

# 脂肪组织促进创面愈合的机制\*★

何勇, 辛国华, 曾逃方

## Mechanisms of wound healing accelerated by adipose tissue

He Yong, Xin Guo-hua, Zeng Tao-fang

### Abstract

**BACKGROUND:** With the research developments of adipose tissue, the effect of adipose tissue on wound healing has aroused increasing attention. The mechanisms of wound healing accelerated by adipose tissue and its application have been widely carried out.

**OBJECTIVE:** To provide the theoretical basis for clinical wound treatment via investigating the mechanisms of adipose tissue on accelerate wound healing from aspects of adipokines/adipocytokines and adipose-derived stem cells and reviewing their applications.

**METHODS:** CNKI and PubMed databases were searched by the first author using key words of "adipose tissue, leptin, resistin, adipose-derived stem cells, wound healing" from 2009 to 2010. The language was limited for Chinese and English. The mechanisms of adipose tissue on accelerate wound healing and their applications were introduced from adipokines/adipocytokines and adipose-derived stem cells.

**RESULTS AND CONCLUSION:** A total of 329 papers were searched, and 31 documents were included according to inclusive criteria. The results showed that, the proliferation of vascular regeneration, fibroblast and keratinocytes play a key role in wound healing, adipose tissue can promote and improve the quality of wound healing through the proliferation of vascular endothelial, fibroblasts, keratinocytes and other cells. However, the regulation of adipokines/adipocytokines during wound healing, the mechanism of adipose-derived stem cells proliferation and differentiation, as well as how to improve the healing rate, remain poorly understood.

He Y, Xin GH, Zeng TF. Mechanisms of wound healing accelerated by adipose tissue. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(41):7719-7722. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

### 摘要

**背景:** 随着对脂肪组织研究的不断深入, 脂肪组织在创面愈合中的作用备受关注, 脂肪组织促进创面愈合的机制以及应用方面的研究广泛开展。

**目的:** 文章从脂肪因子和脂肪干细胞两方面探讨脂肪组织促进创面愈合的机制, 并就相关应用研究进行归纳分析, 为临床创面治疗提供理论依据。

**方法:** 由第一作者用计算机检索中国期刊全文数据库(CNKI: 2009/2010)和PubMed数据库(2009/2010), 检索词分别为“脂肪组织, 瘦素, 抵抗素, 脂肪干细胞, 创面愈合”和“adipose tissue, leptin, resistin, adipose-derived stem cells, wound healing”, 语言分别设定为中文和英文。从脂肪因子和脂肪干细胞两方面入手, 对脂肪组织促进创面愈合的机制及脂肪组织促进创面愈合的现有研究进行介绍。

**结果与结论:** 共检索到文献 329 篇, 阅读标题和摘要后, 按纳入标准, 共纳入 31 篇。总结并分析文献内容后发现, 血管再生、成纤维细胞及角朊细胞等的增殖是创面愈合的关键, 而脂肪组织可通过脂肪干细胞及分泌脂肪因子促进血管内皮、成纤维、角朊等细胞增殖的方式, 促进创面愈合, 提高创面愈合质量。但有关创烧伤过程脂肪因子的调控机制, 脂肪干细胞增殖、分化的机制, 以及如何进而进一步提高创面愈合速率及质量等问题, 仍需进一步研究。

**关键词:** 脂肪组织; 创面愈合; 瘦素; 抵抗素; 生长因子; 脂肪干细胞

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.41.029

何勇, 辛国华, 曾逃方. 脂肪组织促进创面愈合的机制[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(41):7719-7722. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

## 0 引言

随着医学技术的发展, 创烧伤的救治水平有了极大提高, 但创面愈合后外观的变化以及功能障碍, 严重影响了患者的生活质量, 对患者造成较大的心理压力, 同时也对社会资源造成极大的浪费, 这就对创面愈合提出了新的要求: 从过去单纯追求愈合速度转变为对愈合速度与愈合质量并重, 尤其重视功能的修复和组织的重建<sup>[1]</sup>。

脂肪组织作为一个活跃的内分泌器官, 其在营养代谢、生长发育、炎症反应等方面发挥重要作用<sup>[2-3]</sup>, 其在创面愈合中的作用也备受关注, 这些观点改变了过去脂肪组织在创面愈合中认识的不足或缺陷, 开拓了脂肪组织与创面愈合的研究领域, 为创面愈合质量的提高提供了新思路。

## 1 资料和方法

1.1 资料来源 由第一作者用计算机检索中国

Burn Center, First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, Jiangxi Province, China

He Yong★, Studying for master's degree, Burn Center, First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, Jiangxi Province, China  
heyong\_8123@yahoo.cn

Correspondence to: Xin Guo-hua, Associate professor, Chief physician, Burn Center, First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, Jiangxi Province, China  
xinguoh@126.com

Supported by: the Health Department of Jiangxi Province, No. 20093028\*

Received: 2010-04-25  
Accepted: 2010-07-27

南昌大学第一附属医院烧伤中心, 江西省南昌市 330006

何勇★, 男, 1981年生, 江西省新干县人, 汉族, 南昌大学在读硕士, 主要从事烧伤创面处理及愈合的研究。  
heyong\_8123@yahoo.cn

通讯作者: 辛国华, 副教授, 主任医师, 南昌大学第一附属医院烧伤中心, 江西省南昌市 330006  
xinguoh@126.com

中图分类号: R318  
文献标识码: A  
文章编号: 1673-8225 (2010)41-07719-04

收稿日期: 2010-04-25  
修回日期: 2010-07-27  
(20100412001/WJ - J)

期刊全文数据库(CNKI: 2009/2010)和 PubMed 数据库(2009/2010), 检索词分别为“脂肪组织, 瘦素, 抵抗素, 生长因子, 脂肪干细胞, 创面愈合”和“adipose tissue, leptin, resistin, adipose-derived stem cells, wound healing”, 语言分别设定为中文和英文。

1.2 入选标准 ①针对性强、相关度高且与脂肪组织促进创面愈合联系紧密的文章。②对同一领域的文献选取近期或权威杂志发表的文献。

1.3 文献质量评估 文献中综述 8 篇, 离体及动物实验 22 篇, 临床研究 1 篇。

1.4 数据的提取 初选共检索到文献 326 篇, 阅读标题和摘要, 按入选标准筛选, 保留 28 篇, 手检 3 篇, 最后共纳入 31 篇文献。由第一作者提取和分析文献。

## 2 文献证据综述提炼

2.1 纳入资料基本概况 纳入的文献包括脂肪因子相关文章 19 篇<sup>[1-19]</sup>, 脂肪干细胞相关文章 10 篇<sup>[20-29]</sup>, 脂肪组织促进创面愈合的实验及临床研究 2 篇<sup>[30-31]</sup>。依据脂肪因子及脂肪干细胞对创面愈合过程及创面愈合中的细胞再生的影响, 进行归纳总结。

2.2 文献证据综合提炼 创面愈合是一个复杂的病理生理学过程, 大体可分为炎症反应, 肉芽组织形成、再上皮化及伤口愈合后塑形 3 个阶段, 是一个多种细胞参与的有序变化过程, 如中性粒细胞、成纤维细胞和角朊细胞等。

2.2.1 脂肪因子与创面愈合 研究者将十多年相继发现的数十种脂肪组织分泌的生物活性因子或因子样分子, 统称脂肪细胞因子或脂肪因子。其中参与创面愈合的脂肪因子主要有瘦素、抵抗素、生长因子及参与炎症反应的细胞因子。

**瘦素:** 瘦素主要由脂肪组织分泌, 是第 1 个被定性的脂肪细胞分泌蛋白, 由 ob 基因编码, 相对分子质量为 16 000, 是由 167 个氨基酸残基组成的亲水性蛋白, 早期对瘦素的研究主要在其对能量代谢的控制作用。瘦素受体分布于下丘脑, 主要通过作用于下丘脑瘦素受体, 减少食物摄取, 增加能量消耗。同时, 瘦素受体也广泛分布于肝脏、心脏、肾脏、骨骼肌和脂肪组织等。目前已发现短形(Ra, Rc, Rd, Rf)、长形(Rb)及分泌形(Re)3 类瘦素受体。现对瘦素的研究已经从最初的调节能量代谢, 扩展到免疫系统、生殖和创面愈合等多方面<sup>[4]</sup>。

Marikovsky 等<sup>[5]</sup>通过采集猪非全层皮肤切割伤后 9 d 的伤口创面液体, 检测瘦素水平时发现, 在创伤早期, 伤口局部瘦素水平即明显增高, 认为瘦素以旁分泌或自分泌形式参与创面愈合。早期研究者就在体外实验中证实瘦素可直接作用于血管内皮细胞促进血管再生,

Liapakis 等<sup>[6]</sup>通过早期全身注射不同剂量瘦素于切割伤创面的鼠类动物模型, 在给药后第 7 及第 9 天, 分析创面血管密度, 发现瘦素治疗组微血管密度显著增加, 且呈现剂量依赖现象。有研究在烧伤创面及全厚层皮瓣的鼠类动物模型实验中得到类似结果<sup>[7-8]</sup>。瘦素刺激血管再生与成纤维生长因子、血管内皮生长因子具有协同作用<sup>[9]</sup>。李培兵等<sup>[10]</sup>研究表明, 瘦素可促进大鼠成纤维细胞增殖与胶原合成。此外瘦素还能促进角朊细胞增殖、上皮再生, 创面瘦素含量及基因表达情况与角朊细胞增殖成正相关性<sup>[11]</sup>。张凯等<sup>[12]</sup>通过给小鼠创面局部涂抹瘦素, 发现瘦素组创面的愈合速度明显增快。

**抵抗素:** 抵抗素属于富含半胱氨酸的分泌型蛋白质抵抗素样分子家族。人抵抗素蛋白由 108 个氨基酸残基构成, 相对分子质量为 12 000, 人抵抗素表达基因位于第 19 号染色体上。抵抗素与胰岛素抵抗及肥胖相关, 大量研究表明在肥胖相关性糖尿病和心血管疾病中血浆抵抗素水平升高。抵抗素导致鼠类糖尿病已得到共识, 但其在人糖尿病发病机制中的作用仍有争议。

Mu 等<sup>[13]</sup>用抵抗素处理人冠状动脉血管内皮细胞的实验证实, 抵抗素诱导人血管内皮细胞再生和迁移, 促进毛细血管样管腔形成, 上调血管内皮生长因子受体表达, 且抵抗素诱导血管内皮细胞再生、迁移的作用呈现时间及剂量依赖性, 并可被抵抗素抗体中和抑制, 同时抵抗素还可上调血管内皮生长因子受体 mRNA 和基质金属蛋白酶 mRNA 及蛋白水平在血管内皮细胞中的表达。Robertson 等<sup>[14]</sup>证实抵抗素是通过激活磷脂酰激酶 3 和核因子 $\kappa$ B 途径诱导血管内皮细胞迁移、微血管网形成, 而不依赖一氧化氮途径。

抵抗素还参与各种炎症反应, 在肾炎、风湿性关节炎等多种疾病中, 抵抗素或在局部集聚, 或血清抵抗素水平增高<sup>[1]</sup>。在动脉粥样硬化的研究中发现, 随血管内皮下巨噬细胞数浸润的增加, 抵抗素水平与炎症标志物如白细胞介素 6 和脂蛋白相关磷脂酶 A2 等, 呈正相关<sup>[15]</sup>。

**生长因子:** 生长因子与创面愈合密切相关, 其中主要包括表皮生长因子家族、转化生长因子家族、成纤维细胞生长因子家族、血管内皮生长因子、粒细胞巨噬细胞集落刺激因子、血小板源性生长因子、结缔组织生长因子、白细胞介素家族和肿瘤坏死因子<sup>[16]</sup>、胰岛素样生长因子家族。它们具有促进血管再生、肉芽组织形成等功能, 如血管内皮生长因子可促进血管再生, 胰岛素样生长因子 1 可促进创面肉芽组织形成及上皮再生。现已发现脂肪细胞至少可分泌血管内皮生长因子、转化生长因子和胰岛素样生长因子 1 等生长因子<sup>[2-17]</sup>。程颢等<sup>[18]</sup>研究发现单纯烫伤创面愈合中, 脂肪组织中转化生长因子 $\beta$ 的表达增强, 影响脂肪内的微小血管增殖和转化等活动, 并加速创面愈合。

**炎性细胞因子:** 炎性反应的本质是机体对外界刺激的



一种防御反应,有助于清除创面坏死组织,限制组织损伤扩大和加速组织的修复,是创面愈合的重要过程之一。脂肪组织可分泌多种炎症细胞因子,如白细胞介素1, 6, 8, 肿瘤坏死因子和单核细胞趋化因子1等<sup>[2, 17]</sup>,脂肪组织通过分泌上述细胞因子以及瘦素、抵抗素等调节炎症反应。白细胞介素是中性粒细胞趋化因子,单核细胞趋化因子可定向趋化单核/巨噬细胞向创伤部位迁移,并可激活单核细胞增殖、活化,调节免疫反应,增强局部抵抗力,吞噬清除坏死组织,促进创面愈合。研究表明脂肪组织分泌的炎症因子受瘦素、抵抗素等调节<sup>[1]</sup>。肥胖状态下脂肪组织成为产生转化生长因子 $\alpha$ 、白细胞介素6等炎症因子的主要场所,且转化生长因子 $\alpha$ 与单核细胞趋化因子表达上调<sup>[19]</sup>,脂肪组织在创伤情况下分泌炎症因子变化情况对创面愈合的影响仍待研究。

**2.2.2 脂肪来源干细胞与创面愈合** 干细胞是一类具有自我更新与增殖分化能力的细胞,按其分化阶段的不同,可以分为胚胎干细胞和成体干细胞两类。目前成体干细胞研究广泛,各种组织来源的成体干细胞研究已涉及生长发育、创面愈合和组织工程等各个方面,涉及创面修复的基础研究的成体干细胞包括表皮干细胞、骨髓间充质干细胞和脂肪来源干细胞(或称脂肪干细胞)。Zuk等<sup>[20]</sup>于2001年首次从人脂肪组织中分离出一群具有多向分化潜能的细胞即脂肪来源性干细胞(adipose-derived stem cells, ADSCs)。因脂肪组织在体内含量丰富,取材容易,具有临床应用潜能,近年对脂肪组织干细胞的研究发展迅速。

ADSCs可促进角肌细胞增殖和迁移。Yuan等<sup>[21]</sup>将ADSCs与角肌细胞共同培养确定为实验组,进行划痕实验,建立创伤模型,比较24, 48和72h后角肌细胞迁徙距离证实发现实验组角肌细胞迁徙明显快于对照组,并认为ADSCs通过直接接触促进表皮角肌细胞迁移;对各组角肌细胞数分析发现,实验组角肌细胞增殖速度快,差异有显著性意义。

Kim等<sup>[22]</sup>研究表明,脂肪来源干细胞条件培养液(脂肪来源干细胞条件培养液)能促进体外成纤维细胞增殖、迁移,上调I和III型胶原及纤维结合蛋白。有研究也表明ADSCs可促进成纤维细胞增殖<sup>[23]</sup>。Lee等<sup>[24]</sup>发现,体积分数2%O<sub>2</sub>条件下培养的脂肪干细胞的条件培养液比正常氧含量条件下的脂肪来源干细胞条件培养液促胶原合成、成纤维细胞迁移的能力更强,采用血管内皮生长因子及bFGF抗体中和后,成纤维细胞迁徙能力有不同程度的降低,认为ADSCs促进创面愈合的功能部分依靠上调血管内皮生长因子和bFGF水平。Kim等<sup>[25]</sup>通过皮下注射ADSCs于紫外线B光谱照射的裸鼠体内研究ADSCs防皱功能时发现,ADSCs注射组皮肤胶原含量较高,为确认旁分泌是ADSCs防皱的机制,采用

脂肪来源干细胞条件培养液直接培养人成纤维细胞,证实脂肪来源干细胞条件培养液可通过剂量依赖的形式反转紫外线B光谱对成纤维细胞增殖的抑制作用。

ADSCs可促进创面血管生成。Lu等<sup>[26]</sup>通过在小鼠背部皮瓣基底局部注射等量的ADSCs后7d,分析背部皮瓣血管密度和单位组织内血管内皮细胞数量发现,实验组的血管密度和血管内皮细胞数量最大,认为ADSCs有促进血管重建功能。ADSCs在促进糖尿病动物创面血管生成中同样显示了较好的效果。Nambu等<sup>[27]</sup>将自体脂肪组织干细胞移植于糖尿病鼠类动物创面的实验中发现,实验组创面上皮形成、肉芽组织较对照组好,毛细血管更丰富。

ADSCs可通过增殖分化促进创面愈合。薛君等<sup>[28]</sup>证实ADSCs体外培养时可诱导分化成内皮样细胞。Altman等<sup>[29]</sup>以丝蛋白-壳聚糖为载体将绿色荧光蛋白1标记的ADSCs移植于鼠类创面,术后8d实验组创面愈合面积较对照组大,术后2周实验组创面部位血管密度高于对照组,成纤维热休克蛋白、平滑肌肌动蛋白和von Willbrand因子绿色荧光蛋白标记物阳性,并可见ADSCs分化成上皮细胞,Altman等据此认为ADSCs能促进创面愈合,并分化形成血管、内皮、表皮,修复组织缺损。

**2.2.3 保留脂肪组织在创面愈合中的实验及临床研究** 上述研究表明脂肪组织可通过促进血管生成、角肌细胞增殖等促进创面愈合,然而现有应用研究表明脂肪组织仅提高创面愈合质量,对创面愈合时间无明显影响。温学辉等<sup>[30]</sup>通过观察保留不同脂肪厚度对猪烧伤创面愈合的影响,比较创面愈合速度和创面收缩率发现,保留健康脂肪组织组创面愈合时间与不保留脂肪组织组无明显差异,但肌成纤维细胞出现较晚,创面收缩率更小,认为创面脂肪组织可能通过影响创面早期的愈合机制,提高创面愈合质量,保留脂肪组织有利于提高创面的愈合质量。毛远桂等<sup>[31]</sup>通过对比关节部位III度烧伤切削痂术后植皮存活率、创面修复时间及创面修复后4~6周关节外观、活动功能发现,两种手术皮片存活率、创面修复时间无显著差异,削痂组(保留健康脂肪组织)关节外观、关节功能均好于切痂组。这些研究肯定了脂肪组织在创面愈合过程中起到积极的作用。

### 3 小结

血管再生、成纤维细胞及角肌细胞等的增殖是创面愈合的关键,脂肪组织通过脂肪干细胞、脂肪因子促进上述细胞增殖及血管再生,同时脂肪干细胞也可向上述细胞分化,从而促进创面愈合,提高创面愈合质量。但创烧伤过程对脂肪细胞分泌脂肪因子的影响,如何调控其分泌以及脂肪干细胞增殖、分化的调控,进而进一步

提高创面愈合速率及质量, 仍需进一步研究。

创烧伤引起的脂肪组织缺失导致功能与形态的改变很多需要手术修复, 以往临床中普遍认为脂肪组织上植皮成活率底等对脂肪组织认识的不足, 加重了患者的软组织损伤, 严重影响创面部位的外观与功能。探讨脂肪组织促进创面愈合的机制, 对改变原有观念, 提高创面愈合质量具有重要意义, 为临床创面治疗提供理论指导, 同时为组织工程皮肤的研究提供另一思路。

#### 4 参考文献

- [1] 秦初明,林源.脂肪组织上植皮的研究进展[J].右江医学杂志,2008,36(4):489-491.
- [2] Wozniak SE, Gee LL, Wachtel MS, et al. Adipose Tissue: The New Endocrine Organ? A Review Article. Dig Dis Sci. 2009;54(9):1847-1856.
- [3] Va'zquez-Vela ME, Torres N, Tovar AR. White adipose tissue as endocrine organ and its role in obesity. Arch Med Res. 2008;39(8):715-728.
- [4] Peelman F, Couturier C, Dam J, et al. Techniques: new pharmacological perspectives for the leptin receptor. Trends Pharmacol Sci. 2006;27(4):218-225.
- [5] Marikovsky M, Rosenblum CI, Faltin Z, et al. Appearance of leptin in wound fluid as a response to injury. Wound Repair Regen. 2002;10(5):302-307.
- [6] Liapakis IE, Anagnostoulis S, Karayiannakis AJ, et al. Exogenously-administered leptin increases early incisional wound:angiogenesis in an experimental animal model. In Vivo. 2007;21(5):797-801.
- [7] Liapakis I, Anagnostoulis S, Karayiannakis A, et al. Burn wound angiogenesis is increased by exogenously administered recombinant leptin in rats. Acta Cir Bras. 2008;23(2):118-124.
- [8] Liapakis IE, Anagnostoulis S, Karayiannakis AJ, et al. Recombinant leptin administration improves early angiogenesis in full-thickness skin flaps: an experimental study. In Vivo. 2008;22(2):247-252.
- [9] Zitzmann M, Gromoll J, von Eckardstein A, et al. The CAG repeat poly-morphism in the androgen receptor gene modulates body fat mass and serum concentration of leptin and insulin in men. Diabetologia. 2003;46(1):31-39.
- [10] 李培兵,金宏,刘佃辛,等.瘦素对体外大鼠成纤维细胞增殖与胶原合成的影响[J].中国修复重建外科杂志,2005,19(1):20-22.
- [11] Hekeman P, Zeidler J, Korfmacher S, et al. Leptin induces inflammation-related genes in RINm5F insulinoma cells. BMC Mol Biol. 2007;8(2):41-52.
- [12] 张凯,司艺玲,林季,等.瘦素及其抗体对小鼠皮肤创伤的修复作用[J].标记免疫分析与临床,2008,15(4):231-233.
- [13] Mu H, Ohashi R, Yan S, et al. Adipokine resistin promotes in vitro angiogenesis of human endothelial cells. Cardiovasc Res. 2006;70(1):146-157.
- [14] Robertson SA, Rae CJ, Graham A. Induction of angiogenesis by murine resistin: putative role of PI3-kinase and NO-dependent pathways. Regul pept. 2009;152(1-3):41-47.
- [15] Pang SS, Le YY. Role of resistin in inflammation and inflammation-related diseases. Cell Mol Immunol. 2006;3(1):29-34.
- [16] Barrientos S, Stojadinovic O, Golinko MS, et al. Growth factors and cytokines in wound healing. Wound Repair Regen. 2008;16(5):5858-5601.
- [17] Fonseca-Alaniz MH, Takada J, Alonso-Vale MI, et al. Adipose tissue as an endocrine organ from theory to practice. J Pediatr (Rio J). 2007;83(5 Suppl):S192-203.
- [18] 程颺,付小兵,刘文忠,等.创面愈合过程中脂肪细胞内转化生长因子-β各亚型的表达特点及其生物学意义[J].中华实验外科杂志,2004,21(3):360-362.
- [19] 吴静,王宏伟,温宇.脂肪组织在炎症发生中的作用[J].生理科学进展,2007,38(2):181-183.
- [20] Zuk PA, Zhu M, Mizuno H, et al. Multilineage cells from human adipose tissue: implications for cell-based therapies. Tissue Eng. 2001;7(2):211-228.
- [21] Yuan F, Lei YH, Fu XB, et al. Promotive effect of adipose-derived stem cells on the wound model of human epidermal keratinocytes in vitro. Zhong hua Wai Ke Za Zhi. 2008;46(20):1575-1578.
- [22] Kim WS, Park BS, Sung JH, et al. Wound healing effect of adipose-derived stem cells: a critical role of secretory factors on human dermal fibroblasts. J Dermatol Sci. 2007;48(1):15-24.
- [23] 折涛,胡大海,张万福,等. ADSCs培养上清液对成纤维细胞的生物学影响[J].中国美容医学,2008,17(12):1766-1769.
- [24] Lee EY, Xia Y, Kim WS, et al. Hypoxia-enhanced wound-healing function of adipose-derived stem cells: increase in stem cell proliferation and up-regulation of VEGF and bFGF. Wound Repair Regen. 2009;17(4):540-547.
- [25] Kim WS, Park BS, Park SH, et al. Antiwrinkle effect of adipose-derived stem cell: activation of dermal fibroblast by secretory factors. J Dermatol Sci. 2009;53(2):96-102.
- [26] Lu F, Mizuno H, Uysal AC, et al. Improved viability of random pattern skin flaps through the use of adipose-derived stem cells. Plast Reconstr Surg. 2008;121(1):50-58.
- [27] Nambu M, Kishimoto S, Nakamura S, et al. Accelerated wound healing in healing-impaired db/db mice by autologous adipose tissue-derived stromal cells combined with atelocollagen matrix. Ann Plast Surg. 2009;62(3):317-321.
- [28] 薛君,边云飞,郭泽君,等.体外诱导人脂肪干细胞向内皮细胞分化的研究[J].中国分子心脏病学杂志,2009,9(1):24-27.
- [29] Altman AM, Yan Y, Matthias N, et al. IFATS collection: Human adipose-derived stem cells seeded on a silkfibroin-chitosan scaffold enhance wound repair in a murine soft tissue injury model. Stem Cells. 2009;27(1):250-258.
- [30] 毛远桂,付小兵,孙同柱,等.保留不同厚度脂肪组织对猪烧伤创面收缩的影响[J].感染、炎症、修复,2007,8(1):14-18.
- [31] 毛远桂,陈剑平,林尊文,等.关节部位III度烧伤削痂植皮与切痂植皮的效果比较[J].中国组织工程研究与临床康复,2007,11(47):9535-9537.

**关于作者:** 由第一作者构思并设计本综述, 解析相关数据。所有作者共同完成此文章的写作, 第一作者对本文负责。

**基金资助:** 课题受江西省卫生厅项目(20093028)资助。

**利益冲突:** 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

**伦理批准:** 没有与相关伦理道德冲突的内容。

**此问题的已知信息:** 脂肪组织作为一个活跃的内分泌器官, 其在创面愈合中的作用已得到大多学者的认同, 但其具体机制, 各种脂肪因子和 ADSCs 等在创伤条件下的反应仍有待研究。

**本综述增加的新信息及意义:** 文章分析了部分脂肪因子及 ADSCs 促进创面愈合的机制, 探讨脂肪组织促成创面愈合的机制, 并就部分应用状况进行了综述。本文对改变原有观念, 提高创面愈合质量具有重要意义, 为临床创面治疗提供理论指导, 同时为组织工程皮肤的研究提供了新思路。