

关节镜下距骨骨软骨损伤的治疗进展*

张琰冰 综述 杨渝平**^① 审核

(北京大学第三医院崇礼院区运动医学科,崇礼 076350)

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2024)12-0820-08

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2024.12.008

踝关节是人体重要的运动和负重关节,极易受损。踝关节损伤占有所有运动损伤的 20%~40%,其中距骨骨软骨损伤(osteochondral lesions of the talus, OLT)70%以上由踝关节急性扭伤或骨折引起^[1]。此外,部分 OLT 可继发于自身免疫性疾病、内分泌疾病或代谢异常、慢性踝关节不稳、软组织撞击等全身或局部疾患。OLT 多见于青壮年男性,是“距骨剥脱性骨软骨炎、距骨骨软骨骨折、距骨骨软骨病”等疾病的统称^[2],主要表现为距骨表面软骨和软骨下骨的急、慢性损伤。随着内镜技术的快速发展,关节镜手术以微创、精细、视野好、并发症少、恢复快、出血少、感染率低等特点成为 OLT 治疗中不可或缺的方式。本文对关节镜下 OLT 的治疗进展进行文献总结。

1 距骨的解剖与功能

距骨按解剖特点分为头部、颈部及体部。头部位于前方,体部位于后方,其上关节面称为滑车,由软骨覆盖。距骨没有肌肉附着,仅依靠动脉供血,胫后动脉为距骨最重要的供血血管,为体部和颈部提供充分的血液供应。该动脉一旦受损,将导致距骨体部不可逆的供血障碍^[3]。此外,由于距骨软骨内部无血管和神经,损伤后自我修复能力较差,通常需要手术干预。

2 OLT 的临床表现、体格检查、影像学检查及分型

OLT 患者早期可能没有任何症状,继而可能出

现关节肿胀、僵硬、活动受限等。大部分患者往往因疼痛影响正常生活、运动而就诊。OLT 患者查体多可发现关节间隙压痛、周围肿胀、关节主动或被动活动度降低、关节弹响、部分患者抽屉试验阳性、内外翻应力试验可能会诱发疼痛加重等。

X 线检查为 OLT 的首选检查内容。Berndt 等^[4]1959 年提出首个基于 X 线片的 OLT 分型系统:I 型,软骨下骨质压缩;II 型,骨软骨碎片部分分离;III 型,无移位的骨软骨碎片完全分离;IV 型,骨软骨片完全分离并移位。Loomer 等^[5]1993 年基于此分型完善加入软骨下骨囊肿的损伤类型,该分型为目前临床上仅次于 MRI 分型的最常见分型。OLT 的 CT 分型因对单纯软骨损伤的敏感度较低,临床上应用较少。

20 世纪末,Hepple 等^[6]修正和完善了基于 MRI 的 OLT 分型:I 型,仅有关节软骨损伤;II 型,关节软骨损伤,伴软骨下骨隐匿性骨折;III 型,骨软骨片与距骨体分离但无移位;IV 型,骨软骨片和距骨体分离且移位;V 型,软骨下骨囊肿形成。这套分型方法目前在临床应用最为广泛。Mintz 等^[7]2003 年提出 1 种同时适用于 MRI 和关节镜的分型方法:0 期,正常;1 期,关节软骨面保持完整但在 T2WI 上呈高信号;2 期,关节面纤维化或有裂隙,但未累及软骨下骨质;3 期,软骨瓣状损伤或软骨下骨暴露;4 期,骨软骨块分离但无移位;5 期,骨软骨块分离且移位。该分型方法受到关节外科医生的青睐。随着研究的

* 基金项目:2023 年国家自然科学基金面上项目(82372449);2023 年度北京大学第三医院临床队列建设项目(BYSYDL2023013)

** 通讯作者,E-mail:yyyypvip@sina.com

①(北京大学第三医院运动医学科,北京 100191)

不断深入,未来必定会有更加科学、便捷的分型方法用于临床诊疗。

3 保守治疗

OLT 患者首选保守治疗,只有关节内有较大的游离骨块者才选择急性期进行手术。保守治疗与患者的年龄、症状及分型密切相关,对年龄较小、症状较轻、Hepple 分型为 I、II 型以及急性期 III 型的患者,可以考虑采取保守治疗。具体标准参照 2018 年国际会议的 OLT 保守治疗专家共识^[8]:①无症状患者;②偶然发现的患者;③非创伤性急性 OLT 患者;④年龄较大,踝关节功能较差的患者;⑤有邻近关节关节炎体征的患者;⑥儿童、青少年患者。

常用的保守治疗方法包括踝关节制动 4~6 周,辅助石膏固定、踝关节支具、物理治疗、中医中药、非甾体抗炎药等,但要注意在保守治疗的过程中防止肌肉萎缩及形成下肢静脉血栓,建议在保守治疗的同时加强护理及适当的功能锻炼。

4 关节镜手术治疗

对于经过 3~6 个月的保守治疗无效或疗效不佳的患者,以及 Hepple 分型为 II~V 型且症状严重的患者,建议手术治疗。目前,主流治疗方式为关节镜手术,包括关节镜下病灶清理、微骨折、逆行钻孔、骨软骨固定、自体或异体骨软骨移植、自体软骨细胞移植、自体骨-骨膜移植、关节内生物制剂及组织工程技术和关节融合等^[9]。OLT 外科干预的主要目标是清除游离软骨、刺激新软骨再生、避免大面积软骨损伤、减轻症状等。由于 OLT 治疗方法众多,效果存在争议,下面详细总结关节镜下 OLT 治疗方案的适应证及疗效,为关节外科医生提供参考。

4.1 骨软骨块固定术

在踝关节创伤后,对于移位的骨软骨骨块较大,且伴随大量软骨下骨的距骨骨软骨损伤,可考虑采用关节镜下或切开截骨复位内固定进行治疗。与其他手术技术相比,固定术的优势在于保留原生透明软骨,即刻稳定骨折片段并恢复距骨穹隆的一致性,同时促进软骨下骨的愈合。常见的内固定材料包括克氏针、埋头钉、皮质骨钉和可吸收软骨钉等,这些材料均适用于固定大的、不稳定或分离的距骨碎片。此外,在确保固定的同时,关节镜下清理距骨和碎片

之间的软组织同样至关重要。

在一项回顾性研究中,Rak Choi 等^[10]回顾 26 例接受内固定治疗的 OLT,77% (20/26) 患者的治疗效果理想,研究显示内固定方法在骨骼未成熟和骨骼成熟的踝关节患者之间差异无显著性。Haraguchi 等^[11]报道 44 例骨软骨碎片通过自截骨部位进行固定,无论碎片大小和急慢性病情,均取得优异的疗效。儿童患者如果保守治疗失败,该技术也可用于处理不稳定和分离的骨软骨碎片。

“提升-钻孔-填充-固定”(lift-drill-fill-fix, LDFF) 技术是一项最新应用于 OLT 的内固定技术^[12]。LDFF 技术适用于直径 ≥ 10 mm,厚度 ≥ 3 mm、骨软骨碎片主要为片状的 OLT。对于慢性 OLT,LDFF 手术被视为通过骨下钻孔、自体骨移植和压缩修复关节内非愈合区域的有效方法。LDFF 可以采用开放手术和关节镜 2 种方式操作。Rikken 等^[13]报道 18 例(20 个踝关节)接受关节镜 LDFF 手术,平均随访 7 年:行走时疼痛数字评定量表(Numerical Rating Score,NRS)从术前中位数 7 分显著改善至末次随访 0 分($P < 0.001$),随访 1 年到末次随访,这一结果持续存在;跑步时疼痛 NRS 从术前中位数 8 分显著改善至末次随访 2 分($P < 0.001$);休息时疼痛 NRS 从术前中位数 2.5 分显著改善至末次随访 0 分($P < 0.001$),效果满意。距骨内侧软骨病变的外科治疗通常通过内踝截骨术进行,然而,内踝截骨术是一种侵入性手术,可能对临床结果产生负面影响。关节镜下不采用内踝截骨术固定 OLT 内侧病变同样可以提供良好的临床效果。Nakasa 等^[14]报道 12 例(13 个踝关节)关节镜下未经内踝截骨术进行内侧 OLT 固定,在碎片与其骨床间进行刮除和植骨,在内踝内建立 2 mm 骨隧道,通过骨隧道插入并固定生物可吸收针,以固定骨软骨碎片,美国足踝矫形协会(American Orthopedic Foot and Ankle Society,AOFAS)评分从术前(76.6 ± 3.4)分升高到术后 1 年(98.5 ± 3.8)分,充分证明关节镜下 LDFF 治疗内侧 OLT 微创且临床效果显著。

4.2 骨髓刺激及逆行钻孔术

这种手术方法包括关节镜下病灶清理、微骨折、微钻孔及逆行钻孔等步骤,是目前全世界外科医生使用最多的一种治疗方法^[15]。对于损伤面积较小的 OLT,可在关节镜下使用刨刀等进行病变部位的

清理和新鲜化处理,直至暴露正常的软骨下骨。随后使用微骨折器械或 2.0 mm 克氏针穿透软骨下骨骨板,破裂的血管会释放生长因子,促进纤维蛋白凝块形成,逐渐引导新的血管生长。骨髓释放的多功能造血干细胞会在损伤区形成纤维软骨,填补缺损的透明软骨^[16,17]。Choi 等^[18]研究骨髓刺激术与软骨损伤范围的临床治疗效果关系,软骨损伤面积 $> 1.5 \text{ cm}^2$,手术失败率 80% (20/25);软骨损伤面积 $< 1.5 \text{ cm}^2$,失败率 10.5% (10/95)。2017 年德国骨科和创伤外科协会建议 $< 1.5 \text{ cm}^2$ 且深度 $< 5 \text{ mm}$ 的病变,可行清创骨髓刺激术^[19]。Ramponi 等^[20]系统性综述显示骨髓刺激术最适合用于面积 $< 107.4 \text{ mm}^2$ 或直径 $< 10.2 \text{ mm}$ 的 OLT,大于这个数值的软骨缺损建议采用生物支架辅助治疗。逆行钻孔的适应证仅限于 Berndt 和 Harty 分型的 I 或 II 期病变。对于生长期的青少年儿童,逆行钻孔治疗 OLT 比成人效果更好^[21]。然而,Körner 等^[22]报道在青少年患者中,逆行钻孔后翻修率高达 50% (4/8)。

在临床中对于伴有囊肿形成的 OLT,骨髓刺激治疗的效果存在争议,目前尚无充足证据明确哪种方法更为可靠。对于软骨完整的软骨下骨囊变,可以考虑使用逆行钻孔技术^[23]。这一方法的主要优点是不损害完整的软骨,但对术者的技术要求较高。在 C 形臂透视辅助下,首先建立直径 3.5 ~ 4.5 mm 的逆行钻孔,根据囊肿的大小适当调整骨道的直径,然后在囊肿内填充自体或同种异体的松质骨或骨替代物。Anders 等^[24]对 38 例利用荧光镜引导进行逆行钻孔-自体松质骨移植治疗,早期病变患者往往具有更好的治疗结果。Huber 等^[25]对 24 例病变表面 $(0.9 \pm 0.3) \text{ cm}^2$ 的 OLT 进行逆行钻孔自体骨植入,平均随访 89 个月,AOFAS 踝-后足评分均值从术前 57.7 分显著改善至末次随访 88.8 分 ($P < 0.0001$),取得良好的长期结果。然而,由于囊变伴随骨坏死的出现,不太可能通过单一钻孔骨道到达并彻底清除囊变处的坏死组织。因此,期待未来能够出现更科学、精准的改良术式,以提高治疗效果。

4.3 骨软骨移植术

目前,临床上常使用的骨软骨移植术包括自体骨软骨移植 (autologous osteochondral transplantation, AOT)、同种异体骨软骨移植 (osteochondral allograft transplantation, OAT) 及同种异体幼年软骨微粒移植

(particulated juvenile cartilage allograft transplantation, PJCAT)。AOT 和 OAT 通常需要关节镜辅助进行关节内清理,然后行内踝切开截骨、显露病变处进行操作;PJCAT 通常在关节镜下完成,操作相对简便,避免内踝切开截骨,减少创伤、截骨并发症及自体供区并发症^[26]。

骨软骨移植术主要用于 OLT 病损面积较大、存在囊性骨缺损以及骨髓刺激术失败的患者。通过这种方法,避免因骨髓刺激术诱导的纤维软骨的生物力学和机械性能不足等问题。AOT 的供体通常取自膝关节股骨滑车、髁间窝、胫腓关节和距骨等非负重区,这样做的好处是避免排异反应,增加手术成功的几率,但供区的并发症却不容忽视。Shimozono 等^[27]研究表明 87% (132/151) 的 AOT 患者在骨软骨移植术后临床效果为良~优,MRI 显示关节面恢复良好。Wan 等^[28]对 24 例 OLT 进行局部距骨非承重关节面获取骨软骨进行 AOT 治疗,术后平均随访 50.9 月,视觉模拟评分 (Visual Analogue Scale, VAS) 从术前 (6.1 ± 2.3) 分降至术后 (2.0 ± 1.4) 分 ($P < 0.001$),AOFAS 踝-后足评分从术前 (61.3 ± 19.0) 分提高到术后 (84.9 ± 9.2) 分 ($P < 0.001$)。Shimozono 等^[29]研究显示 AOT 后供体部位并发症发生率为 6.7% ~ 10.8%。Winkler 等^[30]对 35 例 AOT 进行长达 20 年的随访研究,结果显示随着时间的延长,供体区的疼痛可逐渐消失。

OAT 主要用于 OLT 局限性缺损 ($\geq 2 \text{ cm}^2$)、恐惧 AOT 或运动员患者。这种方法的优点是不存在供区的疼痛和其他并发症问题,但却带来其他如恢复时间较长、可能出现排异反应、感染率增加等问题。Gaul 等^[31]采用新鲜冷冻 OAT 治疗 20 例面积 $> 2 \text{ cm}^2$ 的 OLT,同种异体骨移植物 5 年存活率为 88.7%,10 年生存率为 81.3%,综合存活率为 83%。El-Rashidy 等^[32]对 38 例 OAT 进行研究,平均随访 37 个月,7 例复查关节镜;4 例移植物存活好,其中 1 例异体软骨面消失 5 ~ 6 mm²;3 例移植骨软骨不稳定,其中 1 例移植软骨面广泛变性。与 AOT 相比,OAT 手术失败率、软骨磨损率及移植物周围囊变率均较高,可能与软骨细胞的活性及移植物的血供等有关。总体来说,虽然 OAT 是一个有效的治疗选择,但其潜在的风险和并发症需在临床决策时仔细权衡。

PJCAT 是近年来出现的一种新的治疗 OLT 初次清创和微骨折失败后的挽救手术。该技术利用剪碎后的青少年软骨颗粒,并通过纤维蛋白胶粘剂将其固定在缺损区,从而修复损伤。Aldawsari 等^[33]对多项 PJCAT 的研究进行综合分析,132 例中 44 例术后进行 AOFAS 踝-后足评分,经过 25.5 月随访,AOFAS 踝-后足评分平均 86.14 分;81 例进行足踝结局评分(Foot and Ankle Outcome Score, FAOS),经过 23.6 月随访,FAOS 均值从术前 47.35 分提高到 62.88 分。尽管这些早期结果显示 PJCAT 在临床应用中具有潜力,但目前该技术尚缺乏大量临床应用证据证实其长期疗效。Butler 等^[34]系统性综述 241 例 PJCAT 治疗 OLT[加权病变大小(138.3 ± 59.6) mm^2],随访(29.0 ± 24.9)月,并发症发生率 25.2% (61/241),其中最常见的是移植物肥大发生率 13.2% (32/241),首次手术后(9.8 ± 9.6)月,临床失败率 12.4% (30/241)。此外,国内使用该技术的案例也较少。因此,进一步研究和临床试验将有助于更好地评估 PJCAT 的有效性和安全性,以及其在骨软骨缺损治疗中的应用前景。

4.4 软骨再生技术

软骨再生技术在临床中的应用日益增多,涉及的领域也越来越广泛。随着医疗技术的快速发展和对 OLT 治疗研究的深入,出现多种技术方法,其中自体软骨细胞移植成为临床研究的热门方向。自体软骨细胞移植通常从关节内非负重区获取软骨,例如膝关节股骨关节面及距骨前缘。获取的软骨经过裁剪、培养和细胞扩增后,最终植入软骨缺损处并用骨膜覆盖,拟形成类似天然关节的软骨组织,从而达到治疗的目的。这种方法更适用于病变周围软骨正常、软骨缺损 $>1 \text{ cm}^2$ 及初次治疗失败后遗留软骨缺损较大的 OLT 患者^[35,36]。对于软骨下骨囊变较大的患者,需要先进行松质骨填充。尽管可以在关节镜下完成治疗,但该技术要求高,治疗恢复时间较长,花费高昂,且可能需要多次手术,因此,在临床推广存在局限。

López-Alcorocho 等^[37]对高密度自体软骨细胞植入术后 2 年的组织学研究显示新生组织为软骨组织。目前,该技术存在细胞渗漏、分布不均和骨膜增生肥大等问题,临床上常采用第 2 代自体基质诱导软骨形成 (autologous matrix-induced chondrogenesis,

AMIC) 技术。该技术将细胞植入一个通常以胶原或透明质酸为基础的生物可降解材料组成的载体基质中。3D 支架为软骨细胞提供仿真的人体环境,使细胞均匀分布,提高活性细胞的利用率和匹配度,减少第 1 代技术的缺陷。Weigelt 等^[38]报道 33 例 AMIC 技术,88% (29/33) 软骨缺损填充满意,踝关节功能良好。Migliorini 等^[39]在系统综述中比较 AMIC 技术与膜诱导的自体软骨细胞移植 (membrane-induced autologous chondrocyte implantation, mACI), AMIC 374 例, mACI 317 例,随访时间 (44.1 ± 21.0) 月,术后 VAS 评分 [AMIC: 术前 (7.0 ± 1.2) 分 vs. 术后 (2.1 ± 0.7) 分, mACI: 术前 (6.4 ± 0.9) 分 vs. 术后 (1.9 ± 0.2) 分, $P = 0.8$] 和 AOFAS 评分 [AMIC: 术前 (54.4 ± 6.6) 分 vs. 术后 (86.8 ± 5.7) 分, mACI: 术前 (57.2 ± 8.2) 分 vs. 术后 (86.1 ± 6.4) 分, $P = 0.8$] 差异无显著性。Jantzen 等^[40]系统综述显示 AMIC 治疗效果存在很大差异,缺乏比较研究。虽然该治疗技术的研究正在增加,但仍需要进一步优化设计。

4.5 清创自体骨-骨膜移植术

清创自体骨-骨膜移植术是利用骨膜的软骨化生能力,常用于治疗面积较大的 OLT 或伴有软骨下骨囊变。供区通常来自自体胫骨或髌骨的骨骼。该技术式首先需要在关节镜下彻底清理病变区内的囊内坏死骨与病变组织,然后将取自胫骨或髌骨的带骨膜骨骼植入病变缺损处,必要时还需进行内踝截骨手术。袁毅等^[41]报道 28 例利用胫骨来源的骨-骨膜移植修复 OLT,术后疗效良好。于胜文等^[42]报道 13 例行骨-骨膜移植,其中 1 例出现骨膜增殖异常,其余供体区无疼痛情况,患者总体满意度为 85.7%。Guo 等^[43]对 26 例 Hepple V 型 OLT 行自体髌骨骨-骨膜移植,平均随访 30.2 月,AOFAS、足功能指数 (Foot Function Index, FFI)、疼痛 VAS 评分、软骨修复组织的磁共振观察评分及二次关节镜检查证实,自体髌骨骨-骨膜移植治疗巨大囊性 OLT 可获得满意的临床效果。骨-骨膜移植术虽然避免软骨可能的分离及供体区并发症,但术后可能出现骨膜层异常增生引起的疼痛,对患肢功能会造成影响。近年来,随着技术的进步,该技术的临床应用逐渐增多,但仍然缺乏更多的样本和证据证实其明确的疗效。

4.6 生物制剂辅助技术

近年来,生物制剂作为 OLT 的辅助治疗方法得到快速发展,作为一种新型治疗手段,在临床中得到认可并引起深入研究,但对于不同大小及分型的 OLT 适应证尚无明确标准。常用的临床生物制剂包括富血小板血浆 (platelet rich plasma, PRP)、浓缩的骨髓提取物 (bone marrow aspirate concentrate, BMAC)、透明质酸以及多种来源的间充质干细胞等。这些生物制剂在关节内能够改善软骨修复的质量和关节内环境,其中 PRP 技术尤其受到关注。PRP 中血小板浓度超过生理浓度,常取自外周循环血进行制备,含有大量促组织再生的生长因子。Basciani 等^[44] meta 分析显示接受 PRP、透明质酸和 BMC 浸润辅助治疗的 OLT 患者均获益,接受 PRP 注射的患者 AOFAS、VAS 评分取得最佳结果。Huang 等^[45] meta 分析显示关节镜下微骨折术联合 PRP 注射治疗 OLT 可明显减轻疼痛,改善踝关节功能。然而,关于 PRP 治疗的更多研究缺乏长期的临床报道,高水平证据不足,长期安全性有待进一步观察,制备标准也需统一。关于 BMAC 的辅助治疗,Kiein 等^[46] meta 分析显示没有足够的证据支持 BMAC 作为 OLT 辅助治疗对临床结局产生积极的影响。软骨支架材料的出现,为临床治疗软骨损伤提供新的研究方向,其中复合材料的优势明显高于天然生物材料、人工合成高分子材料和纳米材料。复合软骨支架材料的研究为临床 OLT 问题的解决提供一条新的途径^[47]。Albano 等^[48] 研究显示虽然直接植入软骨支架理论上可以缩短手术时间及降低费用,手术失败率为 31% (5/16)。综上,生物制剂辅助治疗 OLT 的研究正成为热点,但在技术标准、长期证据及安全性等方面仍缺乏足够的临床研究。相信在不久的将来,会有更令人信服的证据出现。

4.7 组织工程技术

组织工程是近年来兴起的一门新学科,研究主要包括 4 个方面:种子细胞、生物材料、组织和器官的构建方法与技术,以及组织工程的临床应用。软骨组织工程综合材料学、再生医学和相关生命科学的基本原理和方法,将种子细胞在体外培养和扩增,然后将其与组织相容性良好且可降解吸收的三维支架材料结合,形成具有生物活性的复合物,最终植入体内以修复病损部位。常用方法大致有 3 种:自体

组织移植、异体组织移植或使用人工代用品。间质干细胞 (mesenchymal stem cells, MSC) 具有分化为软骨细胞的潜能,常被选作关节软骨组织工程中的种子细胞,发挥重要作用。目前,骨髓 MSC 和脂肪 MSC 是研究的热点^[49]。然而,对于软骨疾病治疗的优化体系,目前尚无统一公认的标准,因此此过程涉及的因素复杂多样,尚缺乏系统的归纳和总结。ImGI 等^[50] 认为脂肪 MSC 的成软骨潜能可能不及骨髓 MSC,因此,脂肪组织作为干细胞来源,尚需进一步研究。Vannini 等^[51] 对 140 名 OLT 运动员进行关节镜下“一步式”基于骨髓源性细胞移植修复, AOFAS 评分从术前 (58.7 ± 13.5) 分提高到术后 24 个月 (90.6 ± 8.6) 分 ($P < 0.005$), 48 个月提高到 (90.9 ± 10.7) 分, 72.8% (101/140) 的患者能恢复伤前水平的运动。我们认为以 MSC 为基础的组织工程技术,未来有广阔的发展前景。

4.8 踝关节融合术

严重的 Hepple IV、V 型 OLT 将导致踝关节炎,如无效干预将导致踝关节出现严重畸形、重度骨关节炎、大面积胫距关节软骨剥脱伴软骨下囊变,无法行踝关节表面置换时可考虑行关节镜下踝关节融合术,这是一种被动的终末期手术,主要目的是减轻疼痛和关节畸形等,帮助患者尽可能恢复大部分正常生活。张春等^[52] 对 60 例终末期 OLT 引起的踝关节炎行关节镜下踝关节融合术,术后 6 个月进行踝关节评分 (包括疼痛、功能、活动度评分), 总分从术前 (18.32 ± 2.33) 分提高到术后 (78.5 ± 6.5) 分 ($P < 0.05$), 证实关节镜下踝关节融合术是治疗严重 OLT 引起踝关节炎的一种有效的微创方法。Li 等^[53] 比较晚期踝关节炎行踝关节融合术中使用 3D 打印导板辅助关节镜与传统切开,前者在减少透视频率 [(1.7 ± 0.8) 次 vs. (5.2 ± 1.2) 次, $t = 10.604$, $P < 0.01$]、减轻术后疼痛 [VAS 评分 $M(IQR)$: 1.50 (1.00) 分 vs. 3.00 (1.00) 分, $Z = -3.937$, $P < 0.01$] 和缩短住院时间 [(5.5 ± 0.9) d vs. (6.4 ± 1.5) d, $t = 2.480$, $P = 0.018$] 方面具有明显优势。综上,虽然关节镜下踝关节融合术得到越来越多的临床医生认可,优势明显,但必须掌握严格的适应证,同时对医者的关节镜微创技术要求较高,未来随着技术的不断完善和成熟,踝关节融合术将会出现标准化共识。

4.9 OLT 治疗的前沿

在 OLT 治疗中,一些前沿方法逐渐在临床中得到应用,未来的研究可能包括新技术、药物干预和细胞疗法,这些方法可能更适合前瞻性观察性研究,如机器人导航技术、生物佐剂及组织工程技术。陈小强等^[54]开创性地使用机器人导航辅助下逆向钻孔治疗 OLT,10 例平均随访 8 个月,疗效满意。吴潘等^[55]指出 MSC 将成为未来治疗 OLT 的研究热点。我们相信这些技术将在未来的治疗中逐渐成熟,成为热点和主流。同时,针对上述新兴手段的标准化治疗流程将为 OLT 患者带来福音。

5 小结

OLT 的治疗方法众多,当前主要治疗方案效果明显,但仍存在相应的局限性,且临床实践中受限于医疗条件和设备,很难做到最优选择,因此,目前 OLT 的治疗尚缺乏标准化治疗方案。外科医生需要详细评估患者的症状及临床表现,对于需要手术治疗的患者,应严格把握不同治疗方案的适应证。目前,关节镜下治疗作为 OLT 的主流治疗策略,主要围绕软骨的修复、再生和替代等方面进行操作。足踝外科医生在掌握当前技术的同时,还应注重技术创新,紧跟前沿,制定更适合患者的治疗方案,以便更好地为 OLT 患者提供医疗服务。

参考文献

1 Leontaritis N, Hinojosa L, Panchbhavi VK. Arthroscopically detected intra-articular lesions associated with acute ankle fractures. *J Bone Joint Surg Am*,2009,91(2):333-339.

2 郭秦炜,胡跃林,焦晨,等.踝关节距骨软骨损伤的影像学及关节镜下表现. *中华关节外科杂志(电子版)*,2010,4(6):723-728.

3 Fernández á, Poggio D, Llusá M, et al. Graphic representation of intraosseous and extraosseous talus blood supply. *Illustrated anatomy. Rev Esp Cir Ortop Traumatol*,2022,66(5):341-347.

4 Berndt AL, Harty M. Transchondral fractures (osteochondritis dissecans) of the talus. *J Bone Joint Surg Am*,1959,41-A:988-1020.

5 Loomer R, Fisher C, Lloyd-Smith R, et al. Osteochondral lesions of the talus. *Am J Sports Med*,1993,21(1):13-19.

6 Hepple S, Winson IG, Glew D. Osteochondral lesions of the talus: a revised classification. *Foot Ankle Int*,1999,20(12):789-793.

7 Mintz DN, Tashjian GS, Connell DA, et al. Osteochondral lesions

of the talus: A new magnetic resonance grading system with arthroscopic correlation. *Arthroscopy*,2003,19(4):353-359.

8 Dombrowski ME, Yasui Y, Murawski CD, et al. Conservative management and biological treatment strategies: proceedings of the international consensus meeting on cartilage repair of the ankle. *Foot Ankle Int*,2018,39(1 Suppl):9S-15S.

9 Powers RT, Dowd TC, Giza E. Surgical treatment for osteochondral lesions of the talus. *Arthroscopy*,2021,37(12):3393-3396.

10 Rak Choi Y, Soo Kim B, Kim YM, et al. Internal fixation of osteochondral lesion of the talus involving a large bone fragment. *Am J Sports Med*,2021,49(4):1031-1039.

11 Haraguchi N, Shiratsuchi T, Ota K, et al. Fixation of the osteochondral talar fragment yields good results regardless of lesion size or chronicity. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*,2020,28(1):291-297.

12 Rikken QGH, Favier BJC, Dahmen J, et al. Open lift-drill-fill-fix for medial osteochondral lesions of the talus: surgical technique. *Oper Orthop Traumatol*,2024,36(2):132-144.

13 Rikken QGH, Alink JN, Dahmen J, et al. Sustained clinical success at 7-year follow-up after arthroscopic Lift-Drill-Fill-Fix (LDFF) of primary osteochondral lesions of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*,2023,31(5):1978-1985.

14 Nakasa T, Ikuta Y, Tsuyuguchi Y, et al. MRI tracking of the effect of bioabsorbable pins on bone marrow edema after fixation of the osteochondral fragment in the talus. *Foot Ankle Int*,2019,40(3):323-329.

15 Guelfi M, DiGiovanni CW, Calder J, et al. Large variation in management of talar osteochondral lesions among foot and ankle surgeons: results from an international survey. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*,2021,29(5):1593-1603.

16 Gianakos AL, Yasui Y, Hannon CP, et al. Current management of talar osteochondral lesions. *World J Orthop*,2017,8(1):12-20.

17 Shimozono Y, Hurley ET, Yasui Y, et al. The presence and degree of bone marrow edema influence midterm clinical outcomes after microfracture for osteochondral lesions of the talus. *Am J Sports Med*,2018,46(10):2503-2508.

18 Choi WJ, Park KK, Kim BS, et al. Osteochondral lesion of the talus: is there a critical defect size for poor outcome? *Am J Sports Med*,2009,37(10):1974-1980.

19 Aurich M, Albrecht D, Angele P, et al. Treatment of osteochondral lesions in the ankle: a guideline from the Group "Clinical Tissue Regeneration" of the German Society of Orthopaedics and Traumatology (DGOU). *Z Orthop Unfall*,2017,155(1):92-99.

20 Ramponi L, Yasui Y, Murawski CD, et al. Lesion size is a predictor of clinical outcomes after bone marrow stimulation for osteochondral lesions of the talus: a systematic review. *Am J Sports Med*,2017,45(7):1698-1705.

21 Jungesblut OD, Berger-Groch J, Hoffmann M, et al.

- Electromagnetic navigation reduces radiation exposure for retrograde drilling in osteochondrosis dissecans of the talus. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1):135.
- 22 Körner D, Gonser CE, Döbele S, et al. Re-operation rate after surgical treatment of osteochondral lesions of the talus in paediatric and adolescent patients. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16(1):187.
 - 23 Shimozono Y, Brown AJ, Batista JP, et al. Subchondral pathology: proceedings of the international consensus meeting on cartilage repair of the ankle. *Foot Ankle Int*, 2018, 39(1 Suppl):48S–53S.
 - 24 Anders S, Lechler P, Rackl W, et al. Fluoroscopy-guided retrograde core drilling and cancellous bone grafting in osteochondral defects of the talus. *Int Orthop*, 2012, 36(8):1635–1640.
 - 25 Huber T, Schwertner A, Breuer R, et al. Retrograde drilling, ossoscopy, and autologous bone grafting: An alternative technique for treatment of osteochondral lesion of the talus stage 2 and 3 in adults. *Foot Ankle Int*, 2023, 44(6):488–496.
 - 26 Wixted CM, Dekker TJ, Adams SB. Particulated juvenile articular cartilage allograft transplantation for osteochondral lesions of the knee and ankle. *Expert Rev Med Devices*, 2020, 17(3):235–244.
 - 27 Shimozono Y, Hurley ET, Myerson CL, et al. Good clinical and functional outcomes at mid-term following autologous osteochondral transplantation for osteochondral lesions of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26:3055–3062.
 - 28 Wan DD, Huang H, Hu MZ, et al. Results of the osteochondral autologous transplantation for treatment of osteochondral lesions of the talus with harvesting from the ipsilateral talar articular facets. *Int Orthop*, 2022, 46(7):1547–1555.
 - 29 Shimozono Y, Seow D, Yasui Y, et al. Knee-to-talus donor-site morbidity following autologous osteochondral transplantation: a meta-analysis with best-case and worst-case analysis. *Clin Orthop Relat Res*, 2019, 477(8):1915–1931.
 - 30 Winkler PW, 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.
 - 31 Gaul F, Tfrico LEP, McCauley JC, et al. Osteochondral allograft transplantation for osteochondral lesions of the talus: midterm follow-up. *Foot Ankle Int*, 2019, 40(2):202–209.
 - 32 El-Rashidy H, Villacis D, Omar I, et al. Fresh osteochondral allograft for the treatment of cartilage defects of the talus: a retrospective review. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(17):1634–1640.
 - 33 Aldawsari K, Alrabai HM, Sayed A, et al. Role of particulated juvenile cartilage allograft transplantation in osteochondral lesions of the talus: A systematic review. *Foot Ankle Surg*, 2021, 27(1):10–14.
 - 34 Butler JJ, Rizla MRM, Egol AJ, et al. Particulated juvenile cartilage allograft for the treatment of osteochondral lesions of the talus is associated with a high complication rate and a high failure rate at short-term follow-up: A systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2024, 32(3):529–541.
 - 35 Nguyen K, Cooperman S, Ng A. Osteochondral injuries of the talus. *Clin Podiatr Med Surg*, 2024, 41(3):437–450.
 - 36 Baums MH, Schultz W, Kostuj T, et al. Cartilage repair techniques of the talus: An update. *World J Orthop*, 2014, 5(3):171–179.
 - 37 López-Alcorocho JM, Guillén-Vicente I, Rodríguez-Iñigo E, et al. High-density autologous chondrocyte implantation as treatment for ankle osteochondral defects. *Cartilage*, 2021, 12(3):307–319.
 - 38 Weigelt L, Hartmann R, Pfirrmann C, et al. Autologous matrix-induced chondrogenesis for osteochondral lesions of the talus: a clinical and radiological 2-to 8-year follow-up study. *Am J Sports Med*, 2019, 47(7):1679–1686.
 - 39 Migliorini F, Maffulli N, Baroncini A, et al. Matrix-induced autologous chondrocyte implantation versus autologous matrix-induced chondrogenesis for chondral defects of the talus: a systematic review. *Br Med Bull*, 2021, 138(1):144–154.
 - 40 Jantzen C, Ebskov LB, Johansen JK. AMIC procedure for treatment of osteochondral lesions of talus – A systematic review of the current literature. *J Foot Ankle Surg*, 2022, 61(4):888–895.
 - 41 袁毅, 王涛, 周兵华, 等. 自体胫骨带骨膜骨移植治疗距骨内侧骨软骨损伤. *中国运动医学杂志*, 2018, 37(4):282–286.
 - 42 于胜文, 常锦磊, 纪金斗, 等. 带骨膜髌骨移植治疗距骨骨软骨损伤 13 例疗效分析. *中国中医骨伤科杂志*, 2020, 28(4):72–75.
 - 43 Guo H, Chen Z, Wei Y, et al. Autologous osteoperiosteal transplantation for the treatment of large cystic talar osteochondral lesions. *Orthop Surg*, 2023, 15(1):103–110.
 - 44 Basciani S, Longo UG, Papalia GF, et al. Arthroscopic microfracture and associated techniques in the treatment of osteochondral lesions of the talus: A systematic review and meta-analysis. *Foot Ankle Surg*, 2024, 30(3):219–225.
 - 45 Huang M, Li Y, Liao C, et al. Microfracture surgery combined with platelet-rich plasma injection in treating osteochondral lesions of talus: A system review and update meta analysis. *Foot Ankle Surg*, 2024, 30(1):21–26.
 - 46 Klein C, Dahmen J, Emanuel KS, et al. Limited evidence in support of bone marrow aspirate concentrate as an additive to the bone marrow stimulation for osteochondral lesions of the talus: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31(12):6088–6103.
 - 47 Wang W, Wang X, Wang Y, et al. Clinical study of autologous cartilage transplantation based on nano-hydroxyapatite in the treatment of talar osteochondral injury. *J Nanosci Nanotechnol*, 2021, 21(2):1250–1258.
 - 48 Albano D, Martinelli N, Bianchi A, et al. Clinical and imaging outcome of osteochondral lesions of the talus treated using autologous matrix-induced chondrogenesis technique with a biomimetic scaffold.

BMC Musculoskelet Disord, 2017, 18(1):306.

49 王 连,侯 鹏,蒋 涛,等.不同来源间充质干细胞在膝关节软骨修复中的临床研究进展.中国骨伤,2017,30(6):581-586.

50 Im GI, Shin YW, Lee KB. Do adipose tissue-derived mesenchymal stem cells have the same osteogenic and chondrogenic potential as bone marrow-derived cells? Osteoarthritis Cartilage, 2005, 13(10):845-853.

51 Vannini F, Cavallo M, Ramponi L, et al. Return to sports after bone marrow-derived cell transplantation for osteochondral lesions of the talus. Cartilage, 2017, 8(1):80-87.

52 张 春,刘 娟.关节镜下微创踝关节融合术治疗足踝创伤性关节炎的疗效分析.中外医疗,2020,39(2):49-51.

53 Li GY, Wang C, Wang JZ, et al. Application of three dimensional printed personalized guide plate assisted arthroscopic ankle arthrodesis in the treatment of ankle arthritis. Zhonghua Wai Ke Za Zhi, 2024, 62(6):572-580.

54 陈小强,刘建全,赵 喆,等.机器人导航辅助下逆向钻孔术治疗距骨软骨损伤的疗效分析.足踝外科电子杂志,2023,10(3):43-48.

55 吴 潘,裴 卓,曾 文.间质干细胞用于组织工程软骨分化的优化体系.中华骨科杂志,2020,40(4):244-256.

(收稿日期:2024-07-26)

(修回日期:2024-10-26)

(责任编辑:李贺琼)