

纳米脂肪移植技术疗效的系统评价

张 畅, 吴乐昊, 王佳琦

(中国医学科学院北京协和医学院整形外科医院面颈整形美容中心 北京 100144)

[摘要]目的: 对纳米脂肪治疗瘢痕、皱纹、眶周衰老问题的临床疗效进行系统评价。方法: 计算机检索PubMed、Embase数据库、Cochrane 图书馆、The Cochrane Central Register of Controlled Trail (CENTRAL)、万方数据库、维普数据库和中国知网, 收集所有关于纳米脂肪在整形外科临床应用方面的随机对照试验和病例系列报道。结果: 检索符合纳入条件的文献共5个随机对照试验和6个病例系列报道。所有的研究结论均表明纳米脂肪在瘢痕和面部年轻化等方面的治疗具有有效性。结论: 由于受纳入文献的数量和质量的限制, 对于纳米脂肪的疗效暂无法得出明确结论。纳入的研究在方法学上尚存在缺陷, 有必要设计更科学严谨的试验方案, 开展更多、更高质量的随机对照试验来进一步支持这一结论。

[关键词] 纳米脂肪移植; 瘢痕; 面部年轻化; 软组织凹陷; 随机对照试验; 病例报道; 系统评价

[中图分类号] R622 [文献标志码] A [文章编号] 1008-6455 (2019) 03-0020-05

Clinical Efficacy of Nanofat Grafting: A Systematic Review

ZHANG Chang, WU Le-hao, WANG Jia-qi

(Department of Cervicofacial Plastic and Reconstructive Surgery, Plastic Surgery Hospital, Peking Union Medical College, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100144, China)

Abstract: Objective To systematically review the literatures about clinical outcomes of nanofat grafting in the treatment of scar, wrinkle and periorbital aging. **Methods** PubMed, Embase database, Cochrane Library, The Cochrane Central Register of Controlled Trail (CENTRAL), Wanfang database, VIP database and CNKI were searched to collect randomized controlled trials and case series about the clinical application of nanofat in plastic surgery. **Results** A total of 5 randomized controlled trials and 6 case series eligible for inclusion were collected. Based on the results of those trials, nanofat was effective in treating scars and achieving facial rejuvenation. However, the qualities of the 5 randomized controlled trials were assessed as moderate and high risk of bias, according to Cochrane Handbook Version 5.0. **Conclusion** Due to the limitations of the quantity and quality of all the literatures included, the conclusion on the efficacy of nanofat is not clear. Methodologically, There are defects in the included studies, thus, more rigorous trial protocols and more high quality randomized controlled trials are needed to further support this conclusion.

Key words: nanofat grafting; scars; facial rejuvenation; soft tissue depression; randomized controlled trials; case report; systematic review

自体脂肪来源丰富、价格相对低廉、无排斥反应, 是一种理想的填充剂, 广泛应用于整形外科中。传统的自体结构脂肪移植多用于对身体各部位软组织的填充, 注射层次通常为皮下、肌肉下或肌间隙层, 主要通过脂肪组织的物理充填作用达到美化和塑形的作用。而对于直接改善皮肤质地的作用, 直到比利时医师Tonnard^[1]于2013年首次提出纳米脂肪(nanofat)的概念才出现。所谓纳米脂肪, 是指将自体脂肪颗粒进行反复机械性乳化过滤后获得的组织悬液。Tonnard发现纳米脂肪中的脂肪细胞在制

备过程中已被破坏, 而含有大量血管基质成分(stromal vascular fraction, SVF), 其中的脂肪来源间充质干细胞(adipose-derived mesenchymal stem cells, ASCs)为有效成分。此技术一经报道, 众多学者提出了各自的理论, 并做出了临床尝试, 试图从多方面验证该方法的有效性。但是, 目前已有的报道大多数为病例分析、动物实验和基础研究, 或缺少严格的随机对照实验。此系统评价旨在通过分析纳米脂肪临床应用的随机对照研究和病例系列报道, 从而对其疗效提出更高质量的证据, 为此后的临床

基金项目: 国家自然科学基金委青年科学基金项目(编号: 81501687)

通信作者: 王佳琦, 中国医学科学院整形外科医院面颈整形美容中心, 主任医师; 研究方向: 面部年轻化; E-mail: wangjiaqi@yahoo.com.cn

第一作者: 张畅, 中国医学科学院整形外科医院面颈整形美容中心, 硕士研究生; E-mail: drzhangchang@163.com

吴乐昊(共同第一作者), 中国医学科学院整形外科医院面颈整形美容中心, 主治医师; E-mail: lwwu@icloud.com

实践和科研设计提供参考。

1 资料和方法

1.1 检索策略: 检索来源包括PubMed、Embase数据库、Cochrane图书馆、The Cochrane Central Register of Controlled Trail (CENTRAL)、万方数据库 (Wangfang Data)、维普数据库 (VIP)、中国知网 (CNKI)。检索年限自建库至2018年9月12日。由于本文讨论的纳米脂肪为专有名词, 故检索策略可以简化为英文检索词“nanofat”和中文检索词“纳米脂肪”。由2名研究员独立浏览、筛查、获检文献及相关参考文献。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准: 研究对象为纳米脂肪在整形外科方向的临床应用的随机对照试验、非随机对照试验或病例系列报道。

1.2.2 排除标准: ①综述、个案报道、摘要、评论、病例复习类文献; ②单纯动物试验; ③语言为中、英文以外的文献。

1.3 数据提取和质量评价: 由2名研究员独立使用标准资料提取表提取数据, 内容包括: 作者、发表时间、样本量、研究对象年龄、随访时间、干预措施、治疗结果及并发症等。如有分歧则通过第三方确定共识意见。按照Cochrane协作网系统评价员手册5.0版对随机对照试验的偏倚风险进行评估, 内容包括: 随机方法、分配方案隐藏、盲法、随访的完整性。

2 结果

2.1 文献检索及质量评价结果: 由于纳米脂肪概念的提出时间较短, 共获检文献251篇。经过Endnote去重、作者阅读题目和摘要初筛, 阅读全文复筛, 最终纳入文献11篇, 其中包括5篇随机对照试验和6篇病例系列报道 (见表1)。各研究中患者数量18~232例, 随访时间3~24个月。按照Cochrane协作网系统评价员手册5.0版对5篇随机对照试验的文献质量进行评估。结果所有文献均仅在文中提及“随机分配”, 但未详述随机方法。对于分配方案的隐藏方法和盲法也未描述, 结果数据的完整性多为不完整或不清楚, 提示存在中、重度偏倚风险 (见表2)。

2.2 疗效评价

2.2.1 除皱: 纳米脂肪在面部年轻化方面的治疗主要以面部除皱为主, 纳入文献中共有4篇文献涉及^[1-3,7]。Tonnard等^[1]首创纳米脂肪技术, 将经机械乳化的脂肪悬液由皮内或皮下注射, 通过纳米脂肪中富集的多能分化干细胞成分, 对老化皮肤内部结构进行重构, 使肤质和浅表细纹得到改善。此研究中口周及眉间皮肤年轻化共53例, 经临床观察疗效满意, 通常在术后4~6个月时达最佳效果。另外, Wei等^[2]和Liang等^[3]来自同一科研团队, 他们从纳米脂

肪中提取并培养出纳米脂肪来源干细胞 (nanofat-derived stem cells, NFSCs), 通过检测发现NFSCs具有与间充质干细胞相似的功能和与脂肪干细胞相似的生物学特性。Wei等通过对比结构脂肪联合纳米脂肪和富血小板纤维蛋白 (platelet-rich fibrin, PRF) 混合移植与单纯结构脂肪移植的疗效, 结果前者肤质改善程度和疗效满意度显著优于后者。Liang等随后通过对比纳米脂肪联合PRF与透明质酸填充除皱, 验证了前者的有效性、安全性和持续性。4篇文献均报道了纳米脂肪单独或联合其他疗法对面颊皱纹的显著疗效, 但部分研究^[1,7]明确指出使用纳米脂肪治疗浅表皱纹, 而部分研究^[2-3]未明确指出治疗皱纹的类型。所以目前对于不同类型和深浅程度的皱纹, 疗效是否相同, 尚无明确评价。笔者分析, 深纹的主要形成机制为表情肌的收缩和局部组织容积的丢失, 而纳米脂肪主要由皮内注射, 且自身不是结构性充填物, 脂肪细胞的破坏使其缺乏确切的容量恢复作用, 所以对于深纹的疗效可能欠佳。对于深纹的治疗, 可联合结构脂肪、A型肉毒毒素等其他方法。

2.2.2 瘢痕: 瘢痕的治疗在纳米脂肪的适应证中占有重要地位, 纳入文献中共有7篇涉及^[1,4-5,7-8,10], 其中5篇^[4-5,8,10]单纯研究瘢痕, 治疗的瘢痕类型包括萎缩性瘢痕和凹陷性瘢痕, 以及痤疮、创伤、烧伤、手术、肿瘤等原因形成的瘢痕等。Tenna等^[4]报道了纳米脂肪联合富血小板血浆 (platelet-rich plasma, PRP) 治疗痤疮后瘢痕的患者30例。治疗前后皮下组织厚度增加约1倍, 患者对效果满意。Gentile等^[5]采用三种不同的改良纳米脂肪和经典纳米脂肪相互对照, 提出纳米脂肪中SVF含量与疗效成正相关。Uyulmaz等^[7]报道了40例单纯使用纳米脂肪治疗瘢痕的病例, 表明纳米脂肪可有效软化瘢痕, 患者满意度达92%。Gu等^[8]采用结构脂肪联合离心浓缩的纳米脂肪治疗萎缩性瘢痕取得了良好效果。他们还发现纳米脂肪有促黑色素生成的作用, 推测其可用于色素减退型瘢痕的治疗。另外, Bhooshan等^[9]和Gu等^[8]在疗效评价方面采用POSAS量表对瘢痕的外观、性状和症状等方面进行全面评价, 表明多数指标可见显著改善。

2.2.3 眶周衰老: 眶周老化改变的主要表现为上下眼睑软组织容积缺失导致的局部凹陷、泪沟加深、眼周皱纹、黑眼圈等。结构脂肪对于填充局部组织凹陷的效果良好^[12], 已被大量临床研究证实, 而纳米脂肪的出现可在修复容积缺失的同时改善皮肤质地、细纹及暗沉。李聪等^[11]即采用纳米脂肪联合结构脂肪达到眶周年轻化目的, 将结构脂肪填充眶周凹陷, 将纳米脂肪均匀注射在眶周细纹及暗沉部分的真皮及皮下组织内, 效果满意。Goisis等^[6]采用纳米脂肪联合PRP填充下睑凹陷和泪沟, 与另一组的透明质酸联合PRP治疗随机对照, 短期疗效未见明显差异, 提示纳米脂肪可替代透明质酸的在下睑区的填充作用。另外, 最早Tonnard

表1 纳入文献的基本资料

纳入文献	研究类型	治疗对象	年龄(岁)	随访时间	病例数(例)		干预措施		疗效评价方法	疗效结果	并发症发生情况
					试验组	对照组	试验组	对照组			
Wei ^[2] (2017)	RCT	软组织凹陷和 面部年轻化	24~55	2年	66	77	纳米脂肪+PRF +结构脂肪	结构脂肪	VISIA和SOFT5.5 皮肤检测仪;医 患及委托方评价 疗效	实验组较对照组肤质 改善效果更佳,满意 度更高(>90% vs <70%)	感染3例(4.84%)、 囊肿1(1.61%)、硬 结1例(1.61%)、感觉 异常1例(1.74%)
Liang ^[3] (2018)	RCT	面部年轻化	24~55	2年	103	128	纳米脂肪+PRF	透明质酸	VISIA和SOFT5.5 皮肤检测仪;医 患及第三方评价 疗效	实验组较对照组肤质 改善效果更佳,满意 度更高	感染2例(1.94%)、 色素沉积5例 (4.85%)、感觉异 常9例(8.74%)
Tenna ^[4] (2017)	RCT	痤疮后瘢痕	18~52	6个月	15	15	纳米脂肪+PRP +CO ₂ 激光	纳米脂肪 +PRP	FACE-Q量表; 皮下组织厚度	两组术后均可见显著 疗效,但两组间FACE-Q 结果和皮下组织厚度 无统计学差异	无
Gentile ^[5] (2017)	RCT	瘢痕(创伤后 和烧伤后)	20~73	未述	10/13/10/10		经典纳米脂肪/增压改良 /离心改良/evo改良		医患双方对瘢 痕特征的改善 逐项评分	改良纳米脂肪较经典 纳米脂肪疗效更好且 SMF含量更高,其中增压 改良纳米脂肪组最佳	无
Goisis ^[6] (2015)	RCT	下睑凹陷和 泪沟填充	40~65	3个月	20	20	纳米脂肪 +PRP	透明质酸 +PRP	患者满意度	两组间近期疗效无显 著差异	无
Tonnard ^[11] (2013)	Case series	瘢痕、细纹、 黑眼圈	未述	未述	67		纳米脂肪+结构脂肪		未述	临床观察疗效满意, 通常在术后4~6个月 效果最佳	无
Uyulmaz ^[7] (2018)	Case series	瘢痕、皱纹、 色素减退	15~64	5个月	52		纳米脂肪		医患双方评价 疗效的满意度	患者满意度达92%,医 方对各项的满意度评 估:瘢痕 92%、皱纹 100%、色素减退 100%	无
Gu ^[8] (2018)	Case series	萎缩性瘢痕	21~62	6个月	20		离心浓缩的纳米脂肪 +结构脂肪		POSAS评估量表	术后瘢痕改善明显,评估 量表大部分指标颜色、 硬度、厚度、不规则度、 色素沉着得到显著改善	未述
Bhooshan ^[9] (2018)	Case series	瘢痕(79%为创 伤后瘢痕)	32.2	3个月	34		纳米脂肪		POSAS评估量表	术后瘢痕改善明显, 评估量表中所有观察 指标均得到显著改善	无
焦虎 ^[10] (2018)	Case series	凹陷性瘢痕	19~55	11个月	18		纳米脂肪		患者满意度	17例患者满意,满意 度为94%,大多数在 术后3个月时疗效基 本稳定	无
李聪 ^[11] (2018)	Case series	眶周年轻化	28~58	6个月	48		纳米脂肪+结构脂肪		患者满意度	46例患者满意,满 意度为96%,大多 数在1次注射后即 达到满意效果	无

注: PRF. Platelet-rich fibrin, 富血小板纤维蛋白; PRP. Platelet-rich plasma, 富血小板血浆; RCT. Randomized controlled trials, 随机对照试验; Case series. 病例系列

尝试将纳米脂肪用于黑眼圈的治疗并取得了良好效果。

黑眼圈从成因上分为3种: ①色素性黑眼圈: 主因为真皮层黑色素过度沉积; ②血管性黑眼圈: 因皮肤及皮下组织菲薄而使下方的血管透过皮肤形成的外观; ③结构性黑

眼圈: 多由眶隔脂肪膨出、水肿、泪槽及局部凹陷所形成的阴影表现^[13]。李聪等^[11]认为纳米脂肪仅对血管性黑眼圈和部分结构性黑眼圈疗效较明显, 而对于色素性黑眼圈以及混合型黑眼圈疗效有限。笔者认为, 术前可根据典型的临床表

表2 纳入研究的质量评价

纳入研究	随机方法	分配隐藏	盲法	退出/失访	质量等级
Wei ^[2] (2017)	不清楚	不清楚	不清楚	有	C
Liang ^[3] (2018)	不清楚	不清楚	不清楚	有	C
Tenna ^[4] (2017)	不清楚	不清楚	不清楚	不清楚	B
Gentile ^[5] (2017)	不清楚	不清楚	不清楚	无	B
Goisis ^[6] (2015)	不清楚	不清楚	不清楚	不清楚	B

现和牵拉试验进行诊断,必要时采用Wood's灯、超声、光谱照相机进行鉴别,从而选择纳米脂肪治疗的适应证。

2.2.4 其他疾病:还有一些个案报道使用纳米脂肪治疗其他疾病。Tamburino等^[14]利用纳米脂肪中干细胞的促再生能力参与治疗了1例难治性外阴硬化性苔藓,通过联合手术显著改善了会阴部皮肤黏膜的外观、质地、症状和功能。Kemaloglu等^[15]报道了1例创伤后小腿局部组织缺损的患者,经过2次植皮失败后,利用纳米脂肪促进中厚皮片的存活,成功修复创面。考虑纳米脂肪中的干细胞可促进内皮细胞和胶原蛋白的生成,进而促进血管再生,提高皮片存活率。此外,受启发于利用SVF治疗脱发问题^[16], Vestita等^[17]通过向头皮单次注射纳米脂肪治疗男性雄激素性脱发患者12例,结果所有患者的治疗区域头发数量和厚度均有增加,其中一半患者的疗效可持续12个月。得益于干细胞的再生能力,纳米脂肪移植技术具备运用于多学科治疗的潜力。

2.3 疗效评估方法:对于纳米脂肪的疗效评价方法目前主要分为主观评价和客观评价。主观评价是以患者本人、医生和/或独立第三方就手术前后标准照片的对比,对总体治疗效果的满意度进行评价。满意度可由低到高分档,便于统计对比疗效。除此之外,还可以利用专业的评估量表,比如POSAS量表,对瘢痕的颜色、硬度、色素沉着等性状,以及疼痛、瘙痒等症状的程度进行逐项打分,将改善结果标准化。客观评价是以客观的检测方法对皮肤软组织的变化进行评价,避免了主观因素的影响,具有可重复性。具体方法包括皮肤检测仪检测法(如VISIA^[18])、3D皮肤检测法^[19]等。笔者认为,对于疗效的评价应结合医患双方的主观判断和仪器法的客观检测结果,多方面评估疗效。

2.4 术后并发症发生情况:在纳入研究中,8篇报告无明显术后并发症,仅局部可能会出现暂时性红斑、瘀斑或水肿等反应,短时间内可消失。Liang等^[3]统计了纳米脂肪注射103例,术后7d出现感染2例、色素沉着3例、局部感觉异常9例。半年后仅有1例存在色素沉积,余并发症均消失。纳米脂肪移植注射层次浅,创伤小,术后并发症较少且多发生于早期,具有较高的安全性。但是,本文纳入文献中随访时长多为半年,且仅有2篇详细报道了术后并发症。因此,有必要开展更详尽的远期随访观察研究。

2.5 纳米脂肪提取技术的改良:目前普遍认为纳米脂肪的作用效果来源于SVF中的ASCs。高景恒^[20]认为纳米脂肪是脂

肪组织去除白色脂肪组织后的细胞群,与SVF性质相同,两者的区别主要在于提取的方式不同。据此,当下众多研究致力于通过某种特定的制备方法提高脂肪移植中的ASCs含量,从而提高自体脂肪的存活率以及组织再生能力。

Lo Furno等^[21]认为在经典纳米脂肪的制备过程中会损失部分ASCs,遂提出舍弃传统方法中的最后步骤,即乳化后的尼龙布过滤以及榨挤动作,所获产物称之为纳米脂肪2.0,并发现纳米脂肪2.0的ASCs浓度和细胞增值速度均较经典纳米脂肪更高更快。Bi等^[22]认为经典纳米脂肪破坏了脂肪细胞的活性,因此提出了“纳米活性脂肪(vivo nanofat)”的概念。主要做法是用I型胶原酶先化学消化,再离心获得小颗粒脂肪,最终成分包括有活性脂肪细胞和脂肪间充质干细胞。他们通过在对裸鼠背部皮下注射的纳米活性脂肪和纳米脂肪块,发现纳米活性脂肪块吸收率更低。Pallua等^[23]为了进一步提高ASCs浓度,在经典制备方法的基础上分别在机械乳化步骤的前后增加两次离心浓缩,使得ASCs和内皮祖细胞(endothelial progenitor cells, EPCs)的含量明显增高。Wei等^[2]和Liang等^[3]还进一步从纳米脂肪中提取培养出纳米脂肪来源干细胞(Nanofat-derived stem cells, NFSCs),联合应用可增强脂肪移植的作用效果。另外, Gentile等^[5]提出了三种改良方法:增压改良纳米脂肪(supercharged-modified nanofat)、离心改良纳米脂肪(supercharged-modified nanofat)和evo改良纳米脂肪(supercharged-modified nanofat),并证实改良纳米脂肪的SVF含量及临床疗效均优于经典纳米脂肪。

3 讨论

本文就纳米脂肪的临床疗效进行系统评价,纳入研究所得的结论均表明纳米脂肪在面部年轻化和瘢痕修复等方面的治疗具有有效性。然而,受纳入文献的数量和质量的限制,对于纳米脂肪的疗效无法得出明确结论。首先,由于纳米脂肪出现的时间比较短,目前文献数量有限,本系统评价纳入的研究中随机对照试验较少,证据等级较低。此外,纳米脂肪在实际临床治疗中多与不同方法联用,使得干预措施的因变量复杂化,难以明确纳米脂肪的实际疗效。在病例系列报道中,潜在的选择偏倚是研究结果有效性的最常见限制,如患者选择的不连续性和缺乏详细的纳入排除标准。另外,病例系列报道中样本量有限,最多67例,最少仅18例。最后,不同研究对于纳米脂肪疗效的评价方法不一,部分研究仅单纯采用总体满意度的方法,易受主观因素影响,缺乏客观的量化标准。因此,本文纳入的试验研究在方法学上尚存在缺陷,有必要设计更科学严谨的试验方案,开展更多、更高质量的随机对照试验来进一步支持这一结论。研究者应当详细阐述研究方案,包括

纳入排除标准, 分组方法、盲法、随访信息等内容。

尽管纳米脂肪的临床应用有诸多不确切性, 但众多学者均对纳米脂肪的临床潜力持积极态度。Stuzin等^[24]评价纳米脂肪可能成为能够使老化皮肤恢复正常皮肤结构的再生基质。有学者^[20]认为纳米脂肪和SVF是同一性质的细胞群, 细胞成分是相似的, 仅在细胞数量上存在差异, 这一论点提示了纳米脂肪的临床应用前景。相对于分离萃取SVF和提取培养ASCs的操作复杂, 耗时长、需配备实验室设备和试剂, 同时可能存在污染及安全问题, 纳米脂肪的制备方法操作简单, 无需实验室设备, 还避免了培养过程中干细胞老化变性的可能^[25], 这使得其临床实用性和可推广性更强。此外, 依据临床经验和试验数据, 通常很难通过肉眼观察分辨脂肪移植是否联合SVF增效, 但是通过组织学分析可以看到再生的表现^[16]。这种作用虽然比较微妙, 但它持久且呈递增效果。纳米脂肪作为再生细胞的一员, 有望为面部年轻化治疗提供一种延缓面部衰老的治疗措施。

[参考文献]

- [1] Tonnard P, Verpaele A, Peeters G, et al. Nanofat grafting: basic research and clinical applications[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2013, 132(4): 1017-1026.
- [2] Wei H, Gu SX, Liang YD, et al. Nanofat-derived stem cells with platelet-rich fibrin improve facial contour remodeling and skin rejuvenation after autologous structural fat transplantation[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(40): 68542-68556.
- [3] Liang ZJ, Lu X, Li DQ, et al. Precise intradermal injection of nanofat-derived stromal cells combined with platelet-rich fibrin improves the efficacy of facial skin rejuvenation[J]. *Cell Physiol Biochem*, 2018, 47(1): 316-329.
- [4] Tenna S, Cogliandro A, Barone M, et al. Comparative study using autologous fat grafts plus platelet-rich plasma with or without fractional CO₂ laser resurfacing in treatment of acne scars: analysis of outcomes and satisfaction with FACE-Q[J]. *Aesthet Plast Surg*, 2017, 41(3): 661-666.
- [5] Gentile P, Scioli MG, Bielli A, et al. Comparing different nanofat procedures on scars: role of the stromal vascular fraction and its clinical implications[J]. *Regen Med*, 2017, 12(8): 939-952.
- [6] Goisis M, Stella E, Petrillo AD, et al. Nanofat grafting compared to hyaluronic acid and PRP treatment of the lower lid and tear trough[J]. *JSM Ophthalmol*, 2015, 3(1): 1027.
- [7] Uyulmaz S, Sanchez NM, Rezaeian F, et al. Nanofat grafting for scar treatment and skin quality improvement[J]. *Aesthet Surg J*, 2018, 38(4): 421-428.
- [8] Gu Z, Li Y, Li H. Use of condensed nanofat combined with fat grafts to treat atrophic scars[J]. *JAMA Facial Plast Surg*, 2018, 20(2): 128-135.
- [9] Bhooshan LS, Devi MG, Aniraj R, et al. Autologous emulsified fat injection for rejuvenation of scars: A prospective observational study[J]. *Indian J Plast Surg*, 2018, 51(1): 77-83.
- [10] 焦虎, 潘静, 范金财, 等. 纳米脂肪在凹陷性瘢痕治疗中的临床应用[J]. *中华整形外科杂志*, 2018, 34(5): 375-378.
- [11] 李聪, 徐桂珍, 万珏, 等. 纳米脂肪联合结构脂肪移植在眶周年轻化中的疗效观察[J]. *中华整形外科杂志*, 2018, 34(4): 291-295.
- [12] Strong AL, Cederna PS, Rebin JP, et al. The current state of fat grafting: A review of harvesting, processing, and injection techniques[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2015, 136(4): 897-912.
- [13] 马刚, 林晓曦. 黑眼圈的病因、诊断及治疗[J]. *中华整形外科杂志*, 2014, 30(6): 472-475.
- [14] Tamburino S, Lombardo GA, Tarico MS, et al. The role of nanofat grafting in vulvar lichen sclerosus: A preliminary report[J]. *Arch Plast Surg*, 2016, 43(1): 93-95.
- [15] Kemaloğlu CA. Nanofat grafting under a split-thickness skin graft for problematic wound management[J]. *Springerplus*, 2016, 5(1): 138.
- [16] Cohen SR, Hewett S, Ross L, et al. Regenerative cells for facial surgery: biofilling and biocontouring[J]. *Aesthet Surg J*, 2017, 37(suppl 3): S16-S32.
- [17] Vestita MM, Filoni A, Bonamonte D, et al. Abstract: The use of nanofat in androgenic alopecia. A prospective blinded study[J]. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 2017, 5(9 Suppl): 90.
- [18] 郭云, 朱淑萍, 沈金翠, 等. VISIA对强脉冲光联合注射除皱治疗面部皮肤老化的定量评价[J]. *中国美容医学*, 2015, 24(11): 60-62.
- [19] 姜银凤, 张文娟, 职蕾蕾, 等. 采用3D皮肤检测方法探索中国上海地区女性在衰老过程中鱼尾纹的变化规律[J]. *中国美容医学*, 2015, 24(7): 44-49.
- [20] 高景恒, 袁继龙, 石杰, 等. 二论脂肪移植的当今与未来[J]. *中国美容整形外科杂志*, 2015, 26(5): 318-320.
- [21] Lo Furno D, Tamburino S, Mannino G, et al. Nanofat 2.0: experimental evidence for a fat grafting rich in mesenchymal stem cells[J]. *Physiol Res*, 2017, 66(4): 663-671.
- [22] Bi HS, Zhang C, Nie FF, et al. Basic and clinical evidence of an alternative method to produce vivo nanofat[J]. *Chinese Med J*, 2018, 131(5): 588-593.
- [23] Pallua N, Grasy J, Kim BS. Enhancement of progenitor cells by two-step centrifugation of emulsified lipoaspirates[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2018, 142(1): 99-109.
- [24] Stuzin JM. Discussion: Nanofat grafting: basic research and clinical applications[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2013, 132(4): 1027-1028.
- [25] 黄惠真, 李伟, 许鹏, 等. 纳米脂肪改善裸鼠光老化皮肤质地的实验研究[J]. *组织工程与重建外科杂志*, 2016, 12(4): 212-216.

[收稿日期] 2018-12-13

本文引用格式: 张畅, 吴乐昊, 王佳琦. 纳米脂肪移植技术疗效的系统评价[J]. *中国美容医学*, 2019, 28(3): 20-24.