

• 综 述 •

# 基于股骨头坏死围塌陷期理论的 保髋术式总结

刘予豪<sup>1,2</sup>, 周驰<sup>2,3,4</sup>, 陈雷雷<sup>2,3,4</sup>, 孙友强<sup>1,2</sup>, 何伟<sup>2,3,4</sup>

1. 广州中医药大学第一临床医学院 (广州 510405)
2. 广州中医药大学岭南医学研究中心中医骨伤科实验室 (广州 510405)
3. 广州中医药大学第一附属医院关节骨科 (广州 510405)
4. 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 (广州 510405)

**【摘要】** 目的 基于股骨头坏死 (osteonecrosis of the femoral head, ONFH) 的围塌陷期理论, 总结各保髋术式。方法 阐述围塌陷期理论的基本要点; 广泛检索国内外相关文献, 以围塌陷期理论为基础, 分析各保髋术式的原理、疗效及发展趋势。结果 ONFH 的保髋术式趋于注重力学修复, 同时兼顾生物学修复, 这与围塌陷期理论强调生物力学稳定对股骨头坏死修复的重要性一致。结论 ONFH 围塌陷期理论对保髋手术时机选择具有指导意义, 是保髋治疗的理论依据之一。

**【关键词】** 股骨头坏死; 围塌陷期; 保髋手术

## A summary of hip-preservation surgery based on peri-collapse stage of osteonecrosis of femoral head

LIU Yuhao<sup>1,2</sup>, ZHOU Chi<sup>2,3,4</sup>, CHEN Leilei<sup>2,3,4</sup>, SUN Youqiang<sup>1,2</sup>, HE Wei<sup>2,3,4</sup>

1. First Clinical Medical College, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou Guangdong, 510405, P.R.China
2. The Lab of Orthopaedics and Traumatology, Chinese Medicine of Lingnan Medical Research Center, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou Guangdong, 510405, P.R.China
3. Department of Joint Orthopaedics, the First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou Guangdong, 510405, P.R.China
4. National Chinese Medicine Key Specialist of Hip Disease, the First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou Guangdong, 510405, P.R.China

Corresponding author: HE Wei, Email: hw13802516062@126.com

**【Abstract】 Objective** To summarize surgical procedures of hip-preservation based on peri-collapse stage of osteonecrosis of the femoral head (ONFH). **Methods** The basic points of peri-collapse stage theory was expounded. The related literature on surgical procedures was summarized and analyzed based on the theory. **Results** Surgical procedures of hip-preservation tend to emphasize on mechanical repair, giving consideration to biological repair. It is consistent with the essence of peri-collapse stage theory, which attaches great importance to biomechanical stability. **Conclusion** Peri-collapse stage theory has a guiding significance to the choice of surgical timing and approach, and it is one of the important theoretical basis for hip-preservation treatment.

**【Key words】** Osteonecrosis of the femoral head; Peri-collapse stage; Hip-preservation surgery

**Foundation items:** National Natural Science Foundation of China (81673999); Natural Science Foundation of Guangdong Province (2015A030310203); Special Construction Project of Dominant Disease (ONFH) of Chinese Medicine in Guangdong Province ([2015]19); Higher-Level University Construction Project of Guangzhou University of Chinese Medicine ([2016]83, [2017]10); Inheritance Studio Construction Project of Prestigious TCM Doctors (He Wei) in Guangdong Province ([2017]17)

DOI: 10.7507/1002-1892.201611084

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81673999); 广东省自然科学基金资助项目 (2015A030310203); 广东省中医药强省建设专项中医优势病种 (股骨头坏死) 突破项目 (粤中医函[2015]19号); 广州中医药大学“高水平大学建设”项目 (广中医研[2016]83号、[2017]10号); 广东省名中医 (何伟) 传承工作室建设项目 (粤中医办函[2017]17号)

通信作者: 何伟, Email: hw13802516062@126.com

1738 年 Munro 教授首次描述了股骨头坏死 (osteonecrosis of the femoral head, ONFH)。ONFH 是股骨头内血供受损或中断,引起骨细胞死亡与修复交替,继发头内微骨折、软骨下骨折,出现应力集中、“头内不稳定”状态<sup>[1]</sup>,导致股骨头关节面塌陷,并发骨关节炎。ONFH 是造成青壮年髋关节功能障碍或丧失的常见疾病之一<sup>[2]</sup>。临床上约 59.0% 无症状性 ONFH 最终会进展为关节面塌陷、骨关节炎<sup>[3]</sup>。目前,临床对 SARS、系统性红斑狼疮等疾病纳入前瞻性研究<sup>[4-5]</sup>,或者单侧 ONFH 患者的对侧肢体,常规行髋关节影像学检查,如发生 ONFH 可以早期或超早期诊断,进行非手术治疗;但大部分 ONFH 患者为出现髋部疼痛后检查确诊,疼痛往往提示股骨头已呈“头内不稳定”或塌陷状态,病变已进展至国际骨循环协会 (ARCO) II 期或 III 期<sup>[6]</sup>,从而失去非手术保髋治疗的最佳时机。

尽管国内外多家机构组织编写了 ONFH 诊疗指南<sup>[7-8]</sup>,但各种保髋术式的适应证尚无统一标准,临床对治疗时机及术式的选择也不一致,导致保髋治疗效果也存在差异<sup>[9-10]</sup>。基于 20 余年 ONFH 保髋治疗经验及相关实验室研究结果,国内何伟教授于 2003 年提出了 ONFH 围塌陷期理论,并得到了国内骨坏死专家的广泛认可<sup>[11]</sup>,该理论的提出为保髋手术时机和术式的选择,提供了一定理论参考。现就 ONFH 围塌陷期理论作一简要叙述,并基于该理论总结分析各保髋术式特点,以期为临床治疗提供参考。

## 1 ONFH 围塌陷期理论

ONFH 围塌陷期包括尚未塌陷 (塌陷前期)<sup>[11]</sup>和已塌陷 (塌陷后早期)<sup>[12]</sup>两个阶段,相当于 ARCO II 期/Ficat II 期 [坏死区累及股骨头前外侧壁或者日本骨坏死研究会 (JIC) C1 型],至 ARCO III B 期/Ficat III 期 (塌陷 ≤ 4 mm,硬化带不明显者)<sup>[13]</sup>;且临床出现髋部疼痛时间一般少于 6 个月。股骨头塌陷的本质是坏死修复的启动导致骨吸收多于骨形成,股骨头力学性能下降,头内出现多向骨折的生物力学不稳定,即“头内不稳定”,而坏死灶的生物力学修复需要长期稳定的内环境,因此是否存在有效力学支撑,对于塌陷的发生以及塌陷后的修复至关重要。根据 Wolff 定律,股骨头前外侧部分是股骨头颈内压应力传导的主要路径,是股骨头主要力学支撑,因此也是保髋手术时机选择的关键。对于病程进展至 ARCO II 期或 III B 期 (塌陷 ≤ 4 mm),但股骨头前外侧壁保留者,中医药保守治

疗可获得较好疗效<sup>[14-15]</sup>;严重累及股骨头前外侧壁者,建议手术治疗,恢复其力学支撑,以达到“头内稳定”状态,促进坏死修复和塌陷纠正。同时,临床上应注意塌陷前期中的“不稳定型”ARCO II 期<sup>[16-17]</sup>,即 X 线片未见股骨头形态改变,但常伴有明显髋部疼痛症状时期,此时必须行 CT 评估。CT 扫描常见头内骨小梁骨折或者软骨下骨骨折,已呈“头内不稳定”状态;对于负重区髋关节间隙相对增宽,而 X 线片未见明显塌陷迹象者,往往已处于塌陷后早期,同样应进行 CT 评估。另外,本研究团队发现,髋部疼痛时间反映了关节软骨退变程度,而且成正相关<sup>[18]</sup>。研究以疼痛 6 个月为界限,发现当疼痛时间 < 6 个月时,关节软骨未破坏或者虽已破坏但可修复,可选择保髋手术治疗。但应注意疼痛时间界定是相对的,它只是关节软骨退变程度的间接反映。

## 2 ONFH 保髋术式

ONFH 保髋术式主要分为生物学修复、力学修复以及二者联合应用。现围绕 ONFH 围塌陷期理论,以分期分型为切入点,从生物学及力学修复角度对临床常用的保髋术式进行总结。

### 2.1 生物学修复

生物学修复术式主要是以骨细胞坏死的生物学修复与再生为基础,通过减压、吻合血管及植入骨形成活性物质等,促进坏死组织修复,从而重建股骨头血供及骨质,达到预防或纠正塌陷的目的。目前,生物学修复术式以股骨头髓芯减压术 (core decompression, CD) 为主,或以其为基础联合应用分子生物学技术。

CD 是 Ficat 和 Arlet 于 1962 年提出,主要用于治疗 Ficat I、II 期 ONFH<sup>[19]</sup>。它的理论基础是 ONFH 骨内高压静脉淤滞学说,采用直径 8~10 mm 克氏针钻孔减压来降低股骨头内局部压力,为新生血管长入提供空间,同时钻孔刺激钉道周围微血管形成,增强坏死区骨组织爬行替代<sup>[20]</sup>。Ficat 等<sup>[21]</sup>对 144 例 (156 髋) Ficat I、II 期 ONFH 患者行单纯 CD,其中 121 例 (133 髋) 获随访,随访时间达平均 9 年 6 个月,结果显示 I、II 期患者中分别有 93.9%、83.3% 疗效达优,因此他们认为 CD 是治疗早期 ONFH 的最有效方法。随后有研究发现,传统粗通道钻孔破坏了大量正常骨小梁结构,降低了股骨头颈的力学性能<sup>[22]</sup>,可能造成医源性塌陷,因此发展了小直径多孔减压术 (multiple drilling, MD)。Al Omran<sup>[23]</sup>对 94 例 (94 髋) 分别行 CD、MD

的 ONFH 患者进行回顾性分析, 其中 Ficat I 期 19 髋、II A 期 39 髋、II B 期 36 髋, 患者均获随访 2 年以上。结果显示, 两组 I 期患者 Harris 评分均较术前明显提高, 影像学表现无进展, 且两组间无明显差异; II A 期患者中分别有 20.0% (5 髋)、21.4% (3 髋) 进展至 III 期或 IV 期; II B 期患者中分别有 47.8% (11 髋)、46.1% (6 髋) 进展至 IV 期, 其中 11 例接受人工全髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA)。该研究认为, CD、MD 治疗早期 ONFH 均能明显缓解关节疼痛, 但在阻止股骨头塌陷进展方面无明显优势, 且随着临床分期增加, 塌陷几率越大。目前 CD 仍是治疗 Ficat I 期 ONFH 的金标准, 但关于减压通道直径的选择仍存在争议<sup>[24]</sup>。

CD 在钻孔减压的同时, 形成了骨隧道, 这为植骨术提供了基础<sup>[25]</sup>。随着分子生物学技术的发展, 植入材料的种类也呈多样化, 常用植入材料主要为前体细胞, 包括骨髓抽取物以及 BMSCs。研究发现, CD 术后出现的股骨头塌陷与 BMSCs 减少及活力降低相关<sup>[26]</sup>。1993 年, Hernigou 和 Beaujean 首次将 CD 联合 BMSCs 植入用于 ONFH 治疗<sup>[27]</sup>, 在一定程度上将 CD 保髋适应症扩大至围塌陷期。Philippe 等<sup>[28]</sup>报道了一项中长期 (5~10 年) 随访的前瞻性研究结果, 以接受 THA 为观察终点, ARCO I 期和 II 期、III A 期、III B 期及 III C 期保髋失败率分别为 6.2% (9/145)、41.7% (5/12)、62.5% (20/32)。Zhao 等<sup>[29]</sup>进行了一项随机对照试验, 以接受二次手术 (带血运骨瓣移植术) 或 THA 为观察终点, 发现 CD 联合 BMSCs 组中仅有 3.8% (2/53) 需接受带血运骨瓣移植术, 且 ARCO II B 期及 II C 期患者治疗效果均明显优于 CD 组同期患者 ( $P < 0.05$ )。对于 CD 治疗 ARCO III A 期的疗效, 孙伟等<sup>[30]</sup>的一项短期 (1 年) 随访研究结果显示, 有 66.7% (6/9) 患者股骨头塌陷呈进展趋势。

综上所述, 以 CD 为主的生物学修复术式为坏死区提供了充足的生物学基础, 但因缺乏有效的力学支撑, 使其在 ONFH 围塌陷期患者中的应用受到限制。对围塌陷期 (尤其是塌陷后早期) 患者, 应慎重选择 CD 联合 BMSCs 植入进行保髋治疗。

## 2.2 力学修复

力学修复术式主要是以生物力学及机械力学为基础, 通过转变股骨头负重区, 或者为股骨头重建有效的力学支撑, 纠正“头内不稳定”状态, 为坏死修复提供良好的内环境, 从而延缓或纠正股骨头塌陷, 达到保髋目的。临床常用力学修复术式有截骨术、不带血运的自体/同种异体骨移植术以及多

孔金属植入术, 后两者是在 CD 基础上发展而来。

**2.2.1 截骨术** 1978 年日本 Sugioka 医生首先介绍了经转子旋转截骨术 (transtrochanteric rotational osteotomy, TRO) 治疗 ONFH, 其原理是将股骨头负重区坏死或塌陷部分转移至非负重区, 使正常骨结构作为新负重区起到力学支撑作用, 从而延缓甚至避免关节面塌陷, 并改善头臼不匹配状态。临床应用的截骨术式很多, 但仍以 TRO 为主。Sugioka 等<sup>[31]</sup>报道 TRO 保髋成功率较高, 但手术成功的前提是保证负重区股骨头关节面完整率  $> 36\%$ 。张念非等<sup>[32]</sup>对 19 例 (23 髋) 接受 TRO 治疗的 ONFH 患者进行了平均 54 个月的随访, 其中 Ficat II 期 8 髋、III 期 15 髋; 结果显示, II 期患者中有 5 髋 (62.5%) 进展至 III~IV 期, III 期中有 3 髋 (20.0%) 进展至 IV 期。张念非等认为 TRO 可以选择性用于治疗负重区出现坏死的 ONFH, 但手术难度较大且学习曲线较长。Sonoda 等<sup>[33]</sup>随访了 28 例 (28 髋) 接受 TRO 治疗的 ONFH 患者, 其中 ARCO III A 期 10 髋、III B 期 14 髋、III C 期 2 髋、IV 期 2 髋, 最终各有 1 髋 (10.0%)、2 髋 (28.6%)、1 髋 (50.0%)、2 髋 (100%) 接受 THA, 提示 TRO 对于 ONFH 塌陷早期患者具有良好保髋效果。有研究显示, TRO 改变了股骨近端的解剖结构, 易并发骨折<sup>[34]</sup>, 出现关节前方不稳及骨赘形成, 这可能影响 TRO 长期疗效<sup>[35-36]</sup>。但也有学者持相反观点<sup>[37-38]</sup>。因为操作难度及并发症等原因, TRO 在临床应用受到限制, 目前主要应用于 Perthes 病的治疗<sup>[39]</sup>。

另外, 本研究团队临床观察发现, 部分围塌陷期 (如 JIC-C1 型) 患者骨盆向患侧倾斜而头臼关系仍匹配, 其骨盆倾斜间接改变了股骨头的负重区 (图 1), 此改变与 TRO 手术目的一致, 在一定程度上起到了保髋作用。

**2.2.2 不带血运的自体或同种异体骨移植术** 骨移植术的原理是在头内减压清除坏死骨组织的同时, 采用松质骨打压填充、皮质骨支撑, 为股骨头关节面负重区提供稳定的力学支撑, 另外自体松质骨还可起到骨诱导作用<sup>[40]</sup>。1930 年 Phemister 首先提出使用不带血运的腓骨移植 (non-vascularized fibular grafting, FG) 治疗 ONFH, 之后这项技术得到逐步改进, 各种自体或同种异体骨 (如髂骨瓣、大转子部松质骨) 也用于临床。何伟等<sup>[41]</sup>采用改良术式腓骨移植治疗围塌陷期 ONFH 患者, 平均随访 36.4 个月, 保髋成功率达 82.2%。Wang 等<sup>[42]</sup>采用股骨颈开窗减压+病灶清除+自体髂骨移植方式治疗 94 例 (138 髋) ONFH 患者, 以接受 THA 为观察

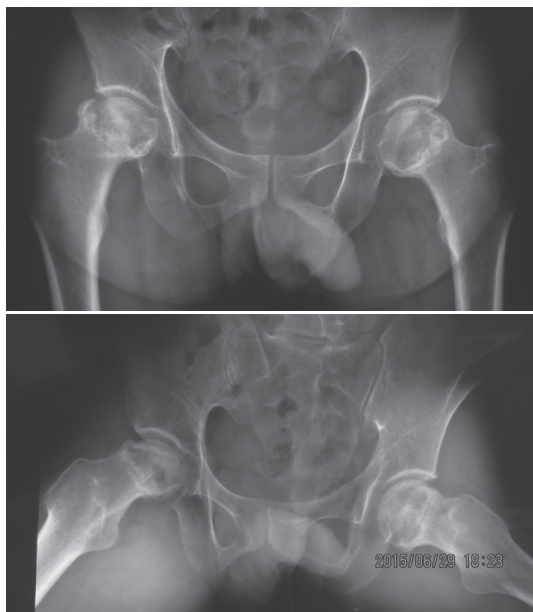


图1 患者,男,39岁,双髋激素性ONFH(左髋JIC-C1型、右髋JIC-C2型),X线片示骨盆向躯体左侧倾斜,左侧股骨头前外侧壁存留,右侧坏死区累及全头,较左侧严重

Fig.1 A 39-year-old male patient with bilateral steroid-induced ONFH (Left side, type JIC-C1; Right side, type JIC-C2). X-ray images showed that the pelvis sloped to the left, with harmonious relationship between the femoral head and acetabulum, and the lesion of right hip progressed faster

终点,平均随访25.3个月;结果显示,ARCO II A、II B、II C、III A期患者保髋成功率分别为100%(4/4)、93.3%(28/30)、90.1%(30/33)、88.7%(63/71),他们认为该术式适用于坏死区未累及外侧柱以及塌陷<2 mm者。

关于是否需要行病灶清除<sup>[43-44]</sup>以及自体或同种异体骨植骨的选择,临床也存在争议。Zhou等<sup>[45]</sup>进行了生物力学研究,认为清除病灶后植骨可以提供更稳定的力学支撑,但也存在关节损伤等风险。打压支撑植骨术在恢复股骨头形态的同时,为负重区提供了稳定的力学支撑,重视头内及关节整体的稳定性,是中医整体观念的有效应用<sup>[46]</sup>。临床研究显示,自体或同种异体腓骨支撑治疗ONFH均可取得良好中期疗效,且疗效相当<sup>[47]</sup>。这可能与打压植骨为骨坏死修复提供了稳定的内环境有关。另外,近两年来本研究团队结合髋关节外科脱位技术<sup>[48]</sup>治疗围塌陷期ONFH患者80余例,坏死区在短期内均呈现较好的修复现象<sup>[6]</sup>。

**2.2.3 多孔金属植入术** 多孔金属植入术是基于CD、FG理论提出的,临床以多孔钽棒应用较广。研究认为,该类金属具有良好的生物相容性,弹性

模量接近于正常骨骼,且具有类似于松质骨的蜂窝状结构,能够在提供稳定力学支撑的同时,利于骨长入<sup>[49]</sup>。1997年Pedersen等<sup>[50]</sup>首次提出钽棒植入术(tantalum rod implantation, TRI)治疗ONFH, Tsao等<sup>[51]</sup>最早开展了该项临床研究,国内于2008年引入TRI。Liu等<sup>[52]</sup>对130例(138髋)接受TRI治疗的ONFH患者进行了平均38.4个月的短期随访,以接受THA为观察终点;结果显示,根据中日友好医院(CJFH)分型标准为A、B、C<sub>1</sub>、C<sub>2,3</sub>型的患者,保髋成功率分别为96.6%(28/29)、94.9%(56/59)、50.0%(11/22)、0(0/28),提示股骨头外侧壁的厚度对TRI保髋疗效至关重要,塌陷前期保髋效果较好。Buckley等<sup>[53]</sup>肯定了TRI的力学支撑效果,但用于塌陷后早期患者需谨慎选择。Ma等<sup>[54]</sup>对90例(ARCO III期及CJFH C<sub>3</sub>型)接受TRI的患者平均随访42个月,发现TRI无明显纠正塌陷的效果,最终需接受THA者高达47.1%(49/104)。有学者对TRI保髋失败后的股骨头进行了组织病理学观察,发现正常骨结构区的钽棒内骨长入紧密,而坏死区(尤其是负重区)缺乏骨长入,这可能是围塌陷期保髋失败的原因<sup>[55]</sup>。最新研究发现,新型镁金属颗粒有促进骨折修复的作用<sup>[56]</sup>,目前可吸收镁钉也已用于ONFH临床试验<sup>[57]</sup>,其在ONFH围塌陷期保髋效果有待大样本、多中心及长期临床检验。

### 2.3 生物学联合力学修复

单纯打压支撑植骨术可使髋关节获得局部与整体的稳定性,为坏死区的生物学修复提供基础,但初始修复的强度难以达到力学支撑效果。因此有学者在打压支撑植骨基础上,发展了吻合血管、重建血运等生物学修复,从而扩大了保髋术式适应证,提高围塌陷期保髋疗效,甚至有个案报道成功应用于塌陷晚期<sup>[58]</sup>。该类术式结合了生物学和力学修复的优势,发展出了吻合血管骨瓣移植、各种带血管髋周骨瓣移植及其他“混合式”术式。

1978年, Judet等首先应用吻合腓骨动静脉-旋股外动静脉进行FG(free vascularized FG, FVFG)治疗ONFH,患者平均获随访18年,结果显示40岁以下Marcus II、III期患者的保髋成功率为80%<sup>[59-60]</sup>。Eward等<sup>[61]</sup>也对FVFG应用于塌陷前期的10年保髋疗效予以了肯定。Yin等<sup>[62]</sup>进行了一项平均随访3.3年的研究,显示FVFG治疗Steinberg II、III、IV期患者的保髋成功率均为100%。有研究对FG、FVFG应用于Ficat II A~III期的保髋疗效进行比较,发现二者在短期疗效无明显差异,但FVFG组术后患者临床症状改善更明显<sup>[63]</sup>;而因为游离、吻

合血管技术难度较高, FG 组在手术时间及术后康复方面优于 FVFG 组。

目前临床应用的髋周骨瓣主要为髂骨及大转子骨瓣。Zhao 等<sup>[64]</sup>报道应用带血管蒂大转子骨瓣移植术治疗 Ficat II ~ IV 期患者, 平均随访 8 年, II、III、IV 期患者保髋生存率分别为 100%、96.8%、4.8%, 认为该术式可选择性治疗中度塌陷患者。也有学者将髂骨、大转子骨瓣联合应用治疗 ARCO III 期患者 (III A 期 16 髋、III B 期 22 髋、III C 期 26 髋), 以接受 THA 为观察终点, 最长随访达 60 个月, 平均 35.8 个月<sup>[65]</sup>; Zhao 等<sup>[58]</sup>采用相同术式治疗 3 例 ARCO III 期 ONFH 患者, 保髋成功期限更长达 20 年。Chen 等<sup>[66]</sup>应用带血运髂骨瓣对 32 例 (33 髋) ARCO III A、III B 期患者进行保髋治疗, 保髋成功期限分别为 85、35 个月, 但不同分期患者的股骨头生存率相比较, 差异具有统计学意义 ( $P=0.016$ )。

生物学联合力学修复相关术式的探索, 开阔了围塌陷期 (尤其是塌陷后早期) 的保髋手术治疗思路, 并取得了一定疗效, 但缺乏大样本、多中心数据支持, 临床疗效还有待进一步观察。

综上所述, ONFH 围塌陷期理论强调股骨头前外侧壁的存留及“头内稳定”状态对保髋的重要性; 国内外学者对保髋术式的选择, 现已逐渐倾向于以力学修复为主, 兼顾生物学修复, 并获得较好疗效, 这与围塌陷期理论强调生物力学稳定对坏死区修复的重要性相一致。另外, 围塌陷期是 ONFH 发生发展过程中的一个病理阶段, 该理论与既往的 ONFH 分期分型并不矛盾, 而且是它们在指导临床治疗方面的一个重要补充。围塌陷期理论的提出与广泛应用, 对 ONFH 保髋手术治疗时机的选择具有指导意义, 是保髋治疗的理论依据之一。

#### 参考文献

- 1 欧志学, 贾晓军, 庞智晖, 等. 何伟教授治疗股骨头坏死塌陷前期经验介绍. 新中医, 2011, 43(5): 155-156.
- 2 Mont MA, Cherian JJ, Sierra RJ, et al. Nontraumatic Osteonecrosis of the Femoral Head: Where Do We Stand Today? A Ten-Year Update. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2015, 97(19): 1604-1627.
- 3 Nam KW, Kim YL, Yoo JJ, et al. Fate of untreated asymptomatic osteonecrosis of the femoral head. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2008, 90(3): 477-484.
- 4 Zhang NF, Li ZR, Wei HY, et al. Steroid-induced osteonecrosis: the number of lesions is related to the dosage. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2008, 90(9): 1239-1243.
- 5 Nagasawa K, Tada Y, Koarada S, et al. Very early development of steroid-associated osteonecrosis of femoral head in systemic lupus erythematosus: prospective study by MRI. *Lupus*, 2005, 14(5): 385-390.
- 6 何伟. 如何把握股骨头坏死患者的保髋治疗时机. 中国骨与关节杂志, 2016, 5(2): 82-86.
- 7 Joint Surgery Group of the Orthopaedic Branch of the Chinese Medical Association. Guideline for Diagnostic and Treatment of Osteonecrosis of the Femoral Head. *Orthop Surg*, 2015, 7(3): 200-207.
- 8 Etienne G, Mont MA, Ragland PS. The diagnosis and treatment of nontraumatic osteonecrosis of the femoral head. *Instr Course Lect*, 2004, 53: 67-85.
- 9 崔永锋, 袁浩. 袁浩谈非创伤性股骨头坏死的现状和研究思路. 中国中医药信息杂志, 2006, 13(4): 87-89.
- 10 Lieberman JR, Berry DJ, Mont MA, et al. Osteonecrosis of the hip: management in the 21st century. *Instr Course Lect*, 2003, 52: 337-355.
- 11 李子荣. 骨坏死. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 183-188.
- 12 刘毓, 何伟. 何伟教授保髋治疗股骨头坏死塌陷晚期经验介绍. 新中医, 2010, 42(7): 135-137.
- 13 贾晓军, 欧志学, 庞智晖, 等. 何伟教授对于股骨头坏死围塌陷期保髋的创新认识和经验总结. *中医正骨*, 2011, 23(12): 956-958.
- 14 陈雷雷, 张颖. 何伟教授采用中医药疗法治疗股骨头坏死的经验. *中医正骨*, 2015, 27(10): 794-797.
- 15 魏秋实, 何伟, 方斌, 等. 中医药治疗股骨头坏死的疗效评价及适应证的初步探索. *中华关节外科杂志(电子版)*, 2013, 7(3): 294-300.
- 16 庞智晖, 欧志学, 魏秋实, 等. 辨塌论治在钽棒治疗早期股骨头坏死中的运用. *中国中医骨伤科杂志*, 2012, 20(1): 26-29.
- 17 方斌, 何伟, 展磊, 等. 不同坏死范围下股骨头坏死区应力分布的有限元分析. *中医正骨*, 2012, 24(10): 10-15.
- 18 陈雷雷. 股骨头坏死 ARCO III 期软骨病变研究及证型相关性分析. 广州: 广州中医药大学, 2012.
- 19 Ficat RP, Arlet J. Necrosis of the femoral head//Hungefford DS. Ischemia and necrosis of bone. Baltimore: Williams and ilkins, 1980: 53,74.
- 20 Lieberman JR. Core decompression for osteonecrosis of the hip. *Clin Orthop Relat Res*, 2004, (418): 29-33.
- 21 Ficat P, Grijalvo P. Long-term results of the forage-biopsy in grade I and II osteonecrosis of the femoral head. Apropos of 133 cases re-examined after an average time of 9 years 6 months. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 1984, 70(3): 253-255.
- 22 Kim SY, KimH, Park, et al. Multiple drilling compared with standard core decompression for the treatment of osteonecrosis of the femoral head. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2004, 86(Suppl II): 149.
- 23 Al Omran A. Multiple drilling compared with standard core decompression for avascular necrosis of the femoral head in sickle cell disease patients. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2013, 133(5): 609-613.
- 24 Pierce TP, Jauregui JJ, Elmallah RK, et al. A current review of core decompression in the treatment of osteonecrosis of the femoral head. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2015, 8(3): 228-232.
- 25 Ficat RP. Idiopathic bone necrosis of the femoral head. Early diagnosis and treatment. *J Bone Joint Surg (Br)*, 1985, 67(1): 3-9.
- 26 Hernigou P, Beaujean F, Lambotte JC. Decrease in the mesenchymal stem-cell pool in the proximal femur in corticosteroid-induced osteonecrosis. *J Bone Joint Surg (Br)*, 1999, 81(2): 349-355.
- 27 Hernigou P, Beaujean F. Bone marrow activity in the upper femoral extremity in avascular osteonecrosis. *Rev Rhum Engl Ed*, 1993, 60(1): 610.
- 28 Philippe H, Françoise B. Treatment of osteonecrosis with autologous bone marrow grafting. *Clin Orthop Relat Res*, 2002, (405): 14-23.
- 29 Zhao D, Cui D, Wang B, et al. Treatment of early stage osteonecrosis of the femoral head with autologous implantation of bone marrow-derived and cultured mesenchymal stem cells. *Bone*, 2012, 50(1): 325-330.

- 30 孙伟, 李子荣, 王佰亮, 等. 髓芯减压加自体骨髓干细胞移植治疗股骨头坏死的早期随访结果. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(12): 2231-2234.
- 31 Sugioka Y, Hotokebuchi T, Tsutsui H. Transtrochanteric anterior rotational osteotomy for idiopathic and steroid-induced necrosis of the femoral head. Indications and long-term results. Clin Orthop Relat Res, 1992, (277): 111-120.
- 32 张念非, 李子荣, 杨连发, 等. 经股骨粗隆部旋转截骨术治疗股骨头坏死. 中华外科杂志, 2004, 42(24): 1477-1480.
- 33 Sonoda K, Yamamoto T, Motomura G, *et al.* Outcome of transtrochanteric rotational osteotomy for posttraumatic osteonecrosis of the femoral head with a mean follow-up of 12.3 years. Arch Orthop Trauma Surg, 2015, 135(9): 1257-1263.
- 34 Chotai P, Shon WY, Suh DH, *et al.* Femoral head stress fracture: an unknown complication following Sugioka's transtrochanteric rotational osteotomy. Orthopedics, 2011, 34(3): 221.
- 35 Hisatome T, Yasunaga Y, Takahashi K, *et al.* Progressive collapse of transposed necrotic area after transtrochanteric rotational osteotomy for osteonecrosis of the femoral head induces osteoarthritic change. Mid-term results of transtrochanteric rotational osteotomy for osteonecrosis of the femoral head. Arch Orthop Trauma Surg, 2014, 124(2): 77-81.
- 36 Hiranuma Y, Atsumi T, Kajiwara T, *et al.* Evaluation of instability after transtrochanteric anterior rotational osteotomy for nontraumatic osteonecrosis of the femoral head. J Orthop Sci, 2009, 14(5): 535-542.
- 37 Kawasaki M, Hasegawa Y, Sakano S, *et al.* Total hip arthroplasty after failed transtrochanteric rotational osteotomy for avascular necrosis of the femoral head. J Arthroplasty, 2005, 20(5): 574-579.
- 38 Park KS, Tumin M, Peni I, *et al.* Conversion total hip arthroplasty after previous transtrochanteric rotational osteotomy for osteonecrosis of the femoral head. J Arthroplasty, 2014, 29(4): 813-816.
- 39 赵德伟. 股骨头缺血性坏死的修复与再造. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 10.
- 40 Poul T, Sandor G, Oleg A, *et al.* Bone Grafts in Hip Surgery//Daniel JB, Jay RL. Surgery of the Hip. Holland: Elsevier Medicine, 2013: 189-194.
- 41 何伟, 李勇, 张庆文, 等. 蛙式侧位分型在植骨支撑术治疗酒精性股骨头坏死中的意义. 中华关节外科杂志(电子版), 2011, 5(1): 27-33.
- 42 Wang BL, Sun W, Shi ZC, *et al.* Treatment of nontraumatic osteonecrosis of the femoral head using bone impaction grafting through a femoral neck window. Int Orthop, 2010, 34(5): 635-639.
- 43 Rosenwasser MP, Garino JP, Kiernan HA, *et al.* Long-term follow up of thorough debridement and cancellous bone grafting for osteonecrosis of the femoral head. Clin Orthop Relat Res, 1994, (306): 17-27.
- 44 Sun W, Li Z, Gao F, *et al.* Recombinant human bone morphogenetic protein-2 in debridement and impacted bone graft for the treatment of femoral head osteonecrosis. PLoS One, 2014, 9(6): e100424.
- 45 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.
- 46 何伟. 整体观念在股骨头坏死诊断与治疗中的应用. 江苏中医药, 2008, 40(5): 1-2.
- 47 何伟, 李勇, 张庆文, 等. 自体或同种异体腓骨联合打压植骨治疗股骨头坏死的初步研究. 中国修复重建外科杂志, 2009, 23(5): 530-533.
- 48 Ganz R, Gill TJ, Gautier E, *et al.* Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis. J Bone Joint Surg (Br), 2001, 83(8): 1119-1124.
- 49 Cohen R. A porous tantalum trabecular metal: basic science. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2002, 31(4): 216-217.
- 50 Pedersen DR, Brown TD, Poggie RA. Finite element characterization of a porous tantalum material for treatment of avascular necrosis. Trans Orthop Res Soc, 1997, 22: 598.
- 51 Tsao AK, Roberson JR, Christie MJ, *et al.* Biomechanical and clinical evaluations of a porous tantalum implant for the treatment of early-stage osteonecrosis. J Bone Joint Surg (Am), 2005, 87 Suppl 2: 22-27.
- 52 Liu ZH, Guo WS, Li ZR, *et al.* Porous tantalum rods for treating osteonecrosis of the femoral head. Genet Mol Res, 2014, 13(4): 8342-8352.
- 53 Buckley PD, Gearen PF, Petty RW. Structural bone-grafting for early atraumatic avascular necrosis of the femoral head. J Bone Joint Surg (Am), 1991, 73(9): 1357-1364.
- 54 Ma J, Sun W, Gao F, *et al.* Porous Tantalum Implant in Treating Osteonecrosis of the Femoral Head: Still a Viable Option? Sci Rep, 2016, 6: 28227.
- 55 Tanzer M, Bobyn JD, Krygier JJ, *et al.* Histopathologic retrieval analysis of clinically failed porous tantalum osteonecrosis implants. J Bone Joint Surg (Am), 2008, 90(6): 1282-1289.
- 56 Zhang Y, Xu J, Ruan YC, *et al.* Implant-derived magnesium induces local neuronal production of CGRP to improve bone-fracture healing in rats. Nat Med, 2016, 22(10): 1160-1169.
- 57 Zhao D, Huang S, Lu F, *et al.* Vascularized bone grafting fixed by biodegradable magnesium screw for treating osteonecrosis of the femoral head. Biomaterials, 2016, 81: 84-92.
- 58 Zhao D, Cui D, Lu F, *et al.* Combined vascularized iliac and greater trochanter graftings for reconstruction of the osteonecrosis femoral head with collapse: reports of three cases with 20 years follow-up. Microsurgery, 2012, 32(7): 546-551.
- 59 Judet H, Judet J, Gilbert A, *et al.* Treatment of idiopathic necrosis of the femoral head by a vascularized fibular graft. Evaluation after 7 years experience. Chirurgie, 1986, 112(9): 699-702.
- 60 Judet H, Gilbert A. Long-term results of free vascularized fibular grafting for femoral head necrosis. Clin Orthop Relat Res, 2001, (386): 114-119.
- 61 Eward WC, Rineer CA, Urbaniak JR, *et al.* The vascularized fibular graft in precollapse osteonecrosis: is long-term hip preservation possible? Clin Orthop Relat Res, 2012, 470(10): 2819-2926.
- 62 Yin S, Zhang C, Jin D, *et al.* Treatment of osteonecrosis of the femoral head in lymphoma patients by free vascularised fibular grafting. Int Orthop, 2011, 35(8): 1125-1130.
- 63 Tetik C, Başar H, Bezer M, *et al.* Comparison of early results of vascularized and non-vascularized fibular grafting in the treatment of osteonecrosis of the femoral head. Acta Orthop Traumatol Turc, 2011, 45(5): 326-334.
- 64 Zhao D, Wang B, Guo L, *et al.* Will a vascularized greater trochanter graft preserve the necrotic femoral head? Clin Orthop Relat Res, 2010, 468(5): 1316-1324.
- 65 Zeng YR, He S, Feng WJ, *et al.* Vascularised greater trochanter bone graft, combined free iliac flap and impaction bone grafting for osteonecrosis of the femoral head. Int Orthop, 2013, 37(3): 391-398.
- 66 Chen CC, Lin CL, Chen WC, *et al.* Vascularized iliac bone-grafting for osteonecrosis with segmental collapse of the femoral head. J Bone Joint Surg (Am), 2009, 91(10): 2390-2394.