



距骨骨软骨损伤治疗的研究进展*

李永胜¹, 董傲铮², 黄泽祈², 李文翠^{1△}, 邓桢翰^{3△}

1. 深圳市第二人民医院 足踝外科手外科(深圳 518000); 2. 深圳大学(深圳 518060);

3. 温州医科大学附属第一医院 关节外科(温州 325000)

【摘要】 距骨骨软骨损伤(osteochondral lesion of talus, OLT)是由创伤等原因造成距骨滑车局限性的软骨及软骨下骨损伤,包括距骨剥脱性骨软骨炎(osteochondritis dissecans of talus, OCD)和距骨骨软骨切线骨折;可从无症状发展为软骨下骨囊肿伴踝关节深部疼痛,多发生在距骨穹窿内侧和外侧,严重影响患者生活及工作,甚至导致残疾。本文对OLT的治疗进展及其优缺点进行综述。根据不同分型或临床症状,OLT可采取不同治疗方法,包括保守治疗和手术治疗等。保守治疗大多短时缓解症状,仅延缓病情。近年来发现单一的富血小板血浆注射、微骨折、带骨膜骨移植、距骨软骨移植、同种异体骨移植、机器人导航下逆行钻孔等方法,都可取得不错的疗效,后期在微骨折结合富血小板血浆注射、微骨折结合软骨移植及各种治疗方式结合距腓前韧带修复,均展现出良好疗效。

【关键词】 距骨骨软骨损伤 逆行钻孔 机器人导航 软骨移植 骨移植 微骨折 综述

Advances in the Treatment of Osteochondral Lesions of the Talus LI Yongsheng¹, DONG Aozhengzheng², HUANG Zeqi², LI Wencui^{1△}, DENG Zhenhan^{3△}. 1. Department of Foot, Ankle, and Hand Surgery, The Second People's Hospital of Shenzhen, Shenzhen 518000, China; 2. Shenzhen University, Shenzhen 518060, China; 3. Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325000, China

△ Corresponding author, LI Wencui, E-mail: 13923750767@163.com; DENG Zhenhan, E-mail: dengzhenhan@wmu.edu.cn

【Abstract】 Osteochondral lesion of the talus (OLT) is a localized cartilage and subchondral bone injury of the talus trochlea. OLT is caused by trauma and other reasons, including osteochondritis dissecans of the talus (OCD) and talus osteochondral tangential fracture. OLT can develop from being asymptomatic to subchondral bone cysts accompanied by deep ankle pain. OLT tends to occur on the medial and lateral sides of the talar vault. OLT seriously affects the patients' life and work and may even lead to disability. Herein, we reviewed advances in the treatment of OLT and the strengths and weaknesses of various treatments. Different treatment methods, including conservative treatments and surgical treatments, can be adopted according to the different subtypes or clinical symptoms of OLT. Conservative treatments mostly relieve symptoms in the short term and only slow down the disease. In recent years, it has been discovered that platelet-rich plasma injection, microfracture, periosteal bone grafting, talar cartilage transplantation, allograft bone transplantation, reverse drilling under robotic navigation, and other methods can achieve considerable benefits when each of these treatment methods is applied. Furthermore, microfracture combined with platelet-rich plasma injections, microfracture combined with cartilage transplantation, and various other treatment methods combined with anterior talofibular ligament repair have all led to good treatment outcomes.

【Key words】 Osteochondral lesions of the talus Retrograde drilling Robotic navigation Cartilage transplantation Bone transplantation Microfracture Review

距骨骨软骨损伤(osteochondral lesion of the talus, OLT)是由创伤等原因造成距骨滑车局限性的软骨及软骨下骨损伤,包括距骨剥脱性骨软骨炎(osteochondritis dissecans of the talus, OCD)和距骨骨软骨切线骨折,可从无症状发展为软骨下骨囊肿伴踝关节深部疼痛,多发生在距骨穹窿内侧和外侧。在整个行走步态周期中,OLT

患者踝关节不稳,应力分布不均,使距骨软骨损伤、软骨下骨裂缝骨折,致局部软骨下骨内压力增高、局部骨溶解,逐步形成软骨下囊肿,可导致与负重有关的踝关节深部疼痛,多出现在久走或久站后,休息后症状可缓解。OLT多发病于中青年,男性多于女性,多和慢性踝关节不稳有关,由于距骨没有独立的营养血管^[1],OLT愈合缓慢。本文对OLT治疗的进展进行总结。由于距骨有7个关节面,本文所述均指距关节距骨穹窿软骨。

1 非手术治疗

OLT常在患者出现症状或在检查其他疾病时被发现。最初无症状时,需要进行病因治疗,纠正患者个人生

* 广东省基础与应用基础研究基金(No. 2023A1515220072、No. 2021A1515010706、No. 2023A1515010102),广东省重点临床学科-骨科(No. 2000005)和深圳市重点医学学科建设基金(No. SZXK025)资助

△ 通信作者,李文翠, E-mail: 13923750767@163.com; 邓桢翰, E-mail: dengzhenhan@wmu.edu.cn

出版日期: 2024-03-20

活习惯,比如暴走、剧烈运动、长时间负重活动等;症状较轻者,则应注意休息,避免导致踝关节疼痛的因素,必要时予非甾体抗炎药对症支持治疗。

OLT在不同时代和技术指引下,有不同分类,最初基于X-ray影像学分期分类系统到近年基于磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)的Hepple改良分型,可在治疗上给予指导。近年来,使用骨骼肌肉冲击波治疗取得良好疗效^[2]。刘水涛等^[3]通过对Hepple III型患者采用发散式体外冲击波治疗,患者踝关节疼痛持续缓解,依据美国足踝外科协会(American Orthopedic Foot and Ankle Society, AOFAS)足踝功能评分(其满分为100分),AOFAS功能评分明显提高,治疗结束后MRI检查发现病灶范围缩小,部分患者损伤区可完全消失。近年来随着生物技术发展,对于Hepple I、II、III型患者,学者尝试通过局部注射去除红细胞及白细胞的富血小板血浆(platelet-rich plasma, PRP),通过PRP释放各类因子促进损伤部位修复,疗效满意^[4-5]。

2 外科手术治疗

对于症状明显或保守治疗失败的患者,可以选择外科手术,目前常见的方式如下。

2.1 微骨折

上世纪80年代,逐渐出现关节镜下微骨折治疗OLT的病例,并得到平均10年期的随访,有79%的满意率^[6-7]。后期大量文献报道对伴或不伴距骨囊变的患者均可获得满意疗效^[8],故目前成为Hepple II~IV型常见、最受重视的修复技术。它依赖于含有骨髓中多能干细胞的血液填充软骨缺损区并形成纤维蛋白凝块,后期在特定环境下分化并重塑形成纤维软骨^[9],主要用于治疗面积小于1.5 cm²的小病变^[10-11]。手术步骤包括:清理病灶表面软骨及关节腔内游离体,软骨下骨使用70°或90°微骨折锥在病变部位间隔3~4 mm钻孔,有血液伴骨髓滴流出为宜。术后功能位石膏外固定2周。术后第2周更换功能位支具方便主动屈伸踝关节,术后第4周可适当负重,术后第8周逐渐完全负重。对于Hepple IV和V型但囊变较小的患者,均采用微骨折治疗,不同研究结果有所差异。2015年LEE等^[8]纳入102例患者,分有囊肿组45例、无囊肿组57例,均在关节镜下微骨折治疗,术后康复治疗方式一致,结果表明两组患者临床效果一致且疗效良好;但2023年CHENG等^[12]学者进行回顾性研究发现,对于伴有距骨软骨下囊变的患者,以面积90.91 mm²、深度7.56 mm、体积428.13 mm³为分水岭,囊肿大小对微骨折治疗效果有负面影响。微骨折对手术技术要求不高,成本效益高,创伤小,并发症

和术后疼痛发生率低,康复期短。但不适合反复使用,并且微骨折最终形成纤维软骨较透明软骨缺少弹性和韧性,抗磨性及光滑度较正常软骨差。

2.2 自体带骨膜骨移植内固定术

广泛OLT或病变较深的Hepple IV和V型患者,已属于关节镜下微骨折的相对禁忌证,可选择自体带骨膜骨移植内固定术。自体骨软骨移植很早就取得国际专家共识^[3],利用骨膜有软骨化生的能力,可选择带骨膜骨移植^[14],如选择胫骨远端内侧平整的无功能区^[15-16]或取同侧股骨远端髌股关节外侧面非功能区相对平整自体骨软骨行移植手术^[17]。手术步骤:内踝斜行截骨,充分暴露距骨病灶;刮除损伤距骨软骨,使用软骨移植系统套取工具,垂直距骨表面敲入距骨,套取距骨病灶,病灶范围大则需要多次套取并保证两次套取无面积交集;深度需术前在计算机测量,骨道内硬化骨处钻孔,移植前确保受区骨道光滑并再次确认深度;依据病灶大小选择带骨膜骨移植或软骨移植,确定供区部位,使用骨软骨移植系统的取骨器垂直骨面套取骨柱,深度同受区,注意保护骨膜或表面软骨不脱落,使用工具将骨柱垂直推入受区,压紧;复位内踝,空心螺钉固定。术后中立位石膏外固定4周,期间自术后1周开始,可拆除石膏主动屈伸踝关节,术后约8周完善CT检查并逐步负重行走完全负重行走,术后随访,患者踝关节功能改善^[18-19]。该手术术中避免骨柱底部与距骨受区存在间隙,可适当植入适量松质骨促进软骨下骨愈合和软骨修复^[20]。对于带骨膜骨移植患者,HENDERSON等^[21]对170例术后患者跟踪随访表明,2年内骨膜增生的患者高达74%,术中需保持带骨膜骨高度略低于距骨软骨表面,给骨膜增生预留适当空间。该方法优点是仅需一次手术,移植骨软骨块与受区达骨与骨愈合,供体一般来自非负重区,在软骨缺损处填充自体软骨,且自体软骨和缺损处质骨紧密结合,移植骨可迅速获得充分血运,移植软骨为透明软骨,并有效恢复关节面曲度,成为临床治疗Hepple III~IV型软骨损伤的主要方法之一。主要缺点是供区软骨来源十分有限,以及大块缺损时愈合度差,并且存在供区并发症可能。因此该移植技术一般应用于软骨下骨损伤深度6 mm以内且软骨缺损直径小于2.5 cm的小到中等全层骨软骨缺损的患者。

2.3 同种异体骨软骨移植术

针对距骨病灶较大或范围较广(比如病灶直径大于15 mm或面积大于15 mm²)、关节炎,患者担心自体供体部位损伤,同种异体骨移植是不错的选择,但并不是一线治疗方法。患者首先应清创、刮除病灶和(或)微骨折,初次手术失败、病灶在距骨穹窿范围较大或其他手术方法

存在禁忌证,才考虑采用此手术。以美国为例,使用新鲜同种异体骨软骨移植可取得很好的效果^[22],最好在术前21 d内获取(最晚不超过28 d)新鲜供体,而非冷冻保存^[22-25]。研究表明冷藏保存6.3 d新鲜移植与保存20.0 d的新鲜骨软骨效果没有差异^[26]。对于有适应证的患者,需要一个不确定的手术时间等待合适的供体出现。等待期间以患者对侧距骨为模型,完成CT扫描并建模,数据传输到有同种异体移植组织权限的供应商(需符合美国组织库协会的指导方针,且需要美国FDA批准的供应商),同时在此期间完成患者病史筛查排除高危因素;当合适的距骨供体个体死亡,需24 h内完成无菌采集距骨冷藏。虽然此类手术发生传染疾病及排斥反应机会很小^[27],但仍然需要送检,约2周完成同种异体移植疾病检测和无菌培养,若供体符合要求,供体距骨在1 d内到达医院完成手术。患者手术入路绝大多数选择前正中入路^[28],必要时选择内踝截骨或踝关节外侧韧带复合体松解,外踝较少需要截骨,术中充分显露距骨病灶;依据术前CT数据,使用微摆锯或往复锯截除距骨病灶,截骨过程需完全切除病变且显露出血骨床为宜;同时在无菌台上使用卡尺仔细测量截取病灶的尺寸,仔细测量供体距骨并标记,X-ray及直视下反复确认大小,供体距骨用组合锯切割,切割下来的供体清洗并放置在术前准备的患者髂前上棘骨髓浓缩液里浸泡;准备好受区后移植,必要时在供区使用自身松质骨填充并压实,移植后需在X-ray及直视下对合满意,供体和受区关节面可以接受2 mm以内的差距,2枚无头加压螺钉固定,复位距骨,被动屈伸踝关节确保移植动态匹配,不存在撞击,前正中入路则缝合切口;若内踝截骨则解剖复位内固定,踝关节外侧入路则需要修复距腓前韧带及跟腓韧带。术后石膏外固定4周以上,在术后6周前可在床上仰卧位锻炼踝关节活动度。术后6周复查X-ray确认早期愈合,则患者可带着踝关节支具在助行器的协助下逐步负重;术后10~12周患者可以穿着运动鞋走路,强调本体感觉训练,允许患者参加平卧骑自行车和其他无冲击活动;术后20周不允许高强度的运动及对冲运动;术后6个月,患者可以开始更多的活动。在术后1~4年内,同种异体移植通过匍匐替代慢慢融入在同种异体移植物的血运重建过程中,若移植失败,可选择距骨置换、关节置换或关节融合。同种异体骨软骨移植,在我国有带软骨骨柱同种异体移植^[29]的个案报道,给患者带来更多选择和希望,但限制其广泛应用的主要原因是供体来源非常有限,供体的筛查、获取相对严格及储存时间不会太长,价格可能比较昂贵,可能导致疾病的传播等因素,还存在免疫排斥和相关伦理学问题等。

2.4 机器人导航下逆行钻孔

临床中见到一定比例的踝关节疼痛、Hepple I~III型及距骨骨软骨完整的Hepple V型患者,保守治疗失败或保守治疗过程中影像学资料显示病情进展,若关节镜下微骨折造成的关节软骨损伤不容忽视,损伤部位血运重建及减压势在必行。不损失距骨软骨的手术方式,一直停留在想法上或简单手术尝试。近年来,随着科学技术发展,机器人导航下距骨骨软骨损伤逆行钻孔技术,临床上获得很大成功^[30],手术中患者仰卧手术台,术区贴无菌导航定位器并固定,术中C臂透视,将信息导入导航机器人系统,在导航机器人上依据病灶部位和范围,设计进针位置、深度、方向,将设计后的信息发送给骨科手术导航定位系统主机,骨科手术机器人的机械臂精准完成指定钻孔达到减压目的。由于逆行钻孔可多角度、不同深度多次操作,可重建病灶血运,术后康复时间短,效果满意。但骨科机器人价格昂贵,最新一代天玑骨科手术机器人价格在1000万左右,操作人员须通过专门培训并获得相关资质,难以普及。

2.5 软骨细胞移植

通过自体软骨细胞移植技术(*autologous chondrocyte implantation, ACI*)可将自体软骨细胞回植修复,至少10年的随访研究证实,ACI能使软骨损伤面积大于2 cm²和外伤或剥脱性骨软骨损伤70%的患者长期疗效满意^[31],但存在细胞过度肥大、骨膜脱落等问题。随后第二代ACI(*C-ACI*)使用胶原膜替代自体骨膜,修复骨软骨损伤,避免了软骨增生肥大,但存在细胞渗漏、分布不均及脱落。第三代基质诱导的自体软骨细胞移植(*matrix-induced autologous chondrocyte implantation, MACI*),通过体外扩增培养软骨细胞,并将其种植于I/III型胶原膜粗糙面,手术回植并缝合固定,虽然取得很好的疗效,但有研究对180例MACI术后患者2年的MRI随访发现约26.1%的患者术后2年仍存在增生,且年龄小、体重指数偏低者异常增生发生率更高。具体操作过程中,自体细胞移植需要多个机构协作完成,医生负责取适量自体软骨,由第三方机构进行软骨细胞培养和种植在胶原膜上,再通过医生二次手术完成。该方法的优点包括胶原膜保持基质中的细胞表型,细胞在支架中均匀分布,以及获得大小匹配的植入物。但是,机械强度较低的再生纤维组织和纤维软骨在透明软骨间置入取得的效果有限,同时高昂的费用和潜在的供区并发症仍然是该技术应用的障碍。

3 总结和展望

OLT是古老但永恒的疾病,疾病不同阶段的治疗方

法不同,效果又各有优劣,有研究分别用微骨折、自体骨软骨移植及带骨膜髌骨移植治疗患者,分别在术后3个月、半年及1年随访,关节活动度、AOFAS及疼痛程度均取得显著改善,各个时间点自体骨软骨移植和带骨膜髌骨移植效果优于微骨折组,且自体骨软骨移植和带骨膜髌骨移植之间效果相当^[32]。同时大量学者或医疗机构将各种方案进行组合治疗,多见于有创治疗联合PRP治疗,典型的微骨折联合PRP^[33]、自体带骨膜髌骨移植联合PRP、微骨折技术联合改良Broström法及自体骨软骨移植联合距腓前韧带重建治疗,取得了更好的效果^[34-36]。我中心在完成OLT清创及修复(包括微骨折或自体骨软骨移植或自体带骨膜骨移植术)后,均会探查患者距腓前韧带是否损伤,若存在损伤或松弛,则给予止点重建,均获得良好疗效,国内有同样研究表明其疗效显著^[37]。我们认为在不增加患者创伤的前提下,经济允许时可以尝试各种方法组合治疗,做好提前告知,获得患者认可,可得到更高的满意度和社会效益。总之,针对OLT的治疗,需要医生考虑到软骨缺损的面积、部位、年龄、运动需求等多个因素,严格把握各种技术的适应证,生物制剂的辅助和科学的康复计划也是治疗中的重要环节。相信在不久的将来,在新技术的应用背景下,对OLT的治疗将取得更大的进步。

* * *

作者贡献声明 李永胜、董傲铮铮和黄泽祈负责初稿写作,李文翠负责经费获取和审读与编辑写作,邓桢翰负责审读与编辑写作。所有作者已经同意将文章提交给本刊,且对将要发表版本进行最终定稿,并同意对工作的所有方面负责。

Author Contribution LI Yongsheng, DONG Aozhengzheng, and HUANG Zeqi are responsible for writing--original draft. LI Wencui is responsible for funding acquisition and writing--review and editing. DENG Zhenhan is responsible for writing--review and editing. All authors consented to the submission of the article to the Journal. All authors approved the final version to be published and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

Declaration of Conflicting Interests All authors declare no competing interests.

参 考 文 献

- [1] 李彦璋,王鼎予,方璇,等. microCT重建距骨骨内微动脉三维结构的临床解剖学研究. 生物医学转化, 2021, 2(1): 95-100. doi: 10.12287/j.issn.2096-8965.20210114.
- LI Y Z, WANG D Y, FANG X, *et al.* Three-dimensional reconstruction of intraosseous vascular anatomy of the talus: a micro-computed tomography study. *Biomed Transformat*, 2021, 2(1): 95-100. doi: 10.12287/j.issn.2096-8965.20210114.
- [2] CAO J, ZHANG C, HUANG H, *et al.* Effectiveness and safety of arthroscopy combined with radial extracorporeal shockwave therapy for osteochondritis of the talus: a prospective, single-centre, randomized, double-blind study. *Bone Joint J*, 2023, 105-B(10): 1108-1114. doi: 10.1302/0301-620X.105B10.BJJ-2023-0152.R2.
- [3] 刘水涛,杨军,史展,等. 发散式体外冲击波治疗距骨骨软骨损伤的效果. 武警医学, 2017, 28(7): 694-697. doi: 10.3969/j.issn.1004-3594.2017.07.013.
- LIU S T, YANG J, SHI Z, *et al.* Treatment of osteochondral lesions of the talus with radial extracorporeal shock wave. *Med J Chin People's Armed Police Forces*, 2017, 28(7): 694-697. doi: 10.3969/j.issn.1004-3594.2017.07.013.
- [4] 王昊,曲峰,丁声龙,等. 细胞移植技术治疗距骨骨软骨损伤的研究进展. 中华创伤杂志, 2023, 39(7): 665-672. doi: 10.3760/cma.j.cn501098-20230218-00089.
- WANG H, QU F, DING S L, *et al.* Research progress of cell transplantation in the treatment of osteochondral lesions of the talus. *Chin J Trauma*, 2023, 39(7): 665-672. doi: 10.3760/cma.j.cn501098-20230218-00089.
- [5] 施忠民,顾文奇,杨云峰,等. 富血小板血浆治疗距骨骨软骨损伤专家共识(2023版). 中华创伤杂志, 2023, 39(5): 385-393. doi: 10.3760/cma.j.cn501098-20230309-00127.
- SHI Z M, GU W Q, YANG Y F, *et al.* Expert consensus on platelet-rich plasma treatment for osteochondral lesion of talus (version 2023). *Chin J Trauma*, 2023, 39(5): 385-393. doi: 10.3760/cma.j.cn501098-20230309-00127.
- [6] FLICK A B, GOULD N. Osteochondritis dissecans of the talus (transchondral fractures of the talus): review of the literature and new surgical approach for medial dome lesions. *Foot Ankle*, 1985, 5(4): 165-185. doi: 10.1177/107110078500500403.
- [7] LI H, HUA Y, LI H, *et al.* Treatment of talus osteochondral defects in chronic lateral unstable ankles: small-sized lateral chondral lesions had good clinical outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(7): 2116-2122. doi: 10.1007/s00167-017-4591-x.
- [8] LEE K B, PARK H W, CHO H J, *et al.* Comparison of arthroscopic microfracture for osteochondral lesions of the talus with and without subchondral cyst. *Am J Sports Med*, 2015, 43(8): 1951-1956. doi: 10.1177/0363546515584755.
- [9] POWERS R T, DOWD T C, GIZA E. Surgical treatment for osteochondral lesions of the talus. *Arthroscopy*, 2021, 37(12): 3393-3396. doi: 10.1016/j.arthro.2021.10.002.
- [10] STEADMAN JR, RODKEY W G, RODRIGO JJ. Microfracture: surgical technique and rehabilitation to treat chondral defects. *Clin Orthop Relat Res*, 2001(391 Suppl): S362-S369. doi: 10.1097/00003086-200110001-00033.
- [11] CORR D, RAIKIN J, O'NEIL J, *et al.* Long-term outcomes of microfracture for treatment of osteochondral lesions of the talus. *Foot Ankle Int*, 2021, 42(7): 833-840. doi: 10.1177/1071100721995427.

- [12] CHENG X, SU T, FAN X, *et al.* Concomitant subchondral bone cysts negatively affect clinical outcomes following arthroscopic bone marrow stimulation for osteochondral lesions of the talus. *Arthroscopy*, 2023, 39(10): 2191–2199.e1. doi: 10.1016/j.arthro.2023.03.029.
- [13] EOGHAN T H, CHRISTOPHER D M, JOCHEN P, *et al.* Osteochondral autograft: proceedings of the international consensus meeting on cartilage repair of the ankle. *Foot Ankle Int*, 2018, 39(1 Suppl): 28S–34S. doi: 10.1177/1071100718781098.
- [14] 史雪峰, 唐翔宇, 项毅, 等. 髂骨带骨膜移植治疗距骨骨软骨损伤的临床疗效. *实用骨科杂志*, 2022, 28(4): 370–372. doi: 10.3969/j.issn.1008-5572.2022.4.sygkzz202204019.
- SHI X F, TANG X Y, XIANG Y, *et al.* Clinical effect of iliac band periosteal transplantation on osteochondral injury of talus. *J Pract Orthopaedics*, 2022, 28(4): 370–372. doi: 10.3969/j.issn.1008-5572.2022.4.sygkzz202204019.
- [15] 唐尧, 袁成松, 陈万, 等. 自体胫骨骨膜-骨复合体移植治疗Hepple V期距骨骨软骨损伤的中长期随访结果. *中华医学杂志*, 2021, 101(37): 2968–2974. doi: 10.3760/cma.j.cn112137-20210514-01137.
- TANG R, YUAN C S, CHEN W, *et al.* Mid-and-long term follow-up of autogenous tibial periosteum-bone complex transplantation for treatment of cystic osteochondral lesion of talus. *Natl Med J China*, 2021, 101(37): 2968–2974. doi: 10.3760/cma.j.cn112137-20210514-01137.
- [16] 陈小强, 刘建全, 赵磊, 等. 关节镜辅助下带骨膜的胫骨移植治疗距骨骨软骨损伤的手术方法及临床疗效. *中华骨与关节外科杂志*, 2021, 14(1): 37–41. doi: 10.3969/j.issn.2095-9958.2021.01.08.
- CHEN X Q, LIU J Q, ZHAO Z, *et al.* Surgical technique and clinical outcomes of arthroscopic assisted tibial transplantation with periosteum in the treatment of talar osteochondral injury. *Chin J Bone Joint Surg*, 2021, 14(1): 37–41. doi: 10.3969/j.issn.2095-9958.2021.01.08.
- [17] 常步青, 陶友伦, 郝玉甲, 等. 内踝双平面三维截骨联合自体骨软骨移植治疗Hepple V型距骨骨软骨损伤的临床疗效分析. *中华解剖与临床杂志*, 2023, 28(3): 178–182. doi: 10.3760/cma.j.cn101202-20220711-00208.
- CHANG B Q, TAO Y L, HAO Y J, *et al.* Clinical effect of autologous osteochondral transplantation combined with medial malleolar biplane three-dimensional ankle osteotomy on osteochondral lesions of Hepple V talus with subchondral cysts. *Chin J Anat Clin*, 2023, 28(3): 178–182. doi: 10.3760/cma.j.cn101202-20220711-00208.
- [18] 李帅, 张言, 杨鑫权, 等. 自体带骨膜髂骨移植术治疗较大范围距骨骨软骨损伤的疗效分析. *中国骨与关节损伤杂志*, 2022, 37(10): 1042–1045. doi: 10.7531/j.issn.1672-9935.2022.10.008.
- LI S, ZHANG Y, YANG X Q, *et al.* Efficacy analysis of autogenous iliac bone with periosteum graft for a large range of osteochondral lesions of talus. *Chin J Bone Joint Injury*, 2022, 37(10): 1042–1045. doi: 10.7531/j.issn.1672-9935.2022.10.008.
- [19] KISH G, MÓDIS L, HANGODY L. Osteochondral mosaicplasty for the treatment of focal chondral and osteochondral lesions of the knee and talus in the athlete. *Rationale, indications, techniques, and results. Clin Sports Med*, 1999, 18(1): 45–66. doi: 10.1016/s0278-5919(05)70129-0.
- [20] LEUMANN A, VALDERRABANO V, WIEWIORSKI M, *et al.* Bony periosteum-covered iliac crest plug transplantation for severe osteochondral lesions of the talus: a modified mosaicplasty procedure. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 22(6): 1304–1310. doi: 10.1007/s00167-013-2604-y.
- [21] HENDERSON I, GUI J, LAVIGNE P. Autologous chondrocyte implantation: natural history of postimplantation periosteal hypertrophy and effects of repair-site debridement on outcome. *Arthroscopy*, 2006, 22(12): 1318–1324.e1. doi: 10.1016/j.arthro.2006.07.057.
- [22] SMYTH N A, MURAWSKI C D, ADAMS S B, Jr, *et al.* Osteochondral allograft: proceedings of the international consensus meeting on cartilage repair of the ankle. *Foot Ankle Int*, 2018, 39(1 Suppl): 35S–40S. doi: 10.1177/1071100718781097.
- [23] WAYNE J S, AMIEL D, KWAN M K, *et al.* Long-term storage effects on canine osteochondral allografts. *Acta Orthop Scand*, 1990, 61(6): 539–545. doi: 10.3109/17453679008993578.
- [24] PALLANTE A L, GÖRTZ S, CHEN A C, *et al.* Treatment of articular cartilage defects in the goat with frozen versus fresh osteochondral allografts: effects on cartilage stiffness, zonal composition, and structure at six months. *J Bone Joint Surg Am*, 2012, 94(21): 1984–1995. doi: 10.2106/JBJS.K.00439.
- [25] WILLIAMS S K, AMIEL D, BALL S T, *et al.* Prolonged storage effects on the articular cartilage of fresh human osteochondral allografts. *J Bone Joint Surg Am*, 2003, 85(11): 2111–2120. doi: 10.2106/00004623-200311000-00008.
- [26] SCHMIDT K J, TÍRICO L E, McCAULEY J C, *et al.* Fresh osteochondral allograft transplantation: is graft storage time associated with clinical outcomes and graft survivorship? *Am J Sports Med*, 2017, 45(10): 2260–2266. doi: 10.1177/0363546517704846.
- [27] OKEAGU C N, BAKER E A, BARRERAS N A, *et al.* Review of mechanical, processing, and immunologic factors associated with outcomes of fresh osteochondral allograft transplantation of the talus. *Foot Ankle Int*, 2017, 38(7): 808–819. doi: 10.1177/1071100717697649.
- [28] GROSS C E, PALANCA A. Fresh osteochondral allograft for large talar osteochondral lesions. *Foot Ankle Clinics*, 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2023.07.009>.
- [29] 黄泽鑫, 许树柴, 刘岩, 等. 踝关节牵张术联合同种异体骨软骨移植治疗距骨骨软骨损伤一例. *中国修复重建外科杂志*, 2023, 37(2): 255–256. doi: 10.7507/1002-1892.202210046.
- HUANG Z X, XU S C, LIU Y, *et al.* A case of ankle joint distraction combined with allogeneic osteochondral transplantation for treatment of osteochondral injury of talus. *Chin J Repair Reconstruct Surg*, 2023, 37(2): 255–256. doi: 10.7507/1002-1892.202210046.
- [30] HOFFMANN M, SCHROEDER M, RUEGER J M. A novel computer navigation system for retrograde drilling of osteochondral lesions. *Sports Med Arthrosc Rev*, 2014, 22(4): 215–218. doi: 10.1097/JSA.0000000000000036.
- [31] 陈城, 杨云峰, 李兵, 等. 内翻型踝关节炎有限元模型的建立及不同胫骨远端关节面正位角矫正模型的生物力学分析. *中国修复重建外科杂*

- 志, 2023, 37(7): 796–801. doi: 10.7507/1002-1892.202302078.
- CHEN C, YANG Y F, LI B, *et al.* Establishment of the finite element model of varus ankle arthritis and the biomechanical analysis of different correction models of distal articular surface of tibia. *Chin J Reparat Reconstruct Surg*, 2023, 37(7): 796–801. doi: 10.7507/1002-1892.202302078.
- [32] 崔明星, 刘洋, 程明子, 等. 不同手术方式治疗Hepple V型距骨软骨损伤的临床疗效. *新乡医学院学报*, 2021, 38(1): 36–40. doi: 10.7683/xyxyxb.2021.01.007.
- CUI M X, LIU Y, CHENG M Z, *et al.* Therapeutic effect of different operation methods in treatment of Hepple V type osteochondral lesions of the talus. *J Xinxiang Med Univ*, 2021, 38(1): 36–40. doi: 10.7683/xyxyxb.2021.01.007.
- [33] WINKLER P W, GEYER S, WALZL D, *et al.* Favorable long-term clinical and radiologic outcomes with high survivorship after autologous osteochondral transplantation of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31(6): 2166–2173. doi: 10.1007/s00167-022-07237-3.
- [34] 刘林, 杨宗宇, 刘核达, 等. 自体带骨膜髂骨移植联合PRP治疗Hepple V期距骨软骨损伤. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(2): 154–157. doi: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.02.14.
- LIU L, YANG Z Y, LIU H D, *et al.* Periosteum-iliac bone autografting combined with intraarticular platelet-rich plasm for Hepple stage V osteochondral lesion of talus. *Orthopedic J China*, 2021, 29(2): 154–157. doi: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.02.14.
- [35] 邓斌, 郑臣校, 黄志全, 等. 韧带修复联合微骨折治疗慢性踝关节外侧不稳伴距骨软骨损伤. *实用骨科杂志*, 2024, 30(1): 80–83. doi: 10.13795/j.cnki.sgkz.2024.01.006.
- DENG B, ZHENG C X, HUANG Z Q, *et al.* Ligament repair combined with microfracture in the treatment of chronic lateral ankle instability with talus osteochondral injury. *J Pract Orthop*, 2024, 30(1): 80–83. doi: 10.13795/j.cnki.sgkz.2024.01.006.
- [36] 陈城, 傅绍菱, 李学谦, 等. 踝关节镜后方入路微骨折联合富血小板血浆注射治疗距骨软骨损伤. *中华创伤杂志*, 2022, 38(8): 701–707. doi: 10.3760/cma.j.cn501098-20220221-00119.
- CHEN C, FU S L, LI X Q, *et al.* Posterior ankle arthroscopic microfracture with platelet-rich plasma injection for the treatment of osteochondral lesions of the talus. *Chin J Trauma*, 2022, 38(8): 701–707. doi: 10.3760/cma.j.cn501098-20220221-00119.
- [37] 郑赞, 韩雪松, 肖杰, 等. 自体骨软骨移植联合距腓前韧带重建治疗距骨软骨损伤的临床疗效分析. *中国骨与关节杂志*, 2023, 12(10): 732–737. doi: 10.3969/j.issn.2095-252X.2023.10.003.
- ZHENG Y, HAN X S, XIAO J, *et al.* Clinical effect analysis of osteochondral autograft combined with anterior talofibular ligament reconstruction in the treatment of osteochondral injury of talus. *Chin J Bone Joint*, 2023, 12(10): 732–737. doi: 10.3969/j.issn.2095-252X.2023.10.003.

(2024-01-24收稿, 2024-03-11修回)

编辑 吕熙



开放获取 本文使用遵循知识共享署名—非商业性使用4.0国际许可协议(CC BY-NC 4.0), 详细信息请访问

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>。

OPEN ACCESS This article is licensed for use under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (CC BY-NC 4.0). For more information, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© 2024 《四川大学学报(医学版)》编辑部 版权所有

Editorial Office of *Journal of Sichuan University (Medical Science)*