

# 基于蛋白组学技术探究紫草素促进烧烫伤小鼠皮肤愈合的作用机制

吴庭辉 西尔艾力·艾克穆 位文慧胡什塔尔古丽·麦提托合提 郭丽丽 (通讯作者)

新疆和田学院 新疆维吾尔自治区 和田 848000

**【摘要】**：本研究旨在探讨紫草素在促进烧烫伤小鼠皮肤愈合过程中的作用机制，烧烫伤是一种严重的创伤，愈合过程复杂，尽管目前有多种治疗方法，但效果常不尽如人意，急需有效药物。紫草素作为一种源自紫草等植物的天然产物，具有显著的抗炎、抗氧化和促进细胞增殖等生物活性，已有中医学应用历史。通过蛋白组学技术，我们识别了与紫草素处理相关的差异表达蛋白质，实验结果表明，紫草素显著提高了小鼠的伤口愈合率，并促进了伤口面积的缩小和组织再生，具体机制紫草素可以刺激胶原蛋白的合成，改善伤口结构与功能，保护细胞。本研究的发现为紫草素作为潜在创伤愈合药物的临床应用提供了科学依据，展示了其治疗烧烫伤等创伤中的前景，相关研究结果不仅有助于理解其促愈合机制，还为未来其他天然产品在创伤愈合中的应用提供了新的视角。

**【关键词】**：紫草素；烧烫伤；皮肤愈合；蛋白组学

DOI:10.12417/2705-098X.26.05.080

烧烫伤是一种严重的创伤，常见于意外事故、家庭火灾或化学品接触，其造成的不仅是皮肤损伤，还可能引发感染、疼痛、畸形和心理创伤，显著影响患者的生活质量<sup>[1]</sup>。烧烫伤的愈合过程复杂，通常经过炎症、增生和重塑三个阶段，且不同深度和面积的烧烫伤愈合时间差异显著<sup>[2,3]</sup>。对烧烫伤的有效治疗需求亟待解决，当前关于烧烫伤的治疗方法多样，如药物治疗、外科手术和生物敷料等。然而，这些方法往往存在疗效不一、创伤反应及愈合不良等问题。尽管有些药物被广泛研究，但在临床应用中仍面临高成本、供给不足和副作用等挑战<sup>[4]</sup>。紫草素作为一种天然产物，源于紫草等植物，具有抗炎、抗氧化和促进细胞增殖等多种生物活性，研究表明，紫草素在促进创伤愈合、抑制瘢痕形成和改善血循环等方面具有良好的应用前景<sup>[5]</sup>。紫草素在中医学中已有悠久的历史，现代药理研究进一步证实其对皮肤愈合的积极影响，尤其是在抗炎和促进胶原合成方面的作用。蛋白组学是一项通过高通量技术分析生物样本中所有蛋白质的研究方法，能够提供细胞和组织在特定条件下的全景视图<sup>[6]</sup>。运用蛋白组学技术可深入探究紫草素对小鼠烧烫伤愈合过程中影响的分子机制，识别差异表达的蛋白质及相关的生物学通路，为揭示其促进愈合的作用机制提供科学依据。通过结合紫草素的药理特性与蛋白组学技术，旨在揭示紫草素在烧烫伤小鼠皮肤愈合过程中的具体作用机制。这不仅为临床应用中的新疗法探索提供理论支持，也为理解天然产物在创伤愈合中的潜在价值奠定基础。

本研究的主要目的是探讨紫草素对烧烫伤小鼠皮肤愈合的促进作用及其作用机制。评估紫草素在烧烫伤愈合中的效果

去，定量分析不同处理组小鼠烧烫伤愈合的情况，观察其在伤口愈合率、伤口面积缩小和组织再生等方面的表现。探索紫草素的作用机制通过蛋白组学技术鉴定与紫草素处理相关的差异表达蛋白质，分析这些蛋白质在伤口愈合过程中的作用和意义。研究紫草素在促进烧烫伤愈合时可能涉及的信号通路和生物学过程，包括炎症反应、细胞增殖、胶原合成等。通过基因本体分析及通路富集分析，对鉴定出与紫草素作用相关的蛋白质进行功能注释，揭示其在生物学过程中的具体角色和作用互作网络，为临床应用提供理论基础。基于研究结果，评估紫草素作为一种潜在治疗药物在烧烫伤临床治疗中的应用前景，为未来的临床研究和新疗法的开发提供科学依据。通过上述研究目的的实现，旨在全面解析紫草素在促进烧烫伤愈合中的作用机制，并为开发新型、高效的创伤治疗手段提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验动物及烧烫伤模型制备

鼠龄为8周的C57BL/6小鼠，专利烧烫伤造模仪，于小鼠背部相同部位造创。于第5天时观察创口的愈合情况，后再取创口组织进行蛋白组测序。

### 1.2 蛋白质提取及组学分析

组织块用预冷的PBS洗涤1-2次，剪成小块置于研磨管中，加入3颗3mm的研磨珠，加入10倍组织体积的裂解液（例：组织100mg，加入1000ul的裂解液），设置研磨程序进行组织研磨；将研磨完成的研磨管取出，放置冰上或四度裂解液30min；12000rpm，4℃，离心10min，收集上清，即为总蛋白

基金项目：1. 新疆紫草中药方治疗烧烫伤的疗效观察与应用 2024RC01。

2. 和田地区育龄期妇女血红蛋白水平调查 2024ZR-006。

3. 新疆特色植物中药方治疗烧烫伤并促进全功能皮肤重建 2024ZR-009。

4. 输血检验技术实践慕课建设及搭建在线课程资源 2024JYZ-01。

溶液。蛋白浓度测定（选做）：根据需要进行蛋白浓度测定。

## 2 结果

### 2.1 伤口愈合效果

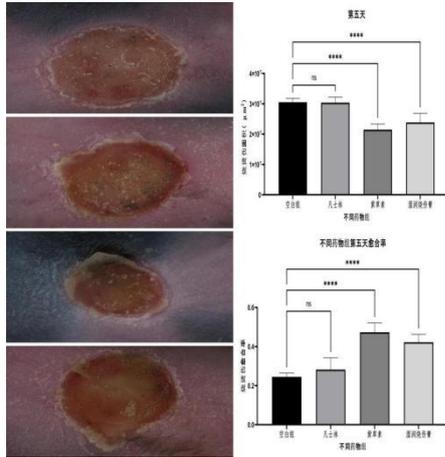


图1 不同药物组愈合情况

紫草素组的愈合率明显高于其他两组，表明紫草素可能具有促进伤口愈合的作用，空白组的愈合率最低（图1所示），显示未处理伤口的自然愈合能力有限。紫草素在促进伤口愈合方面表现出明显的优势。

### 2.2 蛋白质组学分析结果

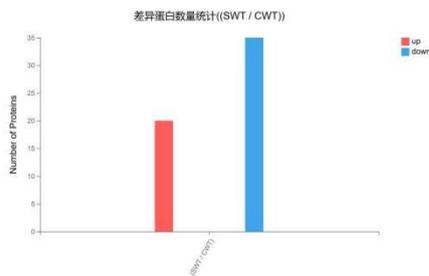


图2 不同药物组差异蛋白表达

在紫草素组与空白组差异表达蛋白有55个，红色为显著上调蛋白；蓝色为显著下调蛋白，筛选其中上调的差异蛋白20个，下调的差异蛋白35个（图2所示）。

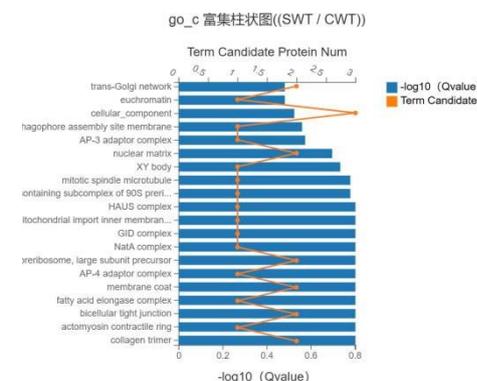


图3 细胞组分富集

下方 X 轴柱子的长短代表 (Pvalue) 的大小 (-Pvalue)，折线上的点在上方 X 上的值是注释到该 GO Term 上的差异蛋白数目。对于细胞组分富集的差异蛋白，他们主要参与：胶原蛋白，肌动蛋白收缩，细胞紧密连接等（图3所示）。

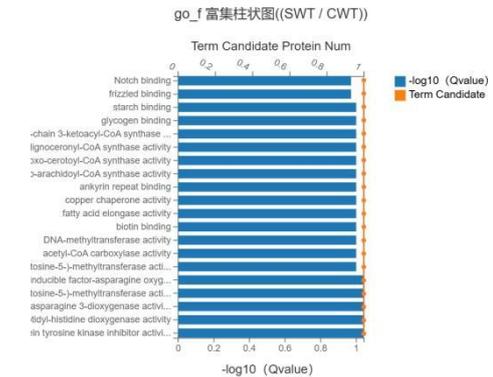


图4 分子功能富集

下方 X 轴柱子的长短代表 (Pvalue) 的大小 (-log10(Pvalue))，折线上的点在上方 X 上的值是注释到该 GO Term 上的差异蛋白数目。对于分子功能富集的差异蛋白，他们广泛参与了几个重要的分子功能，包括细胞结构分子活性，细胞外的相关因子（趋化因子活、细胞因子、生长因子）活性等。

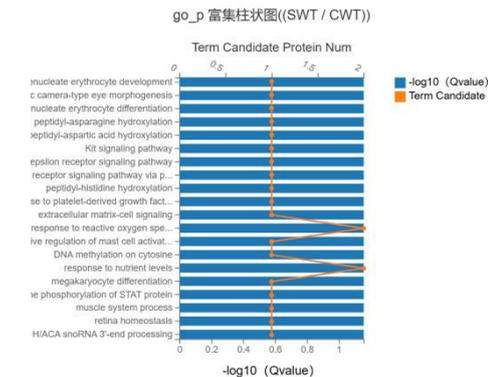


图5 生物学过程富集

下方 X 轴柱子的长短代表 (Pvalue) 的大小 (-log10(Pvalue))，折线上的点在上方 X 上的值是注释到该 GO Term 上的差异蛋白数目。对于生物学过程富集的差异蛋白，它们参与了：肌肉系统过程，细胞信号通路等（图5所示）。

## 3 讨论

研究结果显示，紫草素能够显著促进烧烫伤小鼠的皮肤愈合，这一发现与其在炎症反应、细胞增殖和胶原合成等方面的生物活性密切相关。紫草素可能通过调节这些过程，从而加速愈合。烧烫伤后，局部炎症反应是愈合过程中的重要组成部分。紫草素可能通过多种信号通路发挥作用，如 MAPK/ERK 通路、PI3K/Akt 通路等。这些通路在细胞增殖、凋亡及炎症反应中起重要作用。对这些信号通路的进一步研究可以揭示紫草素的更

多机制,为其临床应用提供理论支持。通过对紫草素促进烧烫伤愈合机制的综合分析,可以看出其在抗炎、促进细胞增殖和迁移、增强胶原合成和抗氧化等方面的多重作用,这一机制的阐明不仅为紫草素的临床应用提供了基础,也为未来研究天然产品在创伤愈合中的潜在应用价值提供了新的视角。后续研究可以进一步探讨紫草素在不同类型创伤愈合中的作用,为其扩展应用奠定基础。

在研究创伤愈合的药物中,有许多天然和合成药物被证明在促进愈合方面具有良好效果,包括黄酮类化合物、植物多酚、抗生素(如蜂胶)以及一些化合物(如成纤维细胞生长因子(FGF)、表皮生长因子(EGF)等)<sup>[7,8]</sup>,紫草素通过抑制炎症因子的释放和降低氧化应激,紫草素能够显著减轻烧烫伤后的炎症反应,增强胶原合成并促进其重塑<sup>[9]</sup>,紫草素升高胶原合成相关基因的表达,具有显著的抗氧化特性,可以清除自由基,减轻氧化应激对细胞的损伤。紫草素作为一种天然产品,在促进创伤愈合方面具有以下独特性<sup>[10,11]</sup>,紫草素的促愈合作用涉及多条生物学通路和多重机制,既包括抗炎、抗氧化,又涉及细胞增殖和胶原合成等。而许多合成药物往往侧重于单一机制,紫草素来源于自然植物,其相对较低的毒性和较少的副作用使其成为安全的愈合促进剂,是现代药物治疗的有益补充

<sup>[12,13]</sup>。紫草素凭借其多重生物学作用和天然来源,展现了作为一种促愈合药物的独特价值,与其他促愈合药物相比,紫草素的综合作用机制赋予它在创伤愈合中的独特优势,未来应继续深入探索其在不同类型创伤愈合中的潜力。

#### 4 结论

紫草素是一种来源于紫草植物的天然化合物,具有多种生物活性,有助于烧烫伤皮肤的愈合,紫草素可以提升这些细胞的增殖能力并加速其在伤口边缘的移动,从而促进上皮化过程,刺激胶原蛋白的合成,增加皮肤的强度和弹性,其多重作用机制使得紫草素成为一种有前景的天然促愈合药物,为烧烫伤治疗提供了新的选择。蛋白组学可以揭示蛋白质之间的相互作用网络,这对于理解细胞功能和信号转导通路至关重要,通过构建蛋白质相互作用网络,可以更深入地分析特定蛋白质在生物过程中的角色。结合转录组学和代谢组学等多组学研究,蛋白组学能够提供丰富的功能信息,帮助科学家全面评估生物体在不同条件下的生物响应,明确蛋白质在生物学过程中的具体功能,有助于更好地理解这些疾病的病理生理机制。随着技术的不断进步,蛋白组学将在生物医学研究中发挥越来越重要的作用,为新疆道地中药材的开发与利用提供新的思路和方法。

#### 参考文献:

- [1] 胡涛,郭嘉伟,张建祥.新型中性粒细胞响应性发光纳米胶束的构建及其在小鼠烧伤模型成像中的应用[J].陆军军医大学学报,2025,47(04):335-349.
- [2] 周航震,张金佩,杨蕾,等.新型烧烫伤药膏促进小鼠烧烫伤创面愈合的表观形态分析[J].塔里木大学学报,2024,36(04):20-27.
- [3] 庞梦茹,刘思业,袁媛,等.磨痂术在深II度烧烫伤患者创面早期处理中的效果[J].贵州医科大学学报,2024,49(11):1672-1677.
- [4] 李沛鸿,刘晓军,黄小丽.刘氏烧烫伤疗法的理论探讨与经验传承[J].中华中医药杂志,2024,39(09):4765-4769.
- [5] 张龙,王雷,张婕,等.紫草素通过 miR-29b-3p 靶向 VEGFA 对糖尿病足大鼠溃疡愈合的影响及作用机制[J].中国老年学杂志,2025,45(02):402-406.
- [6] 贾镜立,张晶晶,李伊.紫草素调控 TGF-β1/p38 MAPK 信号通路促进大鼠皮肤创面愈合[J].大理大学学报,2025,10(02):4-9.
- [7] 谢珍珠,宋洁琳,李小萌,等.中药白及促进创面愈合研究的可视化分析[J].数理医药学杂志,2025,38(01):27-38.
- [8] 王钧锋,刘静,邓国英.表没食子儿茶素没食子酸酯促进创面愈合研究进展[J].中国中西医结合杂志,2024,44(07):891-896.
- [9] 卞志鸿,张云涛,李泽铭,等.紫草素及其衍生物在口腔软硬组织再生中的潜力[J].中国组织工程研究,2024,28(17):2747-2752.
- [10] 杨晓,何一波,卢慧敏,等.紫草素外敷治疗下肢静脉性溃疡的作用机制[J].中华中医药杂志,2023,38(11):5540-5543.
- [11] 杜伟鹏,张现峰,王晓歌,等.紫草素对慢性皮肤溃疡大鼠间隙连接蛋白家族的蛋白表达及基因表达水平的影响[J].中医药信息,2022,39(03):50-54.
- [12] 谢军,毛玉洁,王思宇,等.紫草素对大鼠慢性皮肤溃疡创面愈合及新生血管形成的促进作用及其机制[J].解放军医学杂志,2022,47(01):39-45.
- [13] 梁巩,王艳萍,苗凯,等.紫草素抑制炎症促进驴皮伤口愈合的效果[J].中国畜牧兽医,2020,47(07):2295-2303.