

# 基于 CT 三维重建的激素性股骨头坏死患者 股骨头坏死组织分布研究



梁学振<sup>1</sup>, 刘光波<sup>2</sup>, 刘金豹<sup>1</sup>, 骆帝<sup>1</sup>, 许波<sup>1</sup>, 彭江<sup>2</sup>, 李刚<sup>1</sup>

1. 山东中医药大学第一临床医学院 (济南 250355)

2. 中国人民解放军总医院全军骨科研究所 (北京 100853)

**【摘要】** 目的 利用 CT 三维重建观察激素性股骨头坏死患者股骨头坏死组织体积及分布情况。方法 以 2016 年 9 月—2018 年 12 月收治并符合选择标准的 25 例激素性股骨头坏死患者为研究对象。男 22 例, 女 3 例; 年龄 20~63 岁, 平均 38.8 岁。股骨头坏死均为国际骨循环研究会 (ARCO) II 期; 病程 3~18 个月, 平均 9.2 个月。首先进行髋关节 CT 扫描, 采用 Mimics Research 21.0 软件三维重建股骨头并识别坏死组织; 然后利用 3-matic Research 13.0 软件将重建的股骨头分割为 8 个区域, 测算股骨头、坏死组织体积, 坏死组织体积比, 以及不同区域坏死组织分布情况。**结果** 股骨头三维数字模型显示坏死组织主要位于股骨头前上方, 坏死组织区域主要呈穹窿状。股骨头分区显示坏死组织主要集中于前上内区、前上外区与后上内区。25 例患者股骨头体积为 (48 399.52±9 408.90) mm<sup>3</sup>, 坏死组织体积为 (20 917.08±6 566.94) mm<sup>3</sup>, 坏死组织体积比为 44.75%±15.72%。不同区域坏死组织体积及体积比不一致, 其中前上内区、前上外区和后上内区较大。**结论** 基于 CT 三维重建能快速直观地评估股骨头坏死组织体积及分布情况。

**【关键词】** 激素性股骨头坏死; 三维重建; Mimics 软件; 分区

## Study on the distribution of necrotic tissue in steroid-induced osteonecrosis of femoral head patients based on three-dimensional reconstruction of CT

LIANG Xuezhen<sup>1</sup>, LIU Guangbo<sup>2</sup>, LIU Jinbao<sup>1</sup>, LUO Di<sup>1</sup>, XU Bo<sup>1</sup>, PENG Jiang<sup>2</sup>, LI Gang<sup>1</sup>

1. The First School of Clinical Medicine, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan Shandong, 250355, P.R.China

2. Department of Orthopedics, General Hospital of Chinese PLA, Beijing, 100853, P.R.China

Corresponding author: LI Gang, Email: sdszylg@163.com

**【Abstract】 Objective** To observe the volume and distribution of necrotic tissue of femoral head in steroid-induced osteonecrosis of femoral head (SONFH) patients by three-dimensional reconstruction of CT. **Methods** A clinical data of 25 patients with SONFH between September 2016 and December 2018 was analyzed. There were 22 males and 3 females, with an average age of 38.8 years (range, 20-63 years). The necrosis of the femoral head was in stage II of Association Research Circulation Osseous (ARCO). The disease duration ranged from 3 to 18 months, with an average of 9.2 months. A three-dimensional reconstruction with CT data of SONFH patients were performed by Mimics Research 21.0 software and the femoral head was segmented into eight regions by 3-matic Research 13.0 software. The volume of necrotic tissue of the femoral head and the volume rate of necrotic tissue to femoral head were calculated and the distribution was also analyzed. **Results** The three-dimensional digital model of the femoral head showed that the necrotic tissue of the femoral head was located above the anterior superior medial, and the area of the necrotic tissue was in a dome-like shape. The results showed that the necrotic tissue in the femoral head was mainly concentrated on the anterior superior internal area, the anterior superior outer area, and the posterior superior internal area. The volume of femoral head was (48 399.52±9 408.90) mm<sup>3</sup>, and the volume of necrotic tissue was (20 917.08±6 566.94) mm<sup>3</sup>, and the volume ratio of necrotic tissue to femoral head was 44.75%±15.72%. The proportion of necrotic volume in different regions was different, and the necrotic tissues were mainly distributed in the anterior superior internal area, the anterior

DOI: 10.7507/1002-1892.201906065

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81774333、81572148)

通信作者: 李刚, Email: sdszylg@163.com

superior outer area, and the posterior superior internal area. **Conclusion** The volume and distribution of necrotic tissue in femoral head can be evaluated quickly and intuitively by three-dimensional reconstruction of CT in Mimics software.

**【Key words】** Steroid induced osteonecrosis of femoral head; three-dimensional reconstruction; Mimics software; distribution

**Foundation items:** National Natural Science Foundation of China (81774333, 81572148)

激素性股骨头坏死骨科常见,早期以骨小梁病理性改变为主,患者临床症状表现多不明显;随着疾病的进展,股骨头出现局部硬化和囊性变,甚至塌陷、变形,才会出现疼痛症状,导致错过了最佳治疗时间<sup>[1-3]</sup>。我国一项针对15岁及以上普通人群的全国代表性调查结果显示,每年被诊断为非创伤性股骨头坏死者约812万例,其中55.75%女性患者和26.35%男性患者是由应用糖皮质激素引起<sup>[4]</sup>。因此,早期快速、准确的影像学诊断与定位对此类患者的治疗具有重要意义。

髓芯减压术是治疗股骨头坏死的重要手段,但文献报道的治疗效果不一致,分析与病例纳入和手术定位及技巧有关<sup>[5-6]</sup>。因此,准确了解股骨头坏死组织体积及分布有利于提高髓芯减压术疗效。目前,关于激素性股骨头坏死患者股骨头坏死区域分布的研究较少<sup>[7]</sup>。X线片及CT扫描检查能确诊股骨头坏死及显示股骨头形态、间隙及密度等,但不能准确提供坏死区分布及体积等具体信息,同时股骨头坏死组织图像缺乏立体感,不能很好地指导手术。基于Mimics软件的三维数字模型构建是简单易行的三维重建手段,可以依靠不同的解剖标志自定义坐标系对患者MRI或CT原始数据进行组织重建,不受原始拍摄定位像的影响,在骨科领域中发挥积极作用。本研究采用Mimics软件对激素性股骨头坏死患者CT图像进行三维重建,研究股骨头坏死组织体积及分布,为医师掌握股骨头坏死组织结构特点提供参考。报告如下。

## 1 临床资料

### 1.1 研究对象及选择标准

以2016年9月-2018年12月于山东中医药大学附属医院或中国人民解放军总医院就诊的激素性股骨头坏死患者为研究对象。纳入标准:①符合成人股骨头坏死诊疗标准专家共识(2012年版)的诊断标准,按照国际骨循环研究会(ARCO)分期标准为II期;②CT检查资料完整。排除标准:存在髋关节肿瘤或结核、色素沉着绒毛结节性滑膜炎、化脓性关节炎、类风湿关节炎、骨关节炎等影响坏死区判断患者。

共25例患者符合选择标准纳入研究,其中男22例,女3例;年龄20~63岁,平均38.8岁。股骨头坏死病程3~18个月,平均9.2个月。其中左髋16例,右髋25例。

### 1.2 观测方法

**1.2.1 股骨头三维数字模型构建** 采用320排CT(Aquilion ONE; Toshiba公司,日本)行髋关节CT扫描,获得完整髋关节影像学数据。患者取仰卧位、髋关节中立位,扫描范围:股骨头顶端至小转子下方2cm,扫描条件:层厚1mm、螺距4.5mm、电压100kV、电流50mA、窗宽2000HU、窗位125HU、矩阵512×512。

将CT扫描获得的影像学数据以Dicom格式保存,采用Mimics Research 21.0软件(Materialise公司,比利时)对股骨近端及股骨头坏死区域进行三维重建,股骨头坏死组织范围由1名临床医师确定。具体方法:于冠状面对股骨头骨组织与坏死组织进行分层识别和分割,并以不同颜色进行标识(图1)。然后在同一参数下,对股骨近端骨组织与股骨头坏死组织分别进行三维重建。

**1.2.2 股骨头坏死组织分区及体积测量** ①分区方法:将股骨近端骨组织及坏死组织三维数字模型导入3-matic Research 13.0软件(Materialise公司,比利时),以头颈交界处为界限分割股骨头,将股骨头拟合为球体,确定最佳拟合球体的球心;定义通过圆韧带凹陷处中点、股骨矩中点及球心三点的面为股骨头冠状面,同时通过圆韧带凹陷处中点和球心且垂直于股骨头冠状面的面确定为股骨头

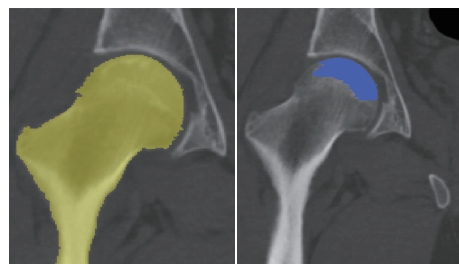


图1 采用Mimics Research 21.0软件标识股骨头骨组织(黄色)和坏死组织(蓝色)

Fig.1 The bone (yellow) and necrotic tissue (blue) of femoral head identified by Mimics Research 21.0 software

横截面,通过球心且同时垂直于股骨头冠状面和横截面的面为股骨头矢状面;上述相互垂直的三维截面将整个股骨头分为 8 个不同区域(图 2)。

② 股骨头体积测量: 3-matic Research 13.0 软件自动测量股骨头、坏死组织体积,计算坏死组织占整个股骨头体积百分比(坏死组织体积比),表示坏死组织病变程度。依据上述分区方法对股骨头坏死组织进行切割,测量不同区域坏死组织体积,计算各区域坏死组织占股骨头坏死总体积百分比(区域坏死组织体积比)。

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS19.0 统计软件进行分析,计量资料以均数±标准差表示。

## 2 结果

股骨头三维数字模型显示坏死组织主要位于股骨头前上方,与临床常见的股骨头坏死区域基本保持一致;坏死组织区域主要呈穹窿状。见图 3。股骨头分区显示,坏死组织主要集中于前上内区、前上外区与后上内区。见图 4。

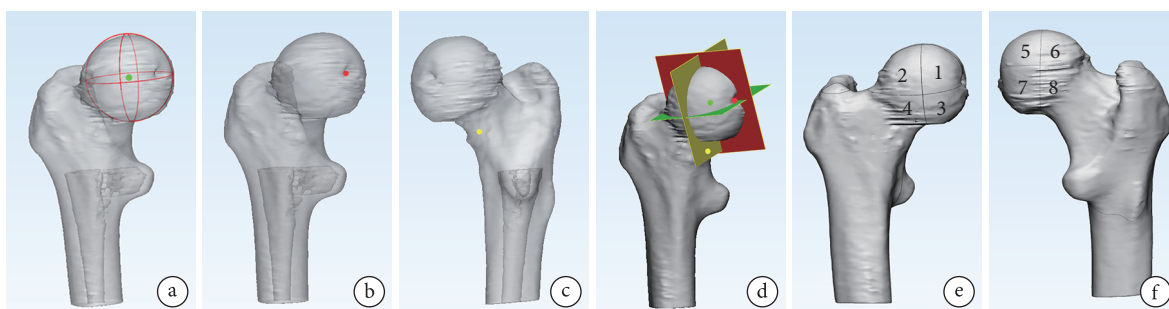


图 2 股骨头分区示意图 a. 股骨头球心; b. 股骨头圆韧带中心; c. 股骨矩中心; d. 股骨头分区整体观; e. 股骨头分区前面观 1: 前上内区 2: 前上外区 3: 前下内区 4: 前下外区; f. 股骨头分区的后面观 5: 后上内区 6: 后上外区 7: 后下内区 8: 后下外区

Fig.2 Schematic diagram of eight regions of femoral head a. Center of femoral head; b. Center of round ligament of the femoral head; c. Center of femoral calcar; d. The whole view of the division of the femoral head; e. Anterior view of the division of the femoral head 1: Anterior superior internal area 2: Anterior superior outer area 3: Anterior inferior internal area 4: Anterior inferior outer area; f. Posterior view of the division of the femoral head 5: Posterior superior internal area 6: Posterior superior outer area 7: Posterior inferior internal area 8: Posterior inferior outer area

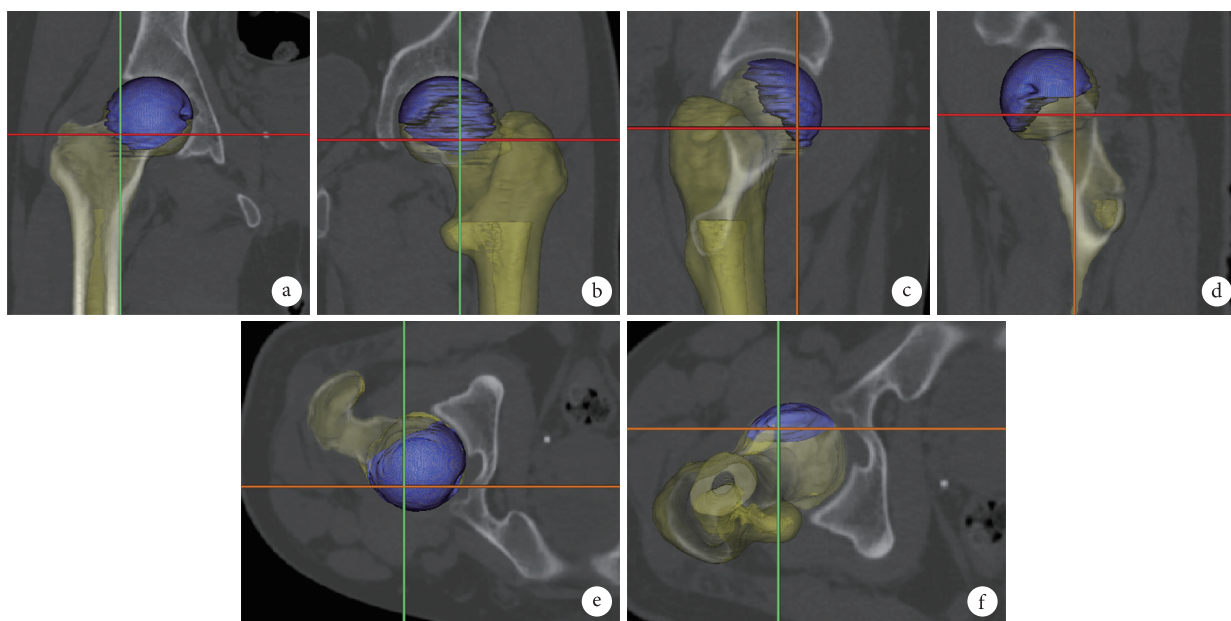


图 3 股骨头三维数字模型重建 黄色区域为股骨头骨组织,蓝色区域为股骨头坏死组织 a. 前面观; b. 后面观; c. 右侧观; d. 左侧观; e. 上面观; f. 下面观

Fig.3 Reconstruction of three-dimensional digital model of femoral head The yellow area for bone tissue of the femoral head, and the blue area for the necrotic tissue of the femoral head a. Front view; b. Back view; c. Right view; d. Left view; e. Top view; f. Bottom view

患者股骨头体积为 (48 399.52±9 408.90) mm<sup>3</sup>, 坏死组织体积为 (20 917.08±6 566.94) mm<sup>3</sup>, 坏死组织体积比为 44.75%±15.72%。不同区域坏死组织体积及体积比见表 1 及图 5, 其中前上内区、前上外区和后上内区较大, 与三维数字模型显示结果一致。

### 3 讨论

随着影像学技术的发展, CT 和 MRI 的应用提高了激素性股骨头坏死的检出率, 降低了漏诊率和假阳性率, 是目前早期诊断激素性股骨头坏死的重要影像学手段<sup>[8-10]</sup>。MRI 能显示坏死早期股骨头修复反应和骨髓水肿现象, 与 CT 相比能更全面反映疾病病理生理信息, 其检出率、敏感性和准确率更高<sup>[11]</sup>。但 CT 分辨率更高, 有利于更好地分层诊断, 对于股骨头内骨小梁、硬化带等骨组织的诊断和显现更准确, 尤其是通过三维重建技术可以更准确、直观地计算股骨头坏死组织的体积及分布情况<sup>[12]</sup>。为此, 本研究采用 Mimics 软件基于 CT 扫描图像构建股骨头三维数字模型, 构建的模型能实现各个方向任意旋转和独立分割, 有利于全面评估股骨头坏死组织体积及分布。

像素是组织对射线吸收和衰减能力的反映, 可通过像素的差异识别不同组织边界。基于此, 采用影像学分割技术可以对股骨头不同组织进行分割。本研究利用 Mimics 软件, 依据形变曲面法和区域生长法, 通过股骨头骨组织和坏死组织不同的灰度值构建股骨头和坏死组织三维模型, 还依靠不同解剖标志完成坐标系的构建和不同区域的划分, 为更准确地分析股骨头坏死组织在不同分区的分布情况提供全面信息<sup>[13-15]</sup>。

Lieberman 等<sup>[16]</sup>的研究表明坏死组织占股骨头负重区的比例不高于 1/3 时, 手术失败率较低。因此, 明确股骨头坏死组织体积对于股骨头塌陷发生

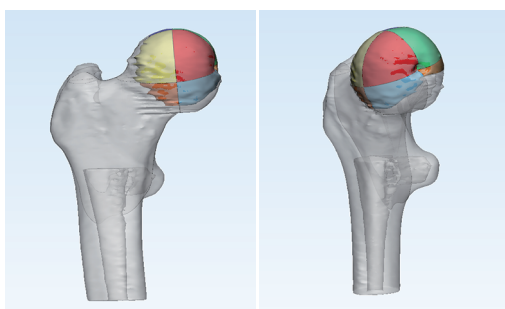


图 4 股骨头坏死组织分区分布模型

Fig.4 The model of regional distribution of necrotic tissue in the femoral head

表 1 股骨头不同区域坏死组织体积及体积比 (n=25,  $\bar{x}\pm s$ )

Tab.1 The volume and volume ratio of necrotic tissue in different regions of the femoral head (n=25,  $\bar{x}\pm s$ )

分区 Division	坏死组织体积 (mm <sup>3</sup> ) The volume of necrotic tissue (mm <sup>3</sup> )	坏死组织体积比 (%) The volume ratio of necrotic tissue (%)
前上内区 Anterior superior internal area	4 461.00±1 282.17	22.90±8.32
前上外区 Anterior superior outer area	4 119.96±1 538.50	20.72±7.29
前下内区 Anterior inferior internal area	2 833.16±152.94	12.98±6.62
前下外区 Anterior inferior outer area	1 383.36±1 268.22	5.97±5.22
后上内区 Posterior superior internal area	3 887.52±1 870.28	18.38±6.32
后上外区 Posterior superior outer area	2 253.00±1 625.65	10.90±7.73
后下内区 Posterior inferior internal area	1 682.88±1 617.51	6.95±6.45
后下外区 Posterior inferior outer area	296.20±449.99	1.21±1.83

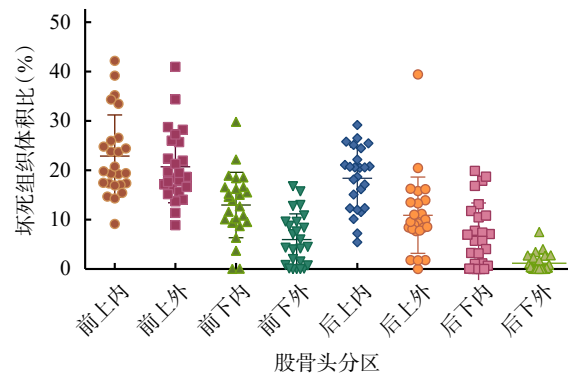


图 5 股骨头各区域坏死组织体积比

Fig.5 The volume ratio of necrotic tissue in the femoral head

的预测、治疗方案的制定和预后评估具有重要作用。Sugano 等<sup>[17-19]</sup>结合 Ohzono 分型计算坏死区在髋关节正侧位的坏死区面积, 反映坏死区在三维结构中的表现, 提高了塌陷率预测的准确性。Song 等<sup>[20]</sup>基于 MRI 图像测量股骨头坏死患者股骨头直径及坏死组织长度, 利用规则图形体积计算公式估计坏死组织所占比例。此方法虽然是在三维立体结构计算坏死组织范围, 但考虑到坏死组织多为不规则形, 计算结果仍存在一定误差。Malizos 等<sup>[21]</sup>运用 MRI 设备直接描绘冠状位坏死区域, 结合扫描

层厚和层间距精确计算坏死组织体积,实现三维结构构建,但操作较为复杂、必须依靠扫描设备。本研究基于 Mimics 软件利用 CT 图像,手工选择股骨头正常组织和坏死组织的边界后进行三维重建,以圆韧带中心、股骨矩中心和股骨头球心确定三维坐标,不仅保证了股骨头位置和角度不随患者体位改变,而且借助软件能快速、准确地计算坏死组织体积及其占股骨头百分比,直观地观察股骨头坏死组织的形状及位置,为治疗方案的制定提供数据支持,更方便临床应用。

除股骨头坏死组织体积影响股骨头塌陷外,坏死区的分布状态对疾病的进程也具有重要意义<sup>[22]</sup>。Nishii 等<sup>[23]</sup>对早期未塌陷的股骨头滑脱患者进行 2 年随访,利用三维重建 MRI 图像分析坏死组织分布与体积,多元回归分析体积和分布与塌陷的相关性,结果表明若坏死组织体积占股骨头总体积比例高于 30% 时,塌陷风险大;低于 30% 时,塌陷风险还取决于坏死组织重心的位置。

传统股骨头分区方法主要依赖其是否位于负重区,然后根据冠状面坏死组织与髓白的覆盖关系分为内侧型、中央型、外侧型,其中外侧负重区为股骨头坏死的好发部位<sup>[24-27]</sup>。但此分类方法过于简单、包含信息较少。为了更准确客观地描述股骨头坏死组织分布情况,越来越多学者开始研究基于股骨头三维模型的分区方法。Malizos 等<sup>[21]</sup>以 MRI 三维数字模型中冠状面、矢状面和横截面为基础进行图像平面分割,将股骨头划分为前上内区、前上外区、前下内区、前下外区、后上内区、后上外区、后下内区和后下外区共 8 个分区,更准确客观地描述坏死组织的位置情况。本研究参照上述分割方式进行分区,结果显示坏死组织主要集中在股骨头前上内区、前上外区和后上内区,约占全部坏死组织的 60%,所得坏死组织的体积比例及分布情况与 Nishii 等<sup>[23]</sup>、Hernigou 等<sup>[28]</sup>及 Bassounas 等<sup>[29]</sup>的研究结果类似。

本研究通过 CT 三维数字模型重建分析实现了股骨头坏死组织体积和分布情况的计算和评估,但存在一定不足和限制。第一,本研究纳入患者均为 ARCO II 期激素性股骨头坏死患者,且要求具有完整的 CT 资料,因此样本较少;第二,虽坏死组织范围由同一有经验的骨科临床医师确定,但 CT 扫描非同一技师完成,扫描采集位置及参数稍有差异,存在主观误差。

综上所述,采用 Mimics 软件进行 CT 图像三维重建,不仅能构建股骨头坏死组织立体结构,而且能

精确计算股骨头坏死组织体积及不同区域分布情况,为临床理解股骨头坏死组织的结构特点提供数据支持。

**作者贡献:**梁学振负责论文撰写、数据收集及科研设计、实施;刘光波负责数据收集及统计分析;刘金豹、骆帝、许波负责数据收集整理;彭江、李刚负责科研设计、统计分析、文章修改。

**利益冲突:**所有作者声明,在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。课题经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

**机构伦理问题:**研究方案经中国人民解放军总医院医学伦理委员会批准(伦审第 S2019-019-01 号)。

#### 参考文献

- Pouya F, Kerachian MA. Avascular necrosis of the femoral head: are any genes involved? *Arch Bone Jt Surg*, 2015, 3(3): 149-155.
- 魏秋实, 杨帆, 陈晓俊, 等. 激素性与酒精性股骨头坏死患者骨标本坏死区域病理与显微结构特点分析. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32(7): 866-872.
- Silva LL, Castelar M, Matos MA. Quality of life in pediatric patients with avascular necrosis of the femoral head. *Ortop Traumatol Rehabil*, 2016, 18(5): 445-449.
- Zhao DW, Yu M, Hu K, *et al*. Prevalence of nontraumatic osteonecrosis of the femoral head and its associated risk factors in the Chinese population: results from a nationally representative survey. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(21): 2843-2850.
- 刘宏滨, 赵汉青, 史跃, 等. 股骨头坏死区三维数字化模型建立及体积估算. *中国组织工程研究*, 2016, 20(44): 6629-6635.
- 赵德伟, 谢辉. 成人股骨头坏死保髋手术治疗的策略及探讨. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32(7): 792-797.
- Gou WL, Lu Q, Wang X, *et al*. Key pathway to prevent the collapse of femoral head in osteonecrosis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2015, 19(15): 2766-2774.
- 郭红斌. CT 和核磁共振诊断股骨头坏死的临床价值对比分析. *实用中西医结合临床*, 2017, 17(8): 98-99.
- 岳栋. CT 与核磁共振诊断股骨头坏死患者临床效果对比分析. *中西医结合心血管病电子杂志*, 2017, 5(16): 93-94.
- 崔洪涛, 李志刚. 探讨 CT 与核磁共振用于股骨头坏死患者诊断中的临床效果. *现代医用影像学*, 2016, 25(3): 568-569.
- 李成录. 探讨股骨头坏死患者 CT 与核磁共振的临床诊断价值. *中外医疗*, 2017, 36(7): 183-184.
- 王文兵. 股骨头坏死患者 CT 与核磁共振诊断的比较研究. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2012, 10(6): 102-103.
- Hansen BJ, Harris MD, Anderson LA, *et al*. Correlation between radiographic measures of acetabular morphology with 3D femoral head coverage in patients with acetabular retroversion. *Acta Orthop*, 2012, 83(3): 233-239.
- Van de Velde J, Bogaert S, Vandemaele P, *et al*. Brachial plexus 3D reconstruction from MRI with dissection validation: a baseline study for clinical applications. *Surg Radiol Anat*, 2016, 38(2): 229-236.
- Yang Z, Guo Z. A three-dimensional digital atlas of the dura mater based on human head MRI. *Brain Res*, 2015, 1602: 160-167.

- 16 Lieberman JR, Engstrom SM, Meneghini RM, *et al.* Which factors influence preservation of the osteonecrotic femoral head? *Clin Orthop Relat Res*, 2012, 470(2): 525-534.
- 17 Sugano N, Takaoka K, Ohzono K, *et al.* Prognostication of nontraumatic avascular necrosis of the femoral head. Significance of location and size of the necrotic lesion. *Clin Orthop Relat Res*, 1994, (303): 155-164.
- 18 Sugano N, Ohzono K, Masuhara K, *et al.* Prognostication of osteonecrosis of the femoral head in patients with systemic lupus erythematosus by magnetic resonance imaging. *Clin Orthop Relat Res*, 1994, (305): 190-199.
- 19 Sugano N, Atsumi T, Ohzono K, *et al.* The 2001 revised criteria for diagnosis, classification, and staging of idiopathic osteonecrosis of the femoral head. *J Orthop Sci*, 2002, 7(5): 601-605.
- 20 Song WS, Yoo JJ, Kim YM, *et al.* Results of multiple drilling compared with those of conventional methods of core decompression. *Clin Orthop Relat Res*, 2007, (454): 139-146.
- 21 Malizos KN, Siafakas MS, Fotiadis DI, *et al.* An MRI-based semiautomated volumetric quantification of hip osteonecrosis. *Skeletal Radiol*, 2001, 30(12): 686-693.
- 22 刘光波, 卢强, 全琦, 等. 股骨头骨坏死塌陷预测研究进展. *解放军医学院学报*, 2018, 39(9): 814-818.
- 23 Nishii T, Sugano N, Ohzono K, *et al.* Significance of lesion size and location in the prediction of collapse of osteonecrosis of the femoral head: a new three-dimensional quantification using magnetic resonance imaging. *J Orthop Res*, 2002, 20(1): 130-136.
- 24 Takao M, Sugano N, Nishii T, *et al.* Longitudinal quantitative evaluation of lesion size change in femoral head osteonecrosis using three-dimensional magnetic resonance imaging and image registration. *J Orthop Res*, 2006, 24(6): 1231-1239.
- 25 Yoon TR, Song EK, Rowe SM, *et al.* Failure after core decompression in osteonecrosis of the femoral head. *Int Orthop*, 2001, 24(6): 316-318.
- 26 史振才, 李子荣, 孙伟, 等. 计算机处理 MR 图像股骨头坏死体积测定与初步力学测验. *中华放射学杂志*, 2006, 40(3): 288-292.
- 27 刘予豪, 周驰, 陈雷雷, 等. 基于股骨头坏死围塌陷期理论的保髋术式总结. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31(8): 1010-1015.
- 28 Hernigou P, Lambotte JC. Volumetric analysis of osteonecrosis of the femur. Anatomical correlation using MRI. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2011, 83(5): 672-675.
- 29 Bassounas AE, Karantanas AH, Fotiadis DI, *et al.* Femoral head osteonecrosis: volumetric MRI assessment and outcome. *Eur J Radiol*, 2007, 63(1): 10-15.

收稿日期: 2019-06-17 修回日期: 2019-11-08

本文编辑: 刘丹