

距骨软骨损伤的诊疗进展

谢盼盼, 叶方, 叶积飞

(丽水市中心医院创伤外科, 浙江 丽水 323000)

【摘要】 距骨软骨损伤的诊断可依据患者的症状、病史、MRI 检查、详细的体格检查及关节镜检查, 治疗上包括保守治疗和手术治疗, 保守治疗风险较小, 对于轻度损伤效果好; 手术治疗包括清创、骨髓刺激术、内固定术以及软骨移植、自体软骨细胞移植、关节腔内注射生物附加物、超声波及电磁刺激技术、组织工程技术等。目前临床最常使用的方法是清创骨髓刺激术、软骨移植及自体软骨细胞移植术。清创、骨髓刺激术在关节镜下微创进行, 操作简单、费用低、手术效果好、患者术后疼痛轻, 但其术后形成的是纤维软骨, 对于小范围损伤成功率较高, 一旦失败将造成更大范围的缺损。软骨移植术可以 I 期完成手术, 达到透明软骨恢复, 但是供区存在不同程度的病理性变化。软骨细胞移植术能解决初次治疗失败后遗留的较大骨软骨缺损, 不影响供区, 可达到透明软骨修复。但其治疗时间长, 必须分期手术及治疗费用较高。各种治疗方法近期治疗效果满意, 但远期疗效仍值得商榷。对于自体软骨细胞移植术及新兴的组织工程学治疗技术, 仍具有广阔的科研前景。

【关键词】 距骨; 软骨; 创伤和损伤; 综述文献

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.09.020

Progress on diagnosis and treatment of cartilage injury of the talus XIE Pan-pan, YE Fang, and YE Ji-fei. Department of Traumatology Surgery, the Central Hospital of Lishui City, Lishui 323000, Zhejiang, China

ABSTRACT The diagnosis of osteochondral lesions of the talus can be based on the patients' symptoms, medical history, MRI, detailed physical examination and arthroscopy. Its treatment includes conservative treatment and surgical treatment. Conservative treatment includes rest, partial-weight bearing, plaster immobilization, wear the orthopedic support, take the non-steroidal anti-inflammatory drugs and so on. Conservative treatment is less risky and effective for mild injuries. Surgical treatment includes debridement, marrow stimulation, internal fixation and cartilage transplantation, autologous chondrocyte transplantation, articular cavity injection biological additions, ultrasonic and electromagnetic stimulation technology, tissue engineering technology, etc. Currently, there are various treatment methods, each with indications and advantages and disadvantages. Among these methods, the most commonly used ones are debridement, marrow stimulation, cartilage transplantation and autologous chondrocyte transplantation, and they deserve extensive promotion. Debridement and marrow stimulation are performed minimally traumatically under arthroscopy. The operation is simple and inexpensive with positive effects and mild pain. There is a higher rate of success for small-scale injuries, but if the operation fails, it will result in a wider range of defects, because of the fibrous cartilages formed after the operation. The cartilage transplantation can be performed in an one-stage operation. After the operation, the hyaline cartilage can be restored, but there are different levels of pathological changes in the donor sites. Chondrocytes transplantation can solve the problem of larger osteochondral defects left after the initial treatment failure, and the donor cartilage can be repaired without affecting the donor sites. But the disadvantages are its long time treatment, staged operations and higher cost. As far as all these treatments are concerned, recent treatment effects are satisfactory, but the long-term efficacy is still questionable. For the autologous chondrocyte transplantation and emerging tissue engineering treatment technology, there is still broad research prospect.

KEYWORDS Talus; Cartilage; Wounds and injuries; Review literature

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(9): 880-884 www.zggszz.com

在踝关节损伤中, 距骨软骨损伤(osteochondral lesions of talus, OCLTs)较为常见, 且越来越被重视, 因距骨上接小腿胫腓骨, 下接足部跟骨及足舟骨, 承载着人体的全部重量, 因此距骨滑车关节面这部分

软骨很容易损伤, 约 50%踝关节扭伤和骨折后会发 生距骨软骨损伤^[1]。此病最常见于 20~30 岁男性, 由于踝关节内翻位损伤较为常见, 所以距骨软骨损伤 最常见于中部内侧。OCLTs 的诊疗对于足踝外科医 师来说是一个严峻的挑战。

1 距骨软骨损伤的发展历史

对于距骨软骨损伤, 最早可追溯到 1737 年,

通讯作者: 谢盼盼 E-mail: 418660731@qq.com

Corresponding author: XIE Pan-pan E-mail: 418660731@qq.com

Monro 首次描述了踝关节内游离体, 并认为是由创伤引起的; 1888 年 Konig 首次提出了剥脱性骨软骨炎 (osteochondritis dissecans) 这一名词, 并认为其来源于膝关节内缺血性坏死的碎骨片; Kappis 和 Phemister 分别描述了踝关节软骨损伤的病例, 继膝关节和肘关节后, 距骨软骨是第 3 好发部位; Rendu 第一次描述了距骨的关节内骨折^[2-3]。OCLTs 指各种致病因素导致的局限性距骨软骨及其软骨下骨病变 (无菌性坏死), 并逐渐与其周围正常骨分离或者脱落的一种关节疾病。

2 距骨软骨损伤的分型

创伤被普遍认为是造成 OCLTs 发生最主要的病因, 急性距骨软骨损伤一般为高能量创伤所致, 慢性损伤的原因则较多, 包括骨折后缺血坏死、肿瘤或感染造成骨破坏、剥脱性骨软骨炎后距骨塌陷等。根据 X 线、CT 及 MRI 的表现, 以往的文献报道了多种分型、分期方法。基于 X 线检查分期: I 期, 小片状软骨下骨压缩; II 期, 骨软骨碎片部分撕脱; III 期, 骨软骨碎片完全撕脱, 但无移位; IV 期, 骨软骨碎片完全撕脱, 且移位。X 线可早期发现可疑损伤, 但难以发现软骨缺损及隐性损伤。Dipaola 等^[4]提出了基于 MRI 的分期系统。Ferkel 等^[5]提出了 CT 分期系统, CT 分型虽然可以进一步明确软骨的缺损, 但对于骨髓损伤难以表现。基于关节镜观察, 提出了新型分期, 虽然关节镜能清晰显示软骨表面的损伤情况, 但对深部软骨及软骨下骨的病变却不能显示^[6]。Hepple 等^[7]提出 MRI 的修正分期系统: 1 期, 仅有关节软骨损伤; 2a 期, 关节软骨损伤, 伴有软骨下骨折和周围骨髓水肿; 2b 期, 关节软骨损伤, 伴有软骨下骨折, 无周围骨髓水肿; 3 期, 骨碎片分离, 但无移位; 4 期, 骨碎片分离, 有移位; 5 期, 关节软骨下囊肿形成。MRI 对于深部软骨及软骨下骨的损伤较为敏感, 尤其是对软骨下囊肿的显示较为清晰, 但对于软骨表面自身的微小病变却显示欠佳^[6]。Mintz 等^[8]结合 MRI 和关节镜提出了新型分期系统, 但关节镜检查为有创操作, 因此多数患者仍难接受。尽管目前分型方式多种多样, 但最常用的还是 Hepple 分期系统。

3 距骨软骨损伤的临床诊断

大部分患者典型表现为创伤后踝关节持续疼痛, 也可表现为反复的疼痛伴有踝关节肿胀、松弛及无力感。症状通常在负重和剧烈运动如跑步、跳跃时加重。有研究发现, OCLTs 与踝关节外侧不稳定有着密切联系^[9]。体格检查最常发现的是踝关节腔积液, 或者是位于前外侧及前内侧踝关节的局部痛点, 需进行双侧对比。检查者需要评估踝关节及距下关节的力线、稳定性, 并进行前抽屉及内外翻试验, 以免

漏诊及误诊^[10]。X 线片缺乏检测软骨损伤和软骨分离移位的能力, CT 检查同样对软骨损伤敏感性较差, 骨扫描可对普通 X 线片显示阴性的骨软骨损伤进行评价。踝关节 CTA 可以更进一步明确损伤的程度及范围, 但其是侵入性检查, 关节腔内注射造影剂, 使患者暴露于辐射, 因此, 难以被患者接受。踝关节 MRI 检查, 能够清晰显示骨髓水肿及软组织损伤情况, 对于距骨软骨损伤具有明显的诊断价值^[6]。

4 距骨软骨损伤的治疗

4.1 保守治疗

根据 Hepple 分期, 对于 I、II 期及慢性距骨软骨损伤的初始治疗大多选择保守治疗, 急性软骨分离移位损伤是保守治疗的禁忌证^[11]。另外, 青少年及儿童患者也应选择保守治疗。在决定手术治疗前应采取至少 1 年的保守治疗, 虽然病程相对较长, 但治疗效果是肯定的, 且风险较小^[12]。保守治疗包括休息、部分负重、石膏固定、佩戴支具、服用非甾体抗炎药等。对于 I 型损伤, 治疗包括超踝石膏外固定 6 周, 并限制下肢负重, 6 个月内严禁体育活动。对于 II 型损伤, 6 周内严禁负重, 之后 2 周内限制性负重。对轻微症状的患者, 保守治疗也是值得推崇的, 因为其并不会增加发生关节炎的风险, 效果较好。

4.2 手术治疗

手术治疗适用于有症状的 III、IV、V 期患者及灶性 OCLTs 非手术治疗失败的, 或有急性撕脱碎片的患者。手术治疗包括清创、骨髓刺激术、内固定术, 以及自体软骨移植、同种异体软骨移植、自体软骨细胞移植、关节腔内注射生物附加物、超声波及电磁刺激技术、组织工程技术等^[11, 13]。

4.2.1 清创、骨髓刺激术 这是比较传统而成熟的手术方法, 适用于初次发病、病灶小, 面积 < 150 mm² 的病灶^[14], 不适合软骨下骨未暴露或软骨下骨明显破坏, 损伤范围越小, 效果越好。

清创时所有松动的软骨组织包括坏死的软骨下骨被彻底清除, 如果缺损区存在亦要求开放所有的囊性变病灶。清创之后, 用直径 2 mm 或更细如 1.4 mm 的克氏针在缺损骨质上钻孔。术后可用双拐辅助行走, 8 周内避免患肢负重, 同时使用 CPM 机功能训练, 8 周后可逐渐增加患肢负重, 3 个月后可正常行走活动。骨髓刺激术对初次及小中型距骨软骨损伤效果较好, 不论其伴或不伴有软骨下骨囊肿^[15]。

该方法的优点是微创, 可通过关节镜完成, 视野清晰, 操作简单, 费用较低, 手术效果好, 患者术后疼痛轻。缺点是骨髓刺激穿透软骨下骨诱导血清因子形成的是纤维软骨, 并非原来的透明软骨, 其生物力学性能较差, 在弹性、光滑等方面均不如透明软骨。

此方法对于小范围损伤成功率较高,但是一旦失败将造成更大范围的缺损^[16]。

4.2.2 内固定术 当关节内存在较大的软骨碎片并附有大量软骨下骨时,也可以使用内固定的方法。固定时需注意软骨下骨的损伤。固定的材料一般有金属螺钉、克氏针、可吸收螺钉、生物胶等。在急性软骨损伤中,内固定术存在很高的成功率,但对于慢性 OCLTs,治疗效果仍不明确^[17]。该方法的优点是手术操作简单,费用低,不破坏其他结构。缺点是如固定的软骨碎片不愈合甚至畸形愈合,将会造成踝关节的进一步损伤。

4.2.3 软骨移植术 包括自体软骨移植和同种异体软骨移植术。这种方法适用于较大病灶(面积>150 mm²)的 OCLTs 患者,也可适用于骨髓刺激手术失败后的翻修治疗^[18]。异体软骨移植对于缺损较大及难以接受自体骨移植的患者尤为适用,其有利于修复关节面并可避免供区损伤的风险,但存在修复时间长及排异、软骨存活力有限等问题^[12]。因此目前最常用的还是自体软骨移植。软骨多取自于同侧膝关节非负重区^[19],此方法破坏正常的膝关节,因此所取软骨大小和形状受限制,而且由于膝的软骨与距骨软骨不同,强度稍差,承受持续巨大的压力,因此又相继出现距骨关节突内外侧或前侧、髌骨、跟骨结节、胫骨内侧取骨^[20-22]。

首先要测量病变范围,确定取骨的大小和数量,选取专用器械垂直置于损伤中心处,旋转进入距骨内约 10 mm,将整个圆柱形骨软骨栓完整取出。若损伤面积大,可考虑取多枚骨软骨栓,用同样大小的取骨器械在同侧股骨髁内侧髌股关节面内上缘垂直进入股骨髁,深度与受区一致,并将其植入受区骨槽内。石膏固定 3 周,3 周内不负重活动,6 周后部分负重,8~12 周完全负重^[19,23]。

该方法的优点是可以 I 期完成手术,达到透明软骨恢复。缺点是供区存在不同程度的病理性变化,移植的软骨组织或骨栓(圆柱形移植单位)与周围的缝隙仍由纤维软骨修复,理论上不如透明软骨功能好。因存在供区损伤,故术前必须告知患者术后可能发生的供区并发症及功能障碍。Berlet 等^[24]前瞻性研究了 8 例采用同种异体距骨软骨移植治疗距骨肩部损伤的临床效果,平均随访 48 个月,均获得了疼痛和功能评分的改善。但是 5 例患者显示移植骨与宿主骨界面存在透亮线。Haene 等^[25]对 17 例距骨软骨损伤患者行异体软骨移植术,随访 4.1 年,其中 10 例得到较好效果。

因此,对于较大范围的软骨缺损及骨髓刺激手术失败后的翻修治疗,软骨移植手术是值得推荐的,

该方法操作简单,术后恢复较快,术后的短期效果满意,但长期疗效如何,仍需进一步的关注。

4.2.4 自体软骨细胞移植术 该技术通常适用于局部较大面积的软骨损伤或缺损以及较大的囊性病灶。一般在关节镜下操作,分为培养软骨细胞及移植到缺损处两部。该技术最早应用于膝关节,后逐渐成熟后应用到踝关节及其他关节处。自体软骨细胞多取自于同侧股骨髁^[26]、分离移位的骨软骨、来自于损伤距骨边缘或是胫骨前缘小的软骨碎片,进行体外培养,酶促反应使软骨分解。培养 3~4 周后,根据损伤的位置及大小,再植于软骨缺损区,并用取自于胫骨的骨膜或软骨膜瓣缝于损伤处周围的正常软骨边缘,将软骨细胞注射至骨膜瓣下方。对于深度>5 mm 的软骨损伤可先行软骨下松质骨植骨术再行自体软骨细胞移植^[27]。

该技术的优点是:能解决初次治疗失败后遗留的较大骨软骨缺损、不影响供区、可达到透明软骨修复、方便在关节镜下进行。缺点是:治疗时间长、因软骨细胞培养需至少 3~4 周,必须分期手术、治疗费用较高。Giannini 等^[27]通过对 10 例距骨软骨损伤患者行自体软骨细胞移植治疗,并对其进行 10 年随访,发现 90% 患者取得优良效果。Baums 等^[28]报道 12 例软骨移植病例,在平均 63 个月随访期间,其中 11 例患者取得较好的效果,AOFAS(美国足踝外科协会)评分从平均 43.5 分提高至 88.4 分。Nam 等^[29]报道了 11 例病例,通过平均 38 个月随访,9 例患者取得良好的效果,2 例患者失败;10 例患者在二次关节镜观察中发现所有 OCLTs 病灶已经完全覆盖,然而 20% 患者出现移植物过度增生。

因此,自体软骨细胞移植技术对于较大范围的软骨缺损及囊性病灶,是值得适用的。但其治疗周期长,费用较高,仍需患者及家属的同意。术后功能锻炼及术后移植物的过度增生问题,仍值得进一步探讨,需进一步临床研究。

4.2.5 关节腔内注射生物附加物 常用于注射的生物附加物包括透明质酸、富含血小板血浆及骨髓间充质干细胞。透明质酸可作为辅助疗法用于软骨损伤,富含血小板的血浆在创伤刺激下可以凝结成块,它包含了大量高浓度的血小板衍生生长因子以及转化生长因子(TGF- β)。这些因子在刺激骨、软骨形成起着关键性作用^[30]。骨髓间充质干细胞可以轻易地从骨髓中抽取,并分离出少量具有多重分化功能的细胞,它们具有分化成关节软骨、诱导软骨下骨生成的能力^[31]。近几年来,在动物实验中,骨髓间充质干细胞可以成功修复骨软骨缺损^[32]。关节腔内注射技术可以改善损伤处的内环境、刺激软骨再生,但

其注射时间、注射频率及远期效果等问题尚需进一步研究^[33]。因其为有创操作,需向患者详细介绍操作过程及预期效果,临床推广仍具有一定难度。

4.2.6 超声波及电磁刺激技术 超声波是一种压力波,它能将声波的压力转化为组织所需的机械能。低频脉冲超声可以加速新鲜骨折及软骨的愈合。超声通过转化生长因子调节间充质干细胞来加强软骨基质形成和保持软骨细胞分化。有研究发现,在动物实验模型中,低频超声对其膝关节软骨损伤具有明显改善。另外,大量实验表明,电刺激可以增强间充质干细胞的分化和软骨细胞的增殖^[34]。

超声波及电磁刺激技术在治疗软骨损伤中,仍具有一定的地位。因其无放射性损伤及侵入性操作,更容易被一些患者所接受,但对于较大面积的软骨损伤,其治疗效果仍处于研究阶段。

4.2.7 组织工程技术 组织工程技术是近几年的新兴技术,是指使用生物学、化学、工程学的方法,通过利用生物学材料、细胞、因子及其联合作用使活的组织修复、重建、再生。目前常用的组织工程学修复软骨损伤方法有 3 个:(1)从患者自身提取合适的细胞在试管中培养,然后再将其移植回病损部位;(2)在病灶部位放置生物因子,如分子或生长因子;(3)利用三维多孔材料促进新组织生长。目前,表皮生长因子、转化生长因子、胰岛素样生长因子已经被证实是促进骨和软骨生长、分化的关键因子^[35]。O'Loughlin 等^[36]研究发现在骨软骨损伤动物模型上运用重组人 BMP-2(骨形态发生蛋白-2)可以促进软骨下骨的形成,改善关节软骨组织学形态。BMP-2 对于研究者来说具有特殊的兴趣,因为其参与骨髓间充质干细胞转化成软骨细胞和成骨细胞。骨膜复合间充质干细胞和软骨细胞体内移植、骨髓间充质干细胞复合多肽凝胶及成软骨生成因子等均可用于距骨软骨损伤的修复。尽管对该项技术的应用存在一定的争议,但组织工程技术的发展仍是大势所趋。

另外,对于有些距骨软骨损伤极其严重的,可考虑进一步行踝关节融合及踝关节置换手术,但其手术适应证应严格把握。

5 总结与展望

综上所述,随着医疗技术的发展及人们对自身健康的关注,距骨软骨损伤越来越被人们所关注,这一领域对于骨科及足踝外科的医师来讲极具挑战。随着新技术的研究及发展,需要对距骨软骨损伤的形式、大小及部位进行详细的评估及判断,选择最适宜的诊疗方案,以达到患者最满意的治疗效果。但目前治疗方法多种多样,各有适应证及优缺点,对于轻度损伤,可以采用保守治疗,手术治疗方法中,清创、

骨髓刺激术、软骨移植及自体软骨细胞移植术最为常用,其近期治疗效果满意,但远期疗效仍值得商榷。对于自体软骨细胞移植术及新兴的组织工程学治疗技术,具有广阔的临床科研前景,也需要更多的临床证据来支持。

参考文献

- [1] Savage-Elliott I, Ross KA, Smyth NA, et al. Osteochondral lesions of the talus: a current concepts review and evidence-based treatment paradigm[J]. *Foot Ankle Spec*, 2014, 7(5): 414-422.
- [2] Aichroth P. Osteochondritis dissecans of the knee. A clinical survey [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1971, 53(3): 440-447.
- [3] Steinhagen J, Niggemeyer O, Bruns J. Etiology and pathogenesis of osteochondrosis dissecans tali [J]. *Orthopade*, 2001, 30(1): 20-27.
- [4] Dipaola JD, Nelson DW, Colville MR. Characterizing osteochondral lesions by magnetic resonance imaging [J]. *Arthroscopy*, 1991, 7(1): 101-104.
- [5] Ferkel RD, Flannigan BD, Elkins BS. Magnetic resonance imaging of the foot and ankle: correlation of normal anatomy with pathologic conditions [J]. *Foot Ankle*, 1991, 11(5): 289-305.
- [6] 方军杰, 陈良, 胡碧波, 等. 距骨骨软骨损伤的 MRI 诊断及骨软骨移植术后的动态随访分析 [J]. *中国骨伤*, 2016, 29(9): 814-819.
FANG JJ, CHEN L, HU BB, et al. MRI diagnosis of osteochondral lesions in the talus and the dynamic follow-up analysis after osteochondral transplantation [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2016, 29(9): 814-819. Chinese with abstract in English.
- [7] Hepple S, Winson IG, Glew D. Osteochondral lesions of the talus: a revised classification [J]. *Foot Ankle Int*, 1999, 20(12): 789-793.
- [8] Mintz DN, Tashjian GS, Connell DA, et al. Osteochondral lesions of the talus: a new magnetic resonance grading system with arthroscopic correlation [J]. *Arthroscopy*, 2003, 19(4): 353-359.
- [9] Lee M, Kwon JW, Choi WJ, et al. Comparison of outcomes for osteochondral lesions of the talus with and without chronic lateral ankle instability [J]. *Foot Ankle Int*, 2015, 36(9): 1050-1057.
- [10] Cha SD, Kim HS, Chung ST, et al. Intra-articular lesions in chronic lateral ankle instability: comparison of arthroscopy with magnetic resonance imaging findings [J]. *Clin Orthop Surg*, 2012, 4(4): 293-299.
- [11] Murawski CD, Kennedy JG. Operative treatment of osteochondral lesions of the talus [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2013, 95(11): 1045-1054.
- [12] 顾文奇, 施忠民, 柴益民, 等. 距骨骨软骨损伤治疗研究进展 [J]. *国际骨科学杂志*, 2009, 30(3): 181-183.
GU WQ, SHI ZM, CHAI YM, et al. Progress on treatment of osteochondral lesions of the talus [J]. *Guo Ji Gu Ke Xue Za Zhi*, 2009, 30(3): 181-183. Chinese.
- [13] Savage-Elliott I, Ross KA, Smyth NA, et al. Osteochondral lesions of the talus: a current concepts review and evidence-based treatment paradigm [J]. *Foot Ankle Spec*, 2014, 7(5): 414-422.
- [14] Hannon CP, Murawski CD, Fansa AM, et al. Microfracture for osteochondral lesions of the talus: a systematic review of reporting of outcome data [J]. *Am J Sports Med*, 2013, 41(3): 689-695.
- [15] Lee KB, Park HW, Cho HJ, et al. Comparison of arthroscopic microfracture for osteochondral lesions of the talus with and without subchondral cyst [J]. *Am J Sports Med*, 2015, 43(8): 1951-1956.

- [16] 魏民, 刘洋. 关节镜下微骨折治疗距骨骨软骨损伤的临床观察[J]. 中国骨伤, 2017, 30(8): 751-754.
WEI M, LIU Y. Clinical effects of arthroscopic microfracture on osteochondral lesions of the talus[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(8): 751-754. Chinese with abstract in English.
- [17] Zanon G, Di Vico G, Marullo M. Osteochondritis dissecans of the talus[J]. Joints, 2014, 2(3): 115-123.
- [18] Kennedy JG, Murawski CD. The treatment of osteochondral lesions of the talus with autologous osteochondral transplantation and bone marrow aspirate concentrate: surgical technique[J]. Cartilage, 2011, 2(4): 327-336.
- [19] Hintermann B, Wagener J, Knupp M, et al. Treatment of extended osteochondral lesions of the talus with a free vascularised bone graft from the medial condyle of the femur[J]. Bone Joint J, 2015, 97B(9): 1242-1249.
- [20] Georgiannos D, Bisbinas I, Badekas A. Osteochondral transplantation of autologous graft for the treatment of osteochondral lesions of talus: 5-to 7-year follow-up[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2016, 24(12): 3722-3729.
- [21] 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[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 22(6): 1304-1310.
- [22] Calder JD, Ballal MS, Deol RS, et al. Histological evaluation of calcaneal tuberosity cartilage - A proposed donor site for osteochondral autologous transplant for talar dome osteochondral lesions[J]. Foot Ankle Surg, 2015, 21(3): 193-197.
- [23] Kennedy JG, Murawski CD. The treatment of osteochondral lesions of the talus with autologous osteochondral transplantation and bone marrow aspirate concentrate: surgical technique[J]. Cartilage, 2011, 2(4): 327-336.
- [24] Berlet GC, Hyer CF, Philbin TM, et al. Does fresh osteochondral allograft transplantation of talar osteochondral defects improve function[J]. Clin Orthop Relat Res, 2011, 469(8): 2356-2366.
- [25] Haene R, Qamirani E, Story RA, et al. Intermediate outcomes of fresh talar osteochondral allografts for treatment of large osteochondral lesions of the talus[J]. J Bone Joint Surg Am, 2012, 94(12): 1105-1110.
- [26] Buda R, Vannini F, Castagnini F, et al. Regenerative treatment in osteochondral lesions of the talus: autologous chondrocyte implantation versus one-step bone marrow derived cells transplantation[J]. Int Orthop, 2015, 39(5): 893-900.
- [27] Giannini S, Battaglia M, Buda R, et al. Surgical treatment of osteochondral lesions of the talus by open-field autologous chondrocyte implantation: a 10-year follow-up clinical and magnetic resonance imaging T2-mapping evaluation[J]. Am J Sports Med, 2009, 37(Suppl 1): 112S-118S.
- [28] Baums MH, Heidrich G, Schultz W, et al. Autologous chondrocyte transplantation for treating cartilage defects of the talus[J]. J Bone Joint Surg Am, 2006, 88(2): 303-308.
- [29] Nam EK, Ferkel RD, Applegate GR. Autologous chondrocyte implantation of the ankle: a 2-to 5-year follow-up[J]. Am J Sports Med, 2009, 37(2): 274-284.
- [30] Baums MH, Schultz W, Kostuj T. Cartilage repair techniques of the talus: An update[J]. World J Orthop, 2014, 5(3): 171-179.
- [31] Kim YS, Lee HJ, Yeo JE, et al. Isolation and characterization of human mesenchymal stem cells derived from synovial fluid in patients with osteochondral lesion of the talus[J]. Am J Sports Med, 2015, 43(2): 399-406.
- [32] Jeong WK, Oh SH, Lee JH, et al. Repair of osteochondral defects with a construct of mesenchymal stem cells and a polydioxanone/poly(vinyl alcohol) scaffold[J]. Biotechnol Appl Biochem, 2008, 49(Pt 2): 155-164.
- [33] Savage-Elliott I, Ross KA, Smyth NA, et al. Osteochondral lesions of the talus: a current concepts review and evidence-based treatment paradigm[J]. Foot Ankle Spec, 2014, 7(5): 414-422.
- [34] Akai M, Hayashi K. Effect of electrical stimulation on musculoskeletal systems: a meta-analysis of controlled clinical trials[J]. Bioelectromagnetics, 2002, 23(2): 132-143.
- [35] Nejadnik H, Daldrup-Link HE. Engineering stem cells for treatment of osteochondral defects[J]. Skeletal Radiol, 2012, 41(1): 1-4.
- [36] O'Loughlin PF, Heyworth BE, Kennedy JG. Current concepts in the diagnosis and treatment of osteochondral lesions of the ankle[J]. Am J Sports Med, 2010, 38(2): 392-404.

(收稿日期: 2017-09-12 本文编辑: 李宜)