

· 综述 ·

自体脂肪移植防治瘢痕的研究进展

方路 陈俊杰 岑瑛

四川大学华西医院烧伤整形外科, 成都 610041

通信作者: 岑瑛, Email: cenyong_pls@foxmail.com



【摘要】 各种创伤形成的瘢痕, 给患者外观和心理造成不同程度影响, 因此瘢痕防治越来越得到人们的重视。随着自体脂肪移植技术的不断发展, 自体脂肪移植已被逐步应用于瘢痕防治。目前已有学者从基础研究及临床实践等方面证实, 自体脂肪移植是防治瘢痕的有效方法, 同时也提出了自体脂肪移植防治瘢痕的局限性。本文将对自体脂肪移植在瘢痕防治中的应用、机制及局限性进行归纳总结。

【关键词】 脂肪类; 瘢痕; 自体脂肪移植; 防治
DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.03.015

Advances in the research of autologous fat grafting in the prevention and treatment of scar

Fang Lu, Chen Junjie, Cen Ying

Department of Burns and Plastic Surgery, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Corresponding author: Cen Ying, Email: cenyong_pls@foxmail.com

【Abstract】 Scars formed by various injuries can affect the appearance and psychology of patients. Therefore, more and more people pay attention to the prevention and treatment of scar. With the development of the autologous fat grafting, it has been gradually applied to the prevention and treatment of scar. At present, it has been confirmed by scholars that the autologous fat grafting could be an effective method to prevent and treat scar from basic research and clinical practice. At the same time, the deficiency of autologous fat grafting in the prevention and treatment of scar was also pointed out. This paper reviews the application, mechanism, and deficiency of autologous fat grafting in scar prevention and treatment.

【Key words】 Fats; Cicatrix; Autologous fat grafting; Prevention and treatment

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.03.015

各种创伤可以导致患者不同程度的瘢痕形成, 不仅给患者带来瘙痒、疼痛等不适, 甚至引起局部外形的破坏及功能障碍, 给患者带来极大的肉体和精神痛苦。因此, 瘢痕的防治一直是医学界重视的课题, 但目前并没有统一有效的方法。随着自体脂肪移植技术的不断优化, 其已被广泛应用于乳房重建、面部整形、臀部畸形矫正等方面; 同时, 其在临床防治瘢痕中的应用也被逐步认可。目前已有学者从基础研究及临床实践方面对其进行探讨。本文针对自体脂肪移植技术在瘢痕防治中的最新进展进行综述。

1 瘢痕防治与自体脂肪移植

瘢痕是机体创面自然修复的产物, 主要表现为皮肤组织

病理学和外观形态的改变, 严重情况下还会造成局部功能障碍, 给患者生理和心理造成影响。由于目前尚不完全清楚瘢痕形成的确切机制, 因此尚无标准的防治方案^[1]。目前瘢痕的防治方法主要为传统的手术治疗和非手术治疗(主要有压力疗法、药物疗法、放射治疗和光动力疗法)^[2]。近年来随着人们对创伤愈合和瘢痕形成的认识不断加深, 瘢痕防治的临床经验不断积累, 新的药物和新的治疗方案不断涌现, 新的治疗理念和技术的出现给瘢痕防治带来了希望^[2]。目前认为, 自体脂肪移植技术是一种很有前景的防治瘢痕的方法, 可有效预防瘢痕形成以及治疗不同类型、不同部位的瘢痕^[3-4]。自体脂肪移植, 是指将人体自身脂肪较丰富的部位, 如腹部、臀部、大腿或上臂等处的脂肪, 用负压吸脂方法吸出, 经过特殊处理或纯净脂肪颗粒后, 注射植入需要改变的有缺陷的受区内, 以完善受区形态的一种手术方法。目前临床上一般采用 Coleman 的“结构性脂肪移植”技术。该项技术被认为是脂肪移植注射的金标准, 主要包括 3 个步骤: 首先是用一定比例的生理盐水、利多卡因加肾上腺素对供区进行局部肿胀麻醉; 然后用注射器连接 Coleman 套管针负压手动吸脂; 随后将获得的脂肪放入无菌离心管进行离心纯化后, 用针径为 2.0 mm 的注射针在受区进行后退式注射^[5-7]。

自体脂肪移植同手术治疗和皮内药物注射治疗一样, 都被认为是一种有创性操作。手术治疗是防治瘢痕比较常用的方法, 尤其是针对瘢痕造成的功能障碍, 可取得明显的疗效, 但是手术本身也是一种创伤, 操作相对复杂、并发症多, 可能导致新的瘢痕形成, 且单独手术治疗往往存在一定的复发率。皮内药物注射主要是将糖皮质激素和抗肿瘤药物单独或联合使用, 由于操作相对简单, 是目前防治瘢痕比较常用的治疗方法, 临床也证实可以取得一定效果。但是这 2 种药物本身具有的不良反应和药物毒性使其在瘢痕防治中的应用受到了一定限制, 尤其是大面积瘢痕患者常常受药物剂量限制而无法获得有效治疗; 同时, 这 2 种治疗药物具有年龄限制, 目前暂不提倡用于青少年患者。相对而言, 自体脂肪移植的优点在于其具有良好的填充及再生效果, 且容易获得、供体部位发生并发症概率低、可重复利用, 并且没有年龄限制, 同时自体脂肪具有完全的生物相容性, 因此不会产生排异反应、不良反应及毒性作用, 被认为是目前整形外科中相对安全的手术方法^[8]。因此, 这一项技术在临床瘢痕防治中的应用逐步得到认可。

2 自体脂肪移植防治瘢痕的作用机制及临床应用

近几年已有大量文章分别从基础研究及临床实践探索了自体脂肪移植可用于瘢痕防治的相关作用机制及临床应

用证据,可总结为如下几点。

自体脂肪移植可填补瘢痕造成的皮下组织缺失,改善瘢痕与周围组织的粘连,使瘢痕在外观形态结构上与周围正常组织相似。研究认为,自体脂肪移植直接填补了皮下脂肪层的损失,在物理层面上释放了表面皮肤,并且可以发挥下层组织的再生作用^[9]。有学者进行的相关前瞻性研究显示,通过自体脂肪移植,可以重建一层薄且具有功能的皮下脂肪层,以填补缺失的组织,恢复组织结构的完整性^[10]。根据目前相关报道,由于凹陷性瘢痕本身存在皮下组织的不足,可认为是自体脂肪移植用于防治瘢痕的最佳适应证。研究指出,对于不同部位、不同原因所致的附着凹陷性瘢痕来说,采用单一自体脂肪移植技术进行治疗就可达到持续性改善瘢痕外观的效果^[10-12];同时,与传统的手术切除瘢痕相比,自体脂肪移植既不会产生新的瘢痕,也不会扩大现有的瘢痕,且术后恢复快,改善效果自然可靠,因此是一种较好的治疗附着凹陷性瘢痕的方法。

脂肪移植促进创面愈合是防治瘢痕形成的重要原因。创面愈合过程中各种因素可导致病理性瘢痕的形成^[13]。研究证实创面持续的炎症反应可直接影响创面的愈合,导致瘢痕形成;对创面进行自体脂肪移植后脂肪源性干细胞能够通过抑制核因子 κ B 通路减少 IL-1 β 、IL-6 和 TNF- α 等重要的炎症介质^[14],减轻创面愈合过程中的炎症反应,促使创面向正常组织愈合^[15]。同时,脂肪源性干细胞通过旁分泌作用产生的 IL-10 也是一种参与瘢痕防治的抗炎性细胞因子^[16],其通过激活 Akt 和 STAT3 信号通路来发挥抗纤维化作用^[17]。另外,创面组织缺血缺氧在创面纤维化修复过程中也起着重要的作用。其可能的原因在于,创面修复过程中低密度的微血管分布,使组织氧分压降低,对 TGF- β /Smad 通路的激活和下游胶原蛋白的积累起着很强的促进作用,而脂肪源性干细胞能够创造血管重建的有利微环境,并且脂肪移植本身也可以刺激血管生成^[18],这些都有助于创面从缺氧和缺血中更快地恢复,促进周围组织的再生,加速创面愈合^[3,19-20]。同时,已有多项研究表明,TGF- β /Smad 信号通路中 TGF- β_1 和 TGF- β_3 的异常表达与创面愈合瘢痕形成存在密切关系,并证实自体脂肪移植后 TGF- β_1 的低表达^[21-22]和 TGF- β_3 的高表达^[23]是自体脂肪移植后脂肪源性干细胞抗纤维化治疗的重要结果。另外,有学者指出,KC 是伤口愈合过程中的另一种关键细胞,可以促进表皮再生细胞的生成,对正常皮肤内环境稳定和伤口愈合至关重要。而脂肪来源干细胞可以分泌 KC 生长因子,在恢复 KC 功能和促进上皮再生方面表现出了积极作用^[24]。除此之外,脂肪移植植物中含有的各种生长因子,如胰岛素样生长因子 1、血小板源性生长因子、VEGF,这些生长因子不仅能够促进脂肪细胞的存活,也有助于减少炎症细胞的增殖和胶原蛋白的沉积^[25]。同时,这些生长因子也是血管生成所必需的。因此,脂肪移植在促进创面愈合减少瘢痕形成方面发挥着关键作用。

脂肪来源干细胞可以改善瘢痕的外观。研究指出,无论是不同部位的瘢痕,如面部瘢痕^[18,26]、躯干部瘢痕^[27]、四肢瘢痕^[28];还是由不同原因导致的瘢痕,如常见的烧伤后瘢痕^[29]、少见的气管切开后形成的瘢痕^[30]、创伤后遗留的声带瘢痕^[31]及肌腱瘢痕^[32]等,均可以利用脂肪来源干细胞的

作用改善瘢痕外观,并且认为这是一种相对方便的、廉价的、效果明显的治疗方法。目前认为产生这种治疗作用的作用机制是多种多样的,主要是脂肪源性干细胞通过旁分泌信号通路启动抗纤维化分子通路,降低 Fb 的密度并减少其数量,同时调节 TGF- β /Smad 通路的活性,促使胶原蛋白的排列、数量和形状趋于正常^[33]。研究认为,脂肪源性干细胞旁分泌的抗纤维化作用因子的上调可能是通过细胞与细胞之间的信号转导作用实现的。例如,脂肪源性干细胞与肌 Fb 的接触会导致抑制肌 Fb 分泌的化合物的形成,抑制肌 Fb 的增殖,减少肌 Fb 数量^[34]。另有学者认为抑制 p38/MAPK 信号通路是脂肪源性干细胞介导的防治瘢痕作用的潜在机制之一^[35]。同时,不同病因形成的瘢痕在进行自体脂肪移植后,脂肪源性干细胞的再生能力可以刺激脂肪增生,保证了改善瘢痕所需的脂肪量,并且在各种生长因子作用影响下,从减轻色素沉着和增加柔韧性等方面改善瘢痕^[18,36]。

目前,以上采用单一的自体脂肪移植防治瘢痕的效果已得到临床医师的认可,同时也有报道指出,可以将自体脂肪移植作为一种新增手段来改善以前的瘢痕防治方法,并且证实联合治疗后的效果明显优于传统治疗。有学者认为瘢痕组织松解术和脂肪移植相结合是一种有效的治疗挛缩瘢痕的方法,不仅改善了瘢痕带来的不美观,并且可以改善瘢痕可能造成的感觉敏感性及生理功能影响^[37]。有研究者提出将自体脂肪与富血小板血浆混合进行移植注射来防治瘢痕的方法,认为其作用机制可能在于当富血小板血浆与脂肪组织相结合时可以促进脂肪组织释放相关生长因子,从而有效促使 Fb 的转化以及脂肪形成^[38]。也有学者认为,将富血小板血浆与脂肪混合移植的同时联合使用 1 540 nm 激光来治疗瘢痕,得到的效果更可观^[39]。同时,有文献报道了将脂肪移植与部分二氧化碳激光结合来治疗瘢痕的方法^[40]。其次,有研究显示自体脂肪移植能改善由瘢痕引起的神经性疼痛症状,并且可以持续较长时间,其机制在于进行皮下脂肪注射后,减少了环氧化酶 2、诱导型 NOS,以及神经型 NOS 在内的炎症蛋白的激活,从而改善由瘢痕引起的神经性疼痛症状^[41]。

尽管目前对自体脂肪移植用于瘢痕防治的研究不断深入,但是其用于防治瘢痕的相关潜在机制仍然不明确,需要不断探索。

3 自体脂肪移植用于瘢痕防治的局限性

目前认为自体脂肪是几乎接近理想的填充物,但是术后脂肪的保留率是影响移植后效果的重要因素,研究表明自体脂肪移植后的保留率在 44% ~ 82%^[42]。因此,为了达到满意的效果往往需要进行反复多次手术,而对供区进行反复负压抽吸获取自体脂肪组织,可能造成供区额外的损伤。临床研究显示,自体脂肪移植后存在水肿形成、皮肤坏死等潜在并发症,且部分患者在自体脂肪移植术后出现的暂时性的局部皮肤红斑、水肿和色素沉着等常见并发症也是不可忽视的^[29]。另外,移植物的增生这一少见的并发症也有被报道,并且认为其可能与胶原的过度沉积有关^[43]。同时,目前临床医师对于脂肪的获得、移植过程的注意事项以及注射技术仍未达成共识。

除此之外,在瘢痕防治过程中,自体脂肪移植术后效果评估、脂肪存活率低的问题仍是阻碍该技术在防治瘢痕方面进一步发展的 2 大重要因素。随着研究的不断深入,已有部分学者在这两方面提出了可能的解决方案。

多项研究表明可以利用超声技术来评估自体脂肪移植后的效果。高分辨率彩色多普勒超声是一种有价值的非侵入性工具,可对移植后自体脂肪组织的移植填充程度进行定量评估^[44]。有学者证实超声造影术是测定脂肪组织移植后填充脂肪血管体积的一种可靠和可重复的方法,该技术是通过检测脂肪移植后血管信号从而客观量化自体脂肪移植的数量。在术后随访中,监测的移植脂肪组织的血管信号情况更是可以作为评价移植存活的一个指标,提供术后早期脂肪移植的存活情况,从而帮助整形外科医师预测脂肪移植早期的结果^[45]。另一项研究也指出,三维超声检测能通过准确测量体内脂肪移植体积以评估移植后效果^[46]。因此,不同类型的超声技术是目前可用于评估脂肪移植后效果的主要方式。并且,随着超声技术的不断发展,加上超声具有的便捷性将会使其成为评估自体脂肪移植后移植效果的优先选择。但是,其可靠程度有待进一步证实,并且需要量化的评估标准来进行对比衡量。在提高脂肪存活率方面,已经有学者指出在脂肪移植后的初始阶段,应用二氧化碳激光对受体部位进行预处理,可以增加 VEGF 的表达,解决移植后缺血问题,提高脂肪存活率^[47]。同时,有研究者观察到巨噬细胞在脂肪移植中的重要作用,并证明通过控制巨噬细胞水平可以达到提高脂肪移植存活率的效果^[48]。

4 总结与展望

综上,目前自体脂肪移植对各类瘢痕的防治效果客观显著,不失为防治瘢痕的可靠方法;但是,任何一项新型治疗技术的发展定会伴随着许多不足。同时,需要指出的是,现有的临床研究主要局限于病例分析和小规模试验,其中大多数没有足够样本量的对照组,再者目前自体脂肪移植方法和移植后结果测量缺乏一致性,很难比较各种研究的结果。因此,自体脂肪移植在防治瘢痕方面的应用还需要进行大规模的随机对照临床试验。尽管如此,我们依然可以肯定随着科学技术的发展和临床经验的不断积累,自体脂肪移植成为防治瘢痕的理想选择指日可待。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Kafka M, Collins V, Kamolz LP, et al. Evidence of invasive and noninvasive treatment modalities for hypertrophic scars: a systematic review[J]. *Wound Repair Regen*, 2017,25(1):139-144. DOI: 10.1111/wrr.12507.
- [2] Lv K, Xia Z, Chinese consensus panel on the clinical prevention and treatment of scars. Chinese expert consensus on clinical prevention and treatment of scar[J]. *Burns Trauma*, 2018,6:27. DOI: 10.1186/s41038-018-0129-9.
- [3] Bellini E, Grieco MP, Raposio E. The science behind autologous fat grafting [J]. *Ann Med Surg (Lond)*, 2017,24:65-73. DOI: 10.1016/j.amsu.2017.11.001.
- [4] Simonacci F, Bertozzi N, Grieco MP, et al. Procedure, applications, and outcomes of autologous fat grafting[J] *Ann Med Surg (Lond)*, 2017,20:49-60. DOI: 10.1016/j.amsu.2017.06.059.
- [5] Coleman SR. Structural fat grafting: more than a permanent filler [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2006,118(3 Suppl): S108-120.
- [6] Coleman SR. Structural fat grafting[J]. *Aesthet Surg J*, 1998,18(5):386,388.
- [7] Coleman SR. Long-term survival of fat transplants: controlled demonstrations[J]. *Aesthetic Plast Surg*, 1995,19(5):421-425.
- [8] Prantl L, Rennekampff HO, Giunta RE, et al. Current perceptions of lipofilling on the basis of the new guideline on "autologous fat grafting" [J]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 2016,48(6):330-336. DOI: 10.1055/s-0042-117635.
- [9] Lisa A, Maione L, Vinci V, et al. Early experience with fat grafting as an adjunct for secondary burn reconstruction in the hand: technique, hand function assessment and aesthetic outcomes[J]. *Burns*, 2016,42(7):1617-1618. DOI: 10.1016/j.burns.2016.04.021.
- [10] Jaspers MEH, Middelkoop E, van Zuijlen PPM. Reply: effectiveness of autologous fat grafting in adherent scars: results obtained by a comprehensive scar evaluation protocol [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2017,139(5): e1217-1218. DOI: 10.1097/PRS.0000000000003318.
- [11] Jaspers MEH, Brouwer KM, van Trier AJM, et al. Sustainable effectiveness of single-treatment autologous fat grafting in adherent scars [J]. *Wound Repair Regen*, 2017,25(2):316-319. DOI: 10.1111/wrr.12521.
- [12] Barin EZ, Cinal H, Cakmak MA, et al. Treatment of linear scleroderma (en coup de sabre) with dermal fat grafting[J]. *J Cutan Med Surg*, 2016,20(3):269-271. DOI: 10.1177/1203475415624912.
- [13] Finnerty CC, Jeschke MG, Branski LK, et al. Hypertrophic scarring: the greatest unmet challenge after burn injury[J]. *Lancet*, 2016,388(10052):1427-1436. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)31406-4.
- [14] Carceller MC, Guillén MI, Ferrándiz ML, et al. Paracrine in vivo inhibitory effects of adipose tissue-derived mesenchymal stromal cells in the early stages of the acute inflammatory response [J]. *Cytotherapy*, 2015,17(9):1230-1239. DOI: 10.1016/j.jcyt.2015.06.001.
- [15] Atalay S, Coruh A, Deniz K. Stromal vascular fraction improves deep partial thickness burn wound healing[J]. *Burns*, 2014,40(7):1375-1383. DOI: 10.1016/j.burns.2014.01.023.
- [16] Zhang Q, Liu LN, Yong Q, et al. Intralesional injection of adipose-derived stem cells reduces hypertrophic scarring in a rabbit ear model[J]. *Stem Cell Res Ther*, 2015,6:145. DOI: 10.1186/s13287-015-0133-y.
- [17] Shi J, Li J, Guan H, et al. Anti-fibrotic actions of interleukin-10 against hypertrophic scarring by activation of PI3K/AKT and STAT3 signaling pathways in scar-forming fibroblasts [J]. *PLoS One*, 2014,9(5): e98228. DOI: 10.1371/journal.pone.0098228.
- [18] Pallua N, Baroncini A, Alharbi Z, et al. Improvement of facial scar appearance and microcirculation by autologous lipofilling [J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2014,67(8):1033-1037. DOI: 10.1016/j.bjps.2014.04.030.
- [19] Hong KY, Yim S, Kim HJ, et al. The fate of the adipose-derived stromal cells during angiogenesis and adipogenesis after cell-assisted lipotransfer [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2018,141(2):365-375. DOI: 10.1097/PRS.0000000000004021.
- [20] Wu SH, Shirado T, Mashiko T, et al. Therapeutic effects of human adipose-derived products on impaired wound healing in irradiated tissue[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2018,142(2):383-391. DOI: 10.1097/PRS.0000000000004609.
- [21] Jiang X, Jiang X, Qu C, et al. Intravenous delivery of adipose-

- derived mesenchymal stromal cells attenuates acute radiation-induced lung injury in rats[J]. *Cytotherapy*, 2015, 17(5):560-570. DOI: 10.1016/j.jcyt.2015.02.011.
- [22] Hiwatashi N, Bing R, Kraja I, et al. Mesenchymal stem cells have antifibrotic effects on transforming growth factor- β 1-stimulated vocal fold fibroblasts[J]. *Laryngoscope*, 2017, 127(1):e35-41. DOI: 10.1002/lary.26121.
- [23] Lichtman MK, Otero-Vinas M, Falanga V. Transforming growth factor beta (TGF- β) isoforms in wound healing and fibrosis[J]. *Wound Repair Regen*, 2016, 24(2):215-222. DOI: 10.1111/wrr.12398.
- [24] Lee SH, Jin SY, Song JS, et al. Paracrine effects of adipose-derived stem cells on keratinocytes and dermal fibroblasts[J]. *Ann Dermatol*, 2012, 24(2):136-143. DOI: 10.5021/ad.2012.24.2.136.
- [25] Cherubino M, Pellegatta I, Crosio A, et al. Use of human fat grafting in the prevention of perineural adherence: experimental study in athymic mouse [J]. *PLoS One*, 2017, 12(4):e0176393. DOI: 10.1371/journal.pone.0176393.
- [26] Sarangal R, Yadav S, Sakral A, et al. Noncultured epidermal-melanocyte cell suspension and dermal-fat grafting for the reconstruction of an irregular, atrophic, and depigmented forehead scar: an innovative approach[J]. *J Cosmet Dermatol*, 2015, 14(4):332-335. DOI: 10.1111/jocd.12172.
- [27] Guisantes E, Fontdevila J, Rodríguez G. Autologous fat grafting for correction of unaesthetic scars[J]. *Ann Plast Surg*, 2012, 69(5):550-554. DOI: 10.1097/SAP.0b013e31821ee386.
- [28] Maione L, Memeo A, Pedretti L, et al. Autologous fat graft as treatment of post short stature surgical correction scars[J]. *Injury*, 2014, 45 Suppl 6:S126-132. DOI: 10.1016/j.injury.2014.10.036.
- [29] Piccolo NS, Piccolo MS, Piccolo MT. Fat grafting for treatment of burns, burn scars, and other difficult wounds[J]. *Clin Plast Surg*, 2015, 42(2):263-283. DOI: 10.1016/j.cps.2014.12.009.
- [30] Mazzola IC, Cantarella G, Mazzola RF. Management of tracheostomy scar by autologous fat transplantation: a minimally invasive new approach[J]. *J Craniofac Surg*, 2013, 24(4):1361-1364. DOI: 10.1097/SCS.0b013e318292c1a4.
- [31] Sataloff RT. Autologous fat implantation for vocal fold scar[J]. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2010, 18(6):503-506. DOI: 10.1097/MOO.0b013e32833f8e21.
- [32] Colonna MR, Scarcella MC, Stagno d'Alcontres Fd, et al. Should fat graft be recommended in tendon scar treatment? Considerations on three cases (two feet and a severe burned hand)[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2014, 18(5):753-759.
- [33] Borovikova AA, Ziegler ME, Banyard DA, et al. Adipose-derived tissue in the treatment of dermal fibrosis: antifibrotic effects of adipose-derived stem cells[J]. *Ann Plast Surg*, 2018, 80(3):297-307. DOI: 10.1097/SAP.0000000000001278.
- [34] Verhoekx JS, Mudera V, Walbeehm ET, et al. Adipose-derived stem cells inhibit the contractile myofibroblast in Dupuytren's disease[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2013, 132(5):1139-1148. DOI: 10.1097/PRS.0b013e3182a3b2b.
- [35] Li Y, Zhang W, Gao J, et al. Adipose tissue-derived stem cells suppress hypertrophic scar fibrosis via the p38/MAPK signaling pathway[J]. *Stem Cell Res Ther*, 2016, 7(1):102. DOI: 10.1186/s13287-016-0356-6.
- [36] Condé-Green A, Marano AA, Lee ES, et al. Fat grafting and adipose-derived regenerative cells in burn wound healing and scarring: a systematic review of the literature[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2016, 137(1):302-312. DOI: 10.1097/PRS.0000000000001918.
- [37] Al-Hayder S, Gramkow C, Trojahn Kølbe SF. Use of autologous fat grafting for the correction of burn scar contracture in the hand: a case report[J]. *Case Reports Plast Surg Hand Surg*, 2017, 24, 4(1):81-83. DOI: 10.1080/23320885.2017.1369883.
- [38] Sayadi LR, Obagi Z, Banyard DA, et al. Platelet-rich plasma, adipose tissue, and scar modulation[J]. *Aesthet Surg J*, 2018, 38(12):1351-1362. DOI: 10.1093/asj/sjy083.
- [39] Cervelli V, Nicoli F, Spallone D, et al. Treatment of traumatic scars using fat grafts mixed with platelet-rich plasma, and resurfacing of skin with the 1540 nm nonablative laser[J]. *Clin Exp Dermatol*, 2012, 37(1):55-61. DOI: 10.1111/j.1365-2230.2011.04199.x.
- [40] La Padula S, Hersant B, Meningaud JP, et al. Use of autologous fat graft and fractionated CO2 laser to optimize the aesthetic and functional results in patients with severe burn outcomes of the face[J]. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*, 2018, 119(4):279-283. DOI: 10.1016/j.jormas.2018.04.005.
- [41] Huang SH, Wu SH, Lee SS, et al. Fat grafting in burn scar alleviates neuropathic pain via anti-inflammation effect in scar and spinal cord[J]. *PLoS One*, 2015, 10(9):e0137563. DOI: 10.1371/journal.pone.0137563.
- [42] Herly M, Ørholt M, Glovinski PV, et al. Quantifying long-term retention of excised fat transplants: a longitudinal, retrospective cohort study of 108 patients followed for up to 8.4 years[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2017, 139(5):1223-1232. DOI: 10.1097/PRS.0000000000003237.
- [43] Benjamin MA, Schwarzman G, Eivazi M, et al. Autologous staged fat tissue transfer in post-traumatic lower extremity reconstruction[J]. *J Surg Case Rep*, 2015(11):rjv141. DOI: 10.1093/jscr/rjv141.
- [44] Scotto di Santolo M, Sagnelli M, Tortora G, et al. The utility of the high-resolution ultrasound technique in the evaluation of autologous adipose tissue lipofilling, used for the correction of post-surgical, post-traumatic and post-burn scars[J]. *Radiol Med*, 2016, 121(6):521-527. DOI: 10.1007/s11547-016-0621-x.
- [45] Bollero D, Pozza S, Gangemi EN, et al. Contrast-enhanced ultrasonography evaluation after autologous fat grafting in scar revision[J]. *G Chir*, 2014, 35(11/12):266-273.
- [46] Blackshear CP, Rector MA, Chung NN, et al. Three-dimensional ultrasound versus computerized tomography in fat graft volumetric analysis[J]. *Ann Plast Surg*, 2018, 80(3):293-296. DOI: 10.1097/SAP.0000000000001183.
- [47] Kim SE, Lee JH, Kim TG, et al. Fat graft survival after recipient site pretreatment with fractional carbon dioxide laser[J]. *Ann Plast Surg*, 2017, 79(6):552-557. DOI: 10.1097/SAP.0000000000001218.
- [48] Cai J, Feng J, Liu K, et al. Early macrophage infiltration improves the fat graft survival by inducing angiogenesis and hematopoietic stem cell recruitment[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2018, 141(2):376-386. DOI: 10.1097/PRS.0000000000004028.

(收稿日期:2018-08-02)

本文引用格式

方路,陈俊杰,岑瑛. 自体脂肪移植防治瘢痕的研究进展[J]. 中华烧伤杂志, 2019, 35(3):233-236. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.03.015.

Fang L, Chen JJ, Cen Y. Advances in the research of autologous fat grafting in the prevention and treatment of scar[J]. *Chin J Burns*, 2019, 35(3):233-236. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.03.015.