

股骨头坏死“三部失效”塌陷机制假说与保存自身髋关节的新理念

庞智晖¹, 唐立明², 樊粤光², 葛辉¹, 李鹏飞¹, 郭富明¹, 何伟², 王海彬¹(¹广州中医药大学国家重点学科中医骨伤科学数字骨科与计算生物力学实验室, 广东省广州市 510405; ²广州中医药大学第一附属医院全国中医髋关节病重点专科, 广东省广州市 510405)

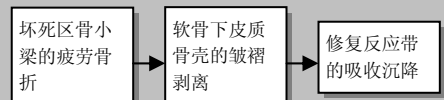
引用本文: 庞智晖, 唐立明, 樊粤光, 葛辉, 李鹏飞, 郭富明, 何伟, 王海彬. 股骨头坏死“三部失效”塌陷机制假说与保存自身髋关节的新理念[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(46):6950-6955.

DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.46.015 ORCID: 0000-0002-9492-2764(樊粤光)

文章快速阅读:

股骨头坏死“三部失效”塌陷机制假说及应用

股骨头坏死“三部失效”塌陷机制假说



维稳修复的保存自身髋关节新理念和旨在重建股骨头前外侧柱的保髋新术式

庞智晖, 男, 1972年生, 广东省广州市人, 汉族, 博士, 主要从事股骨头坏死、数字骨科和计算生物力学研究。

通讯作者: 樊粤光, 教授, 博士生导师, 广州中医药大学第一附属医院全国中医髋关节病重点专科, 广东省广州市 510405

文题释义:

股骨头坏死塌陷: 一旦股骨头发生塌陷将导致负重区软骨不可逆损害, 骨性关节炎不可避免, 最终不得不行人工髋关节置换。塌陷是股骨头坏死的分水岭, 所以理解塌陷的机制至关重要。股骨头坏死塌陷率为44%-79%, 约50%患者从诊断至塌陷时间低于2年。股骨头坏死自然病史表明, 并非所有的坏死股骨头都会塌陷。对塌陷风险较小的病例, 可采取非手术治疗和临床随访, 避免过度治疗; 对塌陷风险较高的病例, 在塌陷前期及时采取有效的保髋治疗, 疗效明显较优。

保存自身髋关节: 简称保髋, 是相对于人工关节置换而言的概念。保髋是公认的治疗目标, 并且诸多学者提出过诸多的实践方法, 但保髋治疗有较高的失败率, 主要的原因是临床中缺乏塌陷机制的认识, 缺乏有效预测塌陷风险和防治塌陷的方法。

股骨头坏死“三部失效”塌陷机制假说: 坏死区骨小梁的疲劳骨折、软骨下皮质骨壳的皱褶剥离和修复反应带的吸收沉降。基于“三部失效”塌陷机制学说的保髋新术式不但能够重建股骨头前外侧柱的形态, 还能够重建有效的载荷传递通道并具有全程生物力学稳定性。

摘要

背景: 股骨头坏死的临床保髋疗效仍不尽如人意。

目的: 分析股骨头坏死塌陷的机制, 指出其改进的方向。

方法: 根据作者所在团队近5年的系列研究, 率先提出了股骨头坏死“三部失效”塌陷机制假说, 并从生物力学、病理学和临床应用3方面进行验证。

结果与结论: 提出了维稳修复的保存自身髋关节新理念和旨在重建股骨头前外侧柱的保髋新术式, 短期疗效优良, 显示其中远期临床疗效和作用机制值得期待和深入研究。

关键词:

组织构建; 骨组织工程; 股骨头坏死; 塌陷机制; 保存自身髋关节; 治疗原则; 生物力学; 病理学; 临床应用; 维稳修复; 广东省自然科学基金

主题词:

股骨头; 髋关节; 组织工程

基金资助:

广东省自然科学基金(面上项目)(S2013010011992); 广东省自然科学基金(博士启动)(S2014A030310214), 广东省科技计划项目(粤科函规财字(2014)807号)

中图分类号: R318

文献标识码: B

文章编号: 2095-4344

(2016)46-06950-06

稿件接受: 2016-08-29

Pang Zhi-hui, M.D.,
Department of Digital
Orthopaedic and
Biomechanics Laboratory
of National Key Discipline
Orthopaedic and
Traumatology of Chinese
Medicine, Guangzhou
University of Chinese
Medicine, Guangzhou
510405, Guangdong
Province, China

Corresponding author:
Fan Yue-guang, Professor,
Doctoral supervisor,
National Chinese Medicine
Key Specialist of Hip
Disease, the First Affiliated
Hospital, Guangzhou
University of Chinese
Medicine, Guangzhou
510405, Guangdong
Province, China

Three-part failure collapse mechanism hypothesis and new concept for preserving hip joint after osteonecrosis of the femoral head

Pang Zhi-hui¹, Tang Li-ming², Fan Yue-guang², Ge Hui¹, Li Peng-fei¹, Guo Fu-ming¹, He Wei², Wang Hai-bin¹ (¹Department of Digital Orthopaedic and Biomechanics Laboratory of National Key Discipline Orthopaedic and Traumatology of Chinese Medicine, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405, Guangdong Province, China; ²National Chinese Medicine Key Specialist of Hip Disease, the First Affiliated Hospital, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405, Guangdong Province, China)

Abstract

BACKGROUND: Unsatisfactory clinical efficacy of hip-preserving treatment after osteonecrosis of the femoral head is unavoidable.

OBJECTIVE: To reveal the collapse mechanism of osteonecrosis of the femoral head, and then point out the direction for improvement.

METHODS: We put up with three-part failure collapse mechanism hypothesis of osteonecrosis of the femoral head for the first time according to a series of studies by our research team in recent 5 years, paralleling with preliminary verification from three aspects of biomechanics, pathology and clinical application.

RESULTS AND CONCLUSION: New concept of maintaining stability and promoting repair for hip preservation and new surgical procedures aiming at the reconstruction of femoral head anterior lateral columns are well presented, and good short-term effects have been achieved. These results show that the mid-long-term clinical curative effect and mechanism of action are worthy of further study.

Subject headings: Femur Head; Hip Joint; Tissue Engineering

Funding: the Natural Science Foundation of Guangdong Province (General Program), No. S2013010011992; the Natural Science Foundation of Guangdong Province (Doctor Start), No. S2014A030310214; the Science and Technology Project of Guangdong Province, No. (2014)807

Cite this article: Pang ZH, Tang LM, Fan YG, Ge H, Li PF, Guo FM, He W, Wang HB. Three-part failure collapse mechanism hypothesis and new concept for preserving hip joint after osteonecrosis of the femoral head. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2016;20(46):6950-6955.

0 引言 Introduction

股骨头坏死好发于20-50岁, 平均36岁^[1], 其自然病史为坏死-修复-塌陷-骨关节炎(图1)。股骨头坏死的塌陷率非常高, 约80%未经治疗的患者在发病1-4年内会发生塌陷^[2-3], 约87%的患者从塌陷开始到需行全髋置换仅为2年^[3]。因此, 股骨头坏死是青壮年常见的髋关节致残性疾病^[4], 被称为“不死的癌症”。

尽管全髋关节置换已经取得了长足的进步, 但无法确保年轻患者可以终身使用, 患者可能要面临多次翻修^[5-7]。因此, 全髋关节置换只能当作治疗股骨头坏死的终极手段, 保留自身髋关节(简称保髋)仍是目前公认的治疗目标; 以清除死骨、替代植骨和重建血供为主要目标的手术仍是现今的主要保髋方法(图2), 但保髋治疗往往因为股骨头塌陷而有较高的失败率, 保髋疗效仍然不尽如人意^[8-9]。

这是为什么呢? 这要从股骨头坏死的塌陷机制说起, 目前明确的塌陷机制仍未被阐明, 但公认与生物学和生物力学两大因素相关^[10-11], 然而目前大多数股骨头坏死临床保髋研究都偏重于生物学因素, 对生

物力学因素缺乏足够的重视和全面的认识。保髋手术疗效不确切的主要原因在于在理论上对塌陷机制缺乏全面认识, 在实践中缺乏有效重建股骨头内部生物力学稳定和保障坏死区有效生物学修复的方法^[9]。

因此, 要进一步提高股骨头坏死的保髋疗效, 就必须深入研究其塌陷机制, 在此基础上改良现今的保髋方法, 在股骨头内部重建安全的承重结构, 从而为病变的股骨头提供一个更有利的生物力学环境, 使其安全度过生物学修复过程, 有效防治股骨头塌陷。

1 股骨头坏死三部失效塌陷机制假说的提出 Proposal of the three-part failure collapse mechanism hypothesis after osteonecrosis of the femoral head

近5年来作者所在团队进行了股骨头坏死塌陷机制的系列研究, 包括2011年教育部的ARCO II期非创性股骨头坏死生物力学特性的数字化表达和临床应用、2011年广东省科技厅的个体化股骨头坏死塌陷风险预测和最优保髋方案的数字化研究与临床应用、



图1 股骨头坏死的自然病史
图注: 图中 A 为坏死; B 为修复; C 为塌陷; D 为骨关节炎; E 为关节置换。

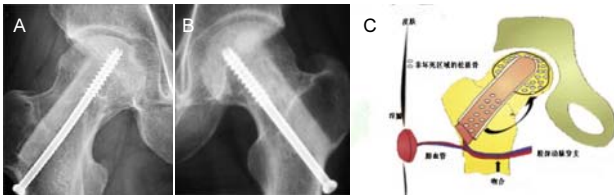


图2 股骨头塌陷的主要手术治疗方法

图注: 图中 A, B 为改良减压、打压植骨、骨段支撑的影像图; C 为改良减压、打压植骨、吻合血管的腓骨移植。

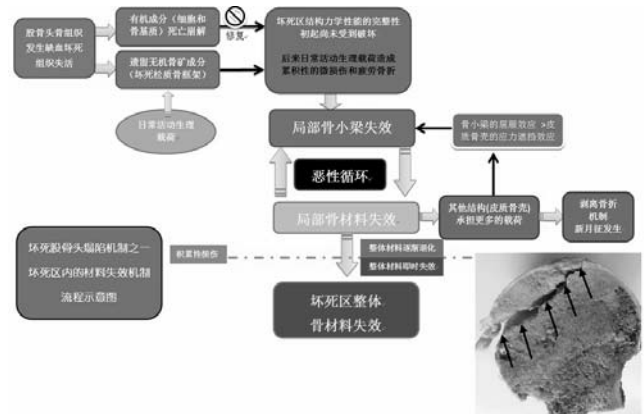


图3 股骨头坏死三部失效塌陷机制学说之一坏死区骨小梁的疲劳骨折

图注: 随着活动载荷引起的微损伤的累积, 坏死区内无修复能力的骨小梁逐渐发生疲劳骨折。

抵消残留的无修复能力的坏死骨小梁所承受的载荷时, 坏死骨小梁会继续屈服和失效, 也就是骨小梁微骨折将继续扩大。

2.2 软骨下皮质骨壳的皱褶和剥离(图4) 当坏死区骨小梁的微骨折累积并扩展时, 一方面引起坏死区出现肉眼可见的显性骨折; 另一方面由于应力遮挡效应, 使软骨下皮质骨壳承担更多的载荷, 并出现应力集中, 当这样的病理载荷和应力集中反复作用, 超过皮质骨壳的载荷极限时, 还会导致皮质骨壳的皱褶或者剥离, 这时根据破裂力学原理, 应变能密度将是一个很好的风险评价指标。

2.3 修复反应带的吸收沉降(图5) 坏死发生后的短时间内(两到三周), 机体就在坏死区-活骨区边界启动了修复反应, 因此这个区域又被称为修复反应带, 随着新生血管的长入和活性细胞的导入, 修复反应带启动了骨重建的进程, 一方面骨吸收增加, 但另一方面由于应力遮挡效应导致骨形成不足, 两方面作用导致修复反应带的局部结构完整性和强度都降低; 在边界应力集中的损害下, 该局部结构发生屈服和失效, 即边界区发生骨折和层状压缩, 层状压缩一方面造成坏死区整体性沉降, 另一方面造成边界区硬化带形成。边界区骨折、坏死区整体性沉降和硬化带的形成意味着坏死区的被隔绝和修复反应的停滞。

从理论上讲上述3种机制之间互相竞争启动塌

2011年广东省自然的特定个体数字化股骨头坏死三维有限元模型的建立及验证、2013年广东省自然的股骨头坏死“三部失效”塌陷机制假说的实验和临床研究和2014年广东省自然的Sugano分型载荷传递模式的计算生物力学研究, 发表了相关论文。通过上述系列研究^[12-14], 作者所在团队率先提出了股骨头坏死“三部失效”塌陷机制假说, 即坏死区骨小梁的疲劳骨折、软骨下皮质骨壳的皱褶剥离和修复反应带的吸收沉降是塌陷的3种主要机制, 并从生物力学、病理学和临床应用三方面进行了初步验证。

2 股骨头坏死“三部失效”塌陷机制学说的内涵 Connotation of the three-part failure collapse mechanism hypothesis after osteonecrosis of the femoral head

2.1 坏死区骨小梁的疲劳骨折(图3) 坏死发生后区内的有机成分(细胞和骨基质)死亡崩解, 残留无机骨矿成分; 这使得区内的骨重建能力丧失, 但由于骨矿成分的存在, 早期坏死区的结构力学性能并没有受到太大的破坏; 随着日常活动载荷引起的微损伤的累积, 坏死区内无修复能力的骨小梁逐渐发生疲劳骨折。当这些微骨折累积并扩展时, 一方面引起更大范围的骨小梁骨折, 出现肉眼可见的显性骨折; 另一方面由于骨小梁应力性损伤甚至断裂, 传递来自股骨头表面载荷的能力降低甚至丧失, 使得其他结构承担更多的载荷(应力遮挡效应), 并出现应力集中, 当这样的病理载荷和应力集中反复作用, 超过皮质骨壳的载荷极限时, 还会导致皮质骨壳的皱褶或者剥离。与此同时, 如果皮质骨壳的应力遮挡效应所带来的好处不足以

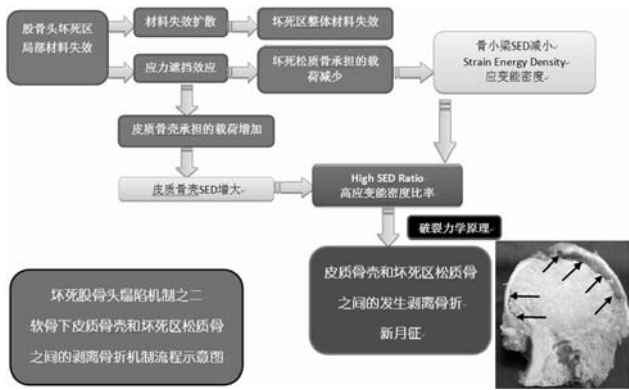


图4 股骨头坏死三部失效塌陷机制学说之二软骨下皮质骨壳的皱褶和剥离

图注: 应力遮挡效应, 使软骨下皮质骨壳承担更多的载荷, 并出现应力集中, 当这样的病理载荷和应力集中反复作用, 超过皮质骨壳的载荷极限时, 还会导致皮质骨壳的皱褶或者剥离。

陷进程, 恶性循环加速塌陷进程, 最终导致股骨头整体塌陷; 但临床实践中更常见的是坏死区骨小梁的疲劳骨折和软骨下皮质骨壳的皱褶剥离在早期就出现, 修复反应带的吸收沉降通常在疾病的中晚期才发生, 文章虽然初步从生物力学和病理学两个方面进行了验证, 但仍需要进一步深入研究和验证。

3 基于三部失效塌陷机制学说的保髋新理念及其初步临床应用 New concept for hip preservation based on the three-part failure collapse mechanism hypothesis and its primary clinical application

基于三部失效塌陷机制作者所在团队提出保髋新理念: “维稳修复”。维稳, 即维持“三部”稳定(坏死区、软骨下骨、修复反应带), 在股骨头内部重建安全的承重结构和载荷传递通道, 为坏死区的修复提供稳定的生物力学环境, 使其安全度过生物学修复过程。修复, 即重建坏死区的血供通道, 保障其修复持续和完全。维稳是修复的前提和保障, 修复是维稳的最终目的, 如此相辅相成才能最终有效防治塌陷, 切实提高股骨头坏死围塌陷期的保髋疗效。

除了理论创新, 还要实践创新才能提高保髋疗效。为此, 术前要考虑坏死的分期(ARCO)和分型(正蛙位分型^[15-16]); 要考虑患者的年龄、关节功能、职业等因素; 还要细致分析正蛙位片、CT和MRI以了解围塌陷期股骨头内部的生物力学特性(塌陷前头内稳定与否, 塌陷后的塌陷类型: 包容型、开放型、损毁型^[17]); 如此才能准确把握正确的保髋路线图和适应症^[17]。术中要采用切实有效的手段妥善解决以下3

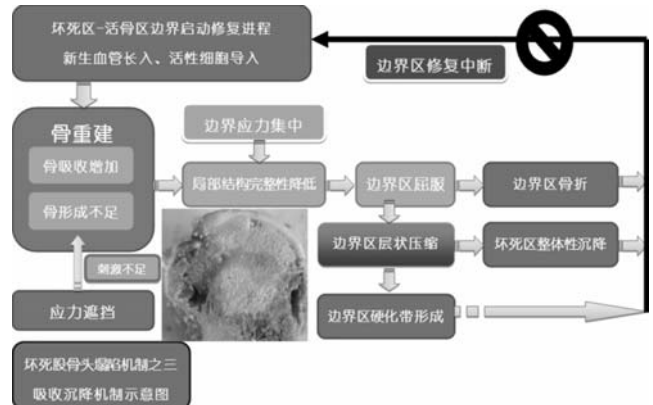


图5 股骨头坏死三部失效塌陷机制学说之三修复反应带的吸收沉降

图注: 坏死发生后的短时间内, 随着新生血管的长入和活性细胞的导入, 修复反应带启动了骨重建的进程, 一方面骨吸收增加, 但另一方面由于应力遮挡效应导致骨形成不足, 两方面作用导致修复反应带的局部结构完整性和强度都降低; 在边界应力集中的损害下, 该局部结构发生屈服和失效, 即边界区发生骨折和层状压缩, 层状压缩一方面造成坏死区整体性沉降, 另一方面造成边界区硬化带形成。

个核心问题, 一是负重区死骨的有效清除和替代, 二是股骨头内部有效载荷传递通路的重建, 三是股骨头内部有效血供通路的重建, 如此才能保障坏死区的生物学修复持续不中断。

推荐2种旨在重建股骨头前外侧柱的保髋新术式: ①C1型或者包容型塌陷保髋术式: 经骨隧道有效清除负重区死骨直到软骨下骨、松质骨打压和骨段支撑复合植骨(图6)。②C2型或者开放型塌陷保髋术式: 采用外侧和SP双切口、活门板技术彻底清除死骨和打压植骨、骨段支撑(图7)。



图7 C2型改良保髋术式(加用 SP 切口彻底清除死骨)

4 典型案例 Typical case

患者, 男, 30岁, 双侧酒精性股骨头坏死, 右髋疼痛、跛行6个月, 左髋无明显不适, 术前平片、CT和MRI评估显示右侧ARCOⅢ期包容型塌陷, 左侧Ⅱ期C1型塌陷, 双侧均采用C1型改良保髋术式治疗, 术后3个月双拐下地行走, 术后6个月后完全弃拐, 恢复正常行走能力, 双侧股骨头外形良好, 股骨头内坏死区骨密度经历了典型的高-低-高的修复过程, 骨段周围可见明显的融合表现, 载荷传递通路最终落在皮质骨上(图8)。

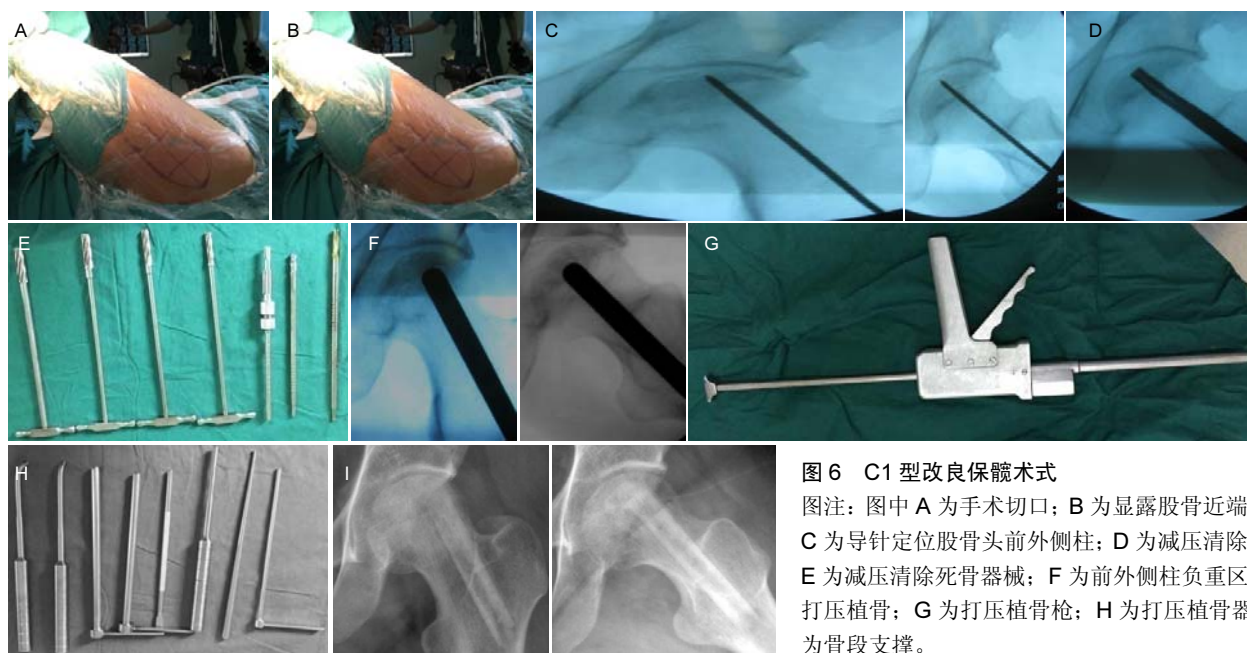


图6 C1型改良保髋术式

图注: 图中A为手术切口; B为显露股骨近端外侧; C为导针定位股骨头前外侧柱; D为减压清除死骨; E为减压清除死骨器械; F为前外侧柱负重区有效打压植骨; G为打压植骨枪; H为打压植骨器; I为骨段支撑。

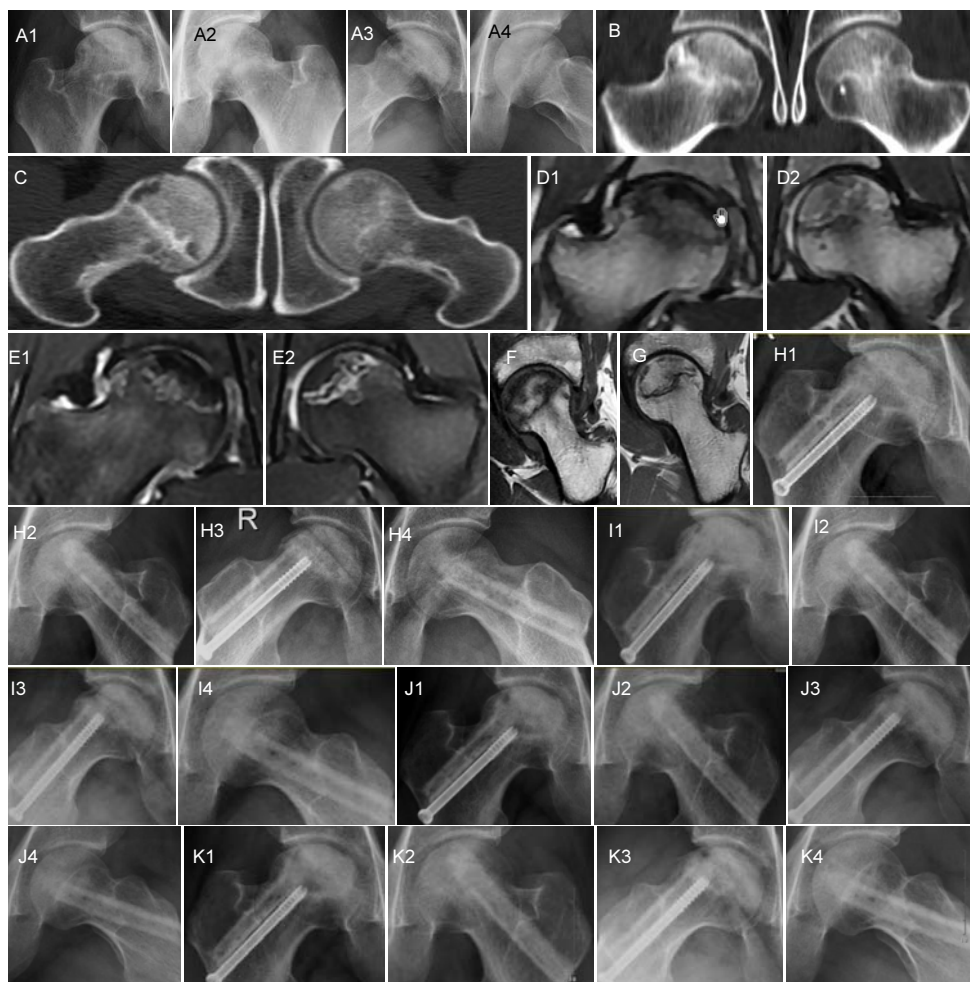


图8 采用C1型改良保髋术式治疗酒精性股骨头坏死的典型病例

图注: 图中为30岁男性患者, 双侧酒精性股骨头坏死其中, 右侧为III期包容型塌陷, 左侧为II期C1型塌陷。A-G为治疗前: A为术前正蛙位片(A1和A3为右侧, A2和A4为左侧); B, C分别为术前双髋冠状位和股骨颈中轴矢状位CT; D, E分别为术前双髋冠状位MRI的T1和T2加权图像, D1, E1为左侧, D2, E2为右侧; F, G分别为术前右侧和左侧股骨颈中轴矢状位MRI T1加权图像; H-K为保髋后双侧股骨头外形良好, 股骨头内坏死区骨密度经历了典型的高-低-高的修复过程, 骨段周围可见明显的融合表现: H为治疗后1周正蛙位片(H1和H3为右侧, H2和H4为左侧); I为治疗后3个月正蛙位片(I1和I3为右侧, I2和I4为左侧); J为治疗后6个月正蛙位片(J1和J3为右侧, J2和J4为左侧); K为治疗后9个月正蛙位片(K1和K3为右侧, K2和K4为左侧)。

5 小结 Conclusions

基于三部失效塌陷机制学说的保髋新术式不但能够重建股骨头前外侧柱的形态,还能够重建有效的载荷传递通道并具有全程生物力学稳定性,从而能够保障前外侧柱的生物学修复持续完全,最终重建股骨头内部安全的承重结构,有效防治股骨头塌陷,其中远期临床疗效和作用机制值得期待和深入研究。

致谢: 感谢广州中医药大学国家重点学科中医骨伤科的平台和相关课题基金的支持。

作者贡献: 第一作者构思并设计本文,第二、四、五、六作者完善思路和收集资料,三、七、八作者指导,由第一作者起草,经 1 次修改和 1 次审校。

利益冲突: 所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

伦理问题: 无与相关伦理道德冲突的内容。

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。

6 参考文献 References

- [1] Castro FP Jr, Harris MB. Differences in age, laterality, and Steinberg stage at initial presentation in patients with steroid-induced, alcohol-induced, and idiopathic femoral head osteonecrosis. *J Arthroplasty*. 1999; 14(6):672-676.
- [2] Hernigou P, Bachir D, Galacteros F. The natural history of symptomatic osteonecrosis in adults with sickle-cell disease. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85-A(3):500-504.
- [3] Lieberman JR, Berry DJ, Mont MA, et al. Osteonecrosis of the hip: management in the 21st century. *Instr Course Lect*. 2003;52:337-355.
- [4] Hungerford DS. Osteonecrosis: avoiding total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2002;17(4 Suppl 1): 121-124.
- [5] Mont MA, Maar DC, Krackow KA, et al. Total hip replacement without cement for non-inflammatory osteoarthritis in patients who are less than forty-five years old. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75(5):740-751.
- [6] Sochart DH, Porter ML. The long-term results of Charnley low-friction arthroplasty in young patients who have congenital dislocation, degenerative osteoarthritis, or rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(11):1599-1617.
- [7] Sullivan PM, MacKenzie JR, Callaghan JJ, et al. Total hip arthroplasty with cement in patients who are less than fifty years old. A sixteen to twenty-two-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*. 1994;76(6): 863-869.
- [8] 李子荣.股骨头坏死临床诊疗规范[J].中华骨与关节外科杂志,2015(1):1-6.
- [9] Tripathy SK, Goyal T, Sen RK. Management of femoral head osteonecrosis: Current concepts. *Indian J Orthop*. 2015;49(1):28-45.
- [10] Nishii T, Sugano N, Ohzono K, et al. Progression and cessation of collapse in osteonecrosis of the femoral head. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;(400):149-157.
- [11] Volokh KY, Yoshida H, Leali A, et al. Prediction of femoral head collapse in osteonecrosis. *J Biomech Eng*. 2006;128(3):467-470.
- [12] Zhou G, Zhang Y, Zeng L, et al. Should thorough Debridement be used in Fibular Allograft with impaction bone grafting to treat Femoral Head Necrosis: a biomechanical evaluation. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015;16:140.
- [13] Zhou G, He W, Pang Z, et al. Load Share Relationship Adjustment of Femoral Head Necrosis Through Biomaterial Allograft Bone. *J Biomater Tissue Eng*. 2015;5(3):208-212.
- [14] Zhou GQ, Pang ZH, Chen QQ, et al. Reconstruction of the biomechanical transfer path of femoral head necrosis: a subject-specific finite element investigation. *Comput Biol Med*. 2014;52:96-101.
- [15] 庞智晖,何伟,张庆文,等.中药辅助改良减压植骨内稳定术治疗围塌陷期激素性股骨头坏死[J].中国中医骨伤科杂志, 2009,17(1):30-33.
- [16] 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.
- [17] 庞智晖,何伟.基于临床和影像的股骨头坏死围塌陷期“微观辨证论治体系”的构建[J].中华关节外科杂志(电子版), 2013,7(3):59-62.