工程研究,2014,18(13):2006-2011.
- [15] 庞向华,欧阳建江,欧兆强,等.隐性失血与全髋关节置换术后髋关节功能的相关性及影响因素[J].广东医学,2013,34(3):420-422.
- [16] 丛宇,赵建宁,包倪荣,等.隐性失血对全髋关节置换术后功能恢复影响的临床观察[J].中国骨伤,2011,24(6):466-468.
- [17] 米尔阿里木·木尔提扎,赵巍,王利,等.患者体重指数对全髋关节置换手术时间的影响研究[J].实用骨科杂志,2014,20(10):938-941.
- [18] 王世海,颜冰.肥胖对全髋关节置换术后隐性失血的影响[J].深圳中西医结合杂志,2014,24(9):119-120.
- [19] Smith TO,Hing CB.Is a tourniquet beneficial in total knee replacement surgery? A meta - analysis and systematic review. Knee. 2010;17(2):141-147.
- [20] Douketis J.Apixaban reduced VTE and did not increase major bleeding compared with enoxaparin in hip replacement. Ann Intern Med. 2011;154(10):J05-J07.
- [21] Kelly EG,Cashman JP,Imran FH,et al.Systematic review and meta - analysis of closed suction drainage versus non - drainage in primary hip arthroplasty. Surg Technol Int. 2014;24(3):295-301.
- [22] 李军,荆珏华,史占军,等.利伐沙班对全髋关节置换术隐性出血影响的病例对照研究[J].中国骨伤,2014,27(1):34-37.
- [23] 王凯博.关节置换术后自体引流血液回输的安全性及有效性[J].科技信息,2012,15(15):450-451.
- [24] 窦亚栋,赵德伟,郭林,等.外侧入路小切口全髋关节置换治疗老年股骨颈骨折[J].湖南师范大学学报:医学版,2014,11(4):68-70.
- [25] 张晓强,高菲菲,王战朝,等.膝伤活血灵口服配合低分子肝素钙皮下注射对全髋关节置换术后隐性失血的影响[J].中医正骨,2014,26(4):23-25.
- [26] 郑明,林凤飞,林朝晖,等.不同材料假体人工全髋关节置换效果的临床观察[J].中国矫形外科杂志,2009,17(13):977-979.
- [27] Al-Hajjar M,Leslie IJ,Tipper J,et al.Effect of cup inclination angle during microseparation and rim loading on the wear of BIOLOX delta ceramic-on-ceramic total hip replacement. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2010;95(2):263-268.
- [28] Kim YH,Choi Y,Kim JS. Cementless total hip arthroplasty with ceramic-on-ceramic bearing in patients younger than 45 years with femoral-head osteonecrosis. Int Orthop. 2010;34(8):1123-1127.
- [29] 于德水,张元和,曹阳,等.Delta陶瓷人工假体在全髋关节置换术中的应用效果观察[J].山东医药,2012,52(10):36-38.
- [30] Schroder D,Bornstein L,Bostrom MP,et al.Ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty: incidence of instability and noise. Clin Orthop Relat Res. 2011;469(2):437-442.
- [31] 胡孔足.干骺端固定解剖型非骨水泥柄结合陶瓷对陶瓷全髋关节置换治疗30岁以下患者的临床结果[J].临床骨科杂志,2012,15(5):523.
- [32] Hannouche D,Zaoui A,Zadegan F,et al.Thirty years of experience with alumina-on-alumina bearings in total hip arthroplasty. Int Orthop. 2011;35(2):207-213.
- [33] 罗勤瑜,胡奕山,陈春雷,等.大头径陶瓷-陶瓷全髋关节置换的早期疗效[J].中国组织工程研究,2012,16(9):1559-1563.
- [34] Petsatodis GE,Papadopoulos PP,Papavasiliou KA,et al.Primary cementless total hip arthroplasty with an alumina ceramic-on-ceramic bearing: results after a minimum of twenty years of follow-up. J Bone Joint Surg Am. 2010;92(3):639-644.
- [35] 姚进.不同材料髋关节假体在髋关节置换中的应用[J].中国组织工程研究与临床康复,2011,15(17):3196-3198.
- [36] Lombardi AV Jr,Berend KR,Seng BE,et al.Delta ceramic-on-alumina ceramic articulation in primary THA: prospective,randomized FDA-IDE study and retrieval analysis. Clin Orthop Relat Res. 2010;468(2):367-374.
- [37] 张海宁,王英振,吕成昱.大直径陶瓷/陶瓷人工全髋关节置换治疗股骨头缺血坏死[J].中华关节外科杂志:电子版,2012,6(2):10-12.
- [38] 冯建民.全髋关节置换假体承重面的选择[J].中华临床医师杂志:电子版,2011,5(21):6204-6207.
- [39] 陈界文,翟文亮.全陶瓷关节假体在全髋关节置换术中的应用[J].中国中医骨伤科杂志,2011,19(6):67-69.
- [40] Chevillotte C,Pibarot V,Carret JP,et al.Nine years follow-up of 100 ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. Int Orthop. 2011;35(11):1599-1604.