

# 重组人酸性成纤维细胞生长因子治疗烧伤创面的研究进展

黄亚琪

重庆医科大学附属儿童医院烧伤整形科, 重庆

收稿日期: 2025年12月13日; 录用日期: 2026年1月7日; 发布日期: 2026年1月19日

## 摘要

重组人酸性成纤维细胞生长因子(rh-aFGF)属于可推动组织修复的生物制剂范畴,在针对深Ⅱ度烧伤展开的临床治疗当中,其呈现出诸多颇为亮眼的表现情况。就现有的临床研究以及相关专家所给出的意见来分析,此制剂于多个不同层面的应用领域均收获了新的进展成果。举例来讲,它能够促使烧伤创面以更快的速度实现良好愈合,进而有效缩短达成愈合所需耗费的时间长度;除此之外,在降低伤口愈合之后所遗留下来的瘢痕程度它同样具备一定的积极作用,可以使得瘢痕增生的相关状况得到一定程度的缓解。还有一部分研究指出,当该制剂与其他药物共同配合使用的时候,其能够更为出色地发挥自身效用,从而使治疗所取得的效果变得更加显著。

## 关键词

烧伤创面, 酸性成纤维细胞生长因子, 作用机制, 临床应用

# Advances in the Use of Recombinant Human Acidic Fibroblast Growth Factor for Treating Burn Wounds

Yaqi Huang

Burn and Plastic Surgery Department, Children's Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: December 13, 2025; accepted: January 7, 2026; published: January 19, 2026

## Abstract

Recombinant human acidic fibroblast growth factor (rh-aFGF) is a biotherapeutic agent that can promote tissue repair. In the clinical treatment of deep second-degree burn wounds, it has shown

文章引用: 黄亚琪. 重组人酸性成纤维细胞生长因子治疗烧伤创面的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(1): 1592-1596. DOI: 10.12677/acm.2026.161202

many remarkable results. Based on current clinical studies and expert opinions, this agent has made new progress in various application areas. For example, it can promote faster wound healing of burn injuries, effectively shortening the time required for complete healing. Additionally, it has a positive effect in reducing the degree of scarring after wound healing, alleviating the associated scar hyperplasia. Some studies also suggest that when used in combination with other drugs, the agent can better exert its efficacy, leading to more significant treatment outcomes.

## Keywords

Burn Wounds, Acidic Fibroblast Growth Factor, Mechanisms of Action, Clinical Applications

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

烧伤属于在全球范围内广泛发生的创伤性疾病范畴,其中深Ⅱ度以及更严重的烧伤,由于真皮层受到损伤,所以容易出现愈合进程迟缓、感染风险不断增大以及瘢痕过度增生等一系列问题,而这些问题所引发的后果,对患者的身心健康产生了颇为严重的影响。烧伤创面的修复无疑是一个极为复杂的过程,在此过程中,预防感染以及加速创面愈合便成为了治疗环节当中极为关键的部分。酸性成纤维细胞生长因子(acidic fibroblast growth factor, aFGF)是一种主要分布在脑部、垂体以及神经组织当中的微量活性物质,并且它具备促进有丝分裂以及组织修复的功能[1]。早在1984年的时候, aFGF最初是从牛脑当中成功提取分离并得以提纯的[2],而在当下,重组人酸性成纤维细胞生长因子(rh-aFGF)常常被用于治疗烧伤创面以及慢性溃疡创面,其在治疗过程中展现出来的效果,呈现出十分显著的潜力。

## 2. rh-aFGF 的生物学特性

rh-aFGF 是一种由154个氨基酸构成的多肽,其等电点(pI)处于5.0至6.0之间,在酸性条件之下会带有负电荷,能够和细胞膜上带有正电荷的受体相结合[3]。而且烧伤创面呈现出弱酸性,所以运用 rh-aFGF 来促进创面愈合更加契合它的生物学特性。研究人员一般借助重组技术凭借大肠杆菌表达系统制备出 rh-aFGF,它对于表皮、血管、肌肉以及神经都具备一定的修复功效。此外, aFGF 是生长因子家族中唯一可以结合所有受体的成员,没有明显选择性。它能够与 FGFR4 结合活化能量调控蛋白腺苷酸活化蛋白激酶,因此,相较于其他生长因子 aFGF 在调控能量代谢、细胞自噬等方面具有独特优势。有学者把 aFGF 与 bFGF 分别应用于治疗深Ⅱ度创面,结果表明 aFGF 更有助于创面愈合,其中的原因或许是 aFGF 与创面的亲和力更高[4]。

## 3. rh-aFGF 促进创面愈合的作用机制及临床疗效

### 1. 抗炎与免疫调节

烧伤后出现的过度且持续的炎症反应,其作为阻碍创面愈合的关键因素,生长因子经由 FGFR 所介导的多条信号通路,包括 RAS/MAPK、PI3K-AKT、PLC- $\gamma$ ,从而调控细胞代谢、增殖、生长、分化、迁移、趋化、凋亡和衰老等过程。如 JAK-STAT3、NF- $\kappa$ B 能够大幅度地降低 NO、PGE<sub>2</sub>、MDA 等氧化产物的含量,同时提升 SOD(超氧化物歧化酶)的活性,对 NOS(一氧化氮合酶)的活性起到抑制作用[5],并且能够降低毛细血管通透性,抑制 IL-6、TNF- $\alpha$  等炎症介质,减轻炎症性细胞水肿与组织液渗出。有相关

研究显示,其还能够促进 IL-10 等抗炎因子分泌,进一步减轻创面炎症反应[6]。程晓皎采用 rh-aFGF 联合复方多粘菌素 B 软膏治疗烧伤创面患者,对照组单纯给予复方多粘菌素 B 软膏外敷;7 d 后,联合用药组病原菌阳性率为 5%,而单用软膏组为 10.83% [7],由此可见, rh-aFGF 确实能够减轻创面的炎症反应。

## 2. 促进细胞增殖与分化

rh-aFGF 与细胞表面的肝素硫酸盐(heparan-sulfate)结合,形成稳定的配体-受体复合物,可有效激活 FGFR-1/FGFR-2 受体[8]。两者再形成二聚体,引发受体酪氨酸激酶域的自磷酸化,产生多个磷酸酪氨酸位点[9]。当受体磷酸化后通过 RAS-MAPK 通路调动细胞增殖,从而促进成纤维细胞、血管内皮细胞等细胞增殖迁移,加速肉芽组织形成,填充创腔[10]。多项随机对照试验证实,外用 rh-aFGF 可显著缩短愈合时间。在 2024 年中华医学会烧伤外科学分会年会论文汇编中有一篇关于创面愈合的研究,柯发军将扩创植皮术后病人随机分组,一组仅使用封闭式负压引流,另一组将 rh-aFGF 与封闭式负压引流联合应用,使其冲洗被覆盖的负压创面,结果使用 rh-aFGF 的一组住院天数及创面愈合时间明显缩短[11]。另一项多中心随机对照临床试验的结果显示应用 rh-aFGF 的临床疗效优于使用 rh-bFGF 组[12]。

## 3. 血管生成调控

同样,上述受体激活 Ras MAPK/ERK 通路使 VEGF 表达升高;也可以活化 PLC $\gamma$  PKC 通路促进细胞骨架重排、增强细胞与基质黏附力及迁移能力,形成管状结构,增加创面毛细血管密度,改善微循环。同时,在孙虹的大鼠肠缺血-再灌注损伤的修复研究中表明 a-FGF 还有抑制肠绒毛上皮细胞和血管内皮细胞凋亡的作用,从而发挥了对肠黏膜损伤的保护作用,进一步提升肉芽组织生长,加速创面愈合[13]。有基础研究表示将 rh-aFGF 喷涂于烧伤动物的创面,能够有效地促进创面肉芽组织生长,诱导毛细血管胚芽形成与再生,从而达到良好的促进烧伤部位愈合的效果[14]。

## 4. 瘢痕抑制

人体皮肤组织在烧伤后创面愈合主要分为三个阶段:炎症期、增生期、重塑期。炎症期产生的细胞因子和生长因子在后期调节修复过程,瘢痕形成的主要阶段在增生期。该阶段在肉芽组织、血管新生的同时,成纤维细胞还会合成大量 I 型及 III 型胶原进行胶原交联,最后瘢痕成熟、收缩[15]。在早期, rh-aFGF 可促进创面愈合,同时也可下调 TGF- $\beta$ 1 表达,减少胶原过度沉积,改善 I 型胶原与 III 型胶原的比例,促进成纤维细胞凋亡从而抑制瘢痕形成。王玲的一项研究显示行削痂术后 3 个月,联合 rh-aFGF 治疗组的温哥华瘢痕量表评分在厚度、柔软度等维度显著低于对照组[16]。

# 4. 联合应用

## 1、与敷料联用

水凝胶敷料有良好的亲水性及生物相容性[17],可吸附创面渗出液,并提供湿润环境有助于“湿性愈合”,同时也保护了创面,减少了创面感染率。在临床上,将水凝胶辅料与 rh-aFGF 联合使用,可各发挥其优势,延长 aFGF 活性时间,协同促进上皮爬行。

## 2、纳米银敷料

朱东来的临床研究结果显示将 rh-aFGF 与纳米银辅料联合应用于深二度烧伤的患者,其第 16 天的创面愈合率远高于 rh-aFGF 联合凡士林油纱治疗组,且治疗 1 周后的细菌检出率也更低[18]。纳米银辅料可适用于多种创面的治疗,其含有的纳米银可在释放后与细菌结合发挥抗菌作用,且纳米银提供 Ag0 形式的银不与卤化物反应,通常更稳定[19]。rh-aFGF 增强修复,纳米银提供抗菌保障,二者联用可使深 II 度烧伤愈合率提高[16]。

## 3、负压封闭式引流

负压封闭引流通过可控的负压主动清除创面渗出液、减轻组织水肿、增加局部血流灌注,并为创面

提供湿润的封闭环境[20]。然而，VSD 主要擅长于为创面愈合“创造条件”，如控制感染、减轻水肿。但其本身直接促进细胞增殖和组织再生的能力有限。而将 rh-aFGF 联合使用，可以加速创面的愈合。石小萍的一项研究将烧伤患者的创面清创后安装 VSD 装置，并随机分为实验组与观察组。观察组予以 rh-aFGF 冲洗，对照组予以生理盐水冲洗，再分别比较其创面愈合率、细菌培养阳性率，结果显示观察组的总有效率明显高于对照组[21]。另外，与负压引流联合使用，减少了普通换药的次数，降低了患者的痛苦。

## 5. 展望

现有多项随机对照试验表明 rh-aFGF 在治疗烧伤创面时能够显著提升愈合率，缩短愈合时间，并降低感染率。在 2024 版《II 度烧伤创面治疗专家共识》中，rh-aFGF 已明确为推荐药物之一，其临床认可度进一步提升。目前最常见的重组人酸性成纤维细胞生长因子药物为溶液制剂，但溶液制剂面临着易挥发的特点，若为凝胶或构建含有 rh-aFGF 的缓释载体，如脂质体、水凝胶能够更易发挥其优势。另外有研究表示将 rh-aFGF 联合激光治疗也可缩短创面愈合时间。在未来，rh-aFGF 的研究机制可从目前的血管及细胞增殖深入聚焦至免疫微环境，李校堃院士提出的“生长因子代谢轴”更是拓宽了生长因子的应用面。而在临床方面，目前的研究样本量有限、随访时间较短，对于儿童、老年人是否有最佳的应用方案等都需要未来开展大样本、多中心的随机对照试验，以及进行长期随访其疗效，包括瘢痕形成情况及不良情况等。总之，重组人酸性成纤维细胞生长因子已经展现出了巨大的潜力，而 rh-aFGF 的疗法在未来期望能够借助多学科之间的交叉融合，从而实现促进烧伤创面的加速愈合、改善愈合后瘢痕的目标。

## 参考文献

- [1] 李燕梅, 黄亚东, 曲红艳, 等. 酸性成纤维细胞生长因子的促细胞增殖作用和对实验秃毛大鼠的疗效研究[J]. 中国生物工程杂志, 2008(10): 33-38.
- [2] Thomas, K.A., Rios-Candelore, M. and Fitzpatrick, S. (1984) Purification and Characterization of Acidic Fibroblast Growth Factor from Bovine Brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **81**, 357-361. <https://doi.org/10.1073/pnas.81.2.357>
- [3] 孙瑞朋, 赵连魁, 孙静, 等. 深二度烧伤创面早期削痂术后应用 rh-aFGF 的临床观察[J]. 河北医药, 2011, 33(14): 2144-2145.
- [4] 王明英. 重组人酸性成纤维细胞生长因子与重组人碱性成纤维细胞生长因子治疗深 II 度烧伤的疗效与安全性[J]. 健康必读, 2018(21): 38-39.
- [5] Hu, Y.F. and Wu, Y.J. (2001) Effect of Recombinant Human Basic Fibroblast Growth Factor on Acute Inflammation in Mice and Rats. *Acta Pharmacologica Sinica*, **22**, 375-379.
- [6] 王旭文, 李亮, 苏伟海, 等. 重组人酸性成纤维细胞生长因子联合夫西地酸乳膏局部应用对深 II 度烧伤患者创面愈合、炎症水平、疼痛介质的影响[J]. 河北医科大学学报, 2023, 44(6): 681-685+691.
- [7] 程晓姣, 王宇文, 朱思文, 等. 外用重组人酸性成纤维细胞生长因子对烧烫伤创面愈合的效果[J]. 实用临床医药杂志, 2025, 29(9): 97-100.
- [8] Kouhara, H., Hadari, Y.R., Spivak-Kroizman, T., Schilling, J., Bar-Sagi, D., Lax, I., *et al.* (1997) A Lipid-Anchored Grb2-Binding Protein That Links FGF-Receptor Activation to the Ras/MAPK Signaling Pathway. *Cell*, **89**, 693-702. [https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(00\)80252-4](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(00)80252-4)
- [9] 翁立新, 李秀霞. 酸性成纤维细胞生长因子及其受体研究进展[J]. 中国危重病急救医学, 2004(4): 253-256.
- [10] 邓雪, 李宁静, 柳鹏. rh-aFGF 外用联合水凝胶敷料治疗 II 度烧伤创面[J]. 中国美容医学, 2023, 32(11): 50-53.
- [11] 柯发军, 丁若虹. 扩创植皮术联合封闭负压引流技术(VSD)和外用重组人酸性成纤维细胞生长因子冲洗对四肢深度烧伤患者创面愈合的影响[C]//中华医学会. 2024 年中华医学会烧伤外科学分会年会论文汇编. 2024: 479 p.
- [12] 柴家科, 孙永华, 夏照帆, 等. 酸性成纤维细胞生长因子治疗深 II 度烧伤的多中心随机对照临床试验[J]. 中国药师, 2015, 18(4): 589-591.
- [13] 孙虹, 张明辉, 翁立新, 等. 酸性成纤维细胞生长因子促进大鼠肠缺血-再灌注损伤的修复[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(11): 1965-1971.

- 
- [14] 李亦武, 李贵玲, 李玥, 等. 重组人酸性成纤维细胞生长因子促进烧伤与创伤愈合作用研究[J]. 医药导报, 2005(11): 978-980.
  - [15] 吴迎, 李锋, 杨磊, 蒋章佳. 二氧化碳点阵激光治疗烧伤瘢痕的研究进展[J]. 医学美学美容, 2025, 34(7): 191-194.
  - [16] 王玲. rh-aFGF 结合纳米银敷料与美宝湿润烧伤膏在烧伤创面削痂术后的作用[J]. 医药论坛杂志, 2023, 44(9): 84-88.
  - [17] 罗高兴, 卢毅飞, 黄灿. 功能性水凝胶促进皮肤创面的修复[J]. 中华烧伤与创面修复杂志, 2023, 39(1): 9-14.
  - [18] 朱东来, 武凤莲, 王连英, 等. 重组人酸性成纤维细胞生长因子与纳米银敷料联合治疗深 II 度烧伤创面的临床观察[J]. 中国美容医学, 2013, 22(18): 1840-1842.
  - [19] 张家平. 含银敷料在创面治疗中应用的全国专家共识(2018 版) [J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2018, 13(6): 401-405.
  - [20] 谭珍莲, 赖红燕, 雷芳金, 黎彩芬, 江丽婷. 封闭式负压引流技术在手足外伤手术中的应用效果观察[J]. 中外医学研究, 2020, 18(24): 61-63.
  - [21] 石小萍, 肖微, 朱勇. 重组人酸性成纤维细胞生长因子辅助封闭负压引流技术在深 II 度烧伤创面治疗中的应用[J]. 中国临床医生杂志, 2023, 51(12): 1477-1479.