

小鼠烧烫伤皮肤马松染色观察

吴庭辉 张鑫璐 廖玉玺 王小丹 郭丽丽 (通讯作者)

新疆和田学院 新疆维吾尔自治区 和田市 848000

【摘要】：为系统探讨小鼠Ⅲ度烧烫伤后不同修复阶段的皮肤组织学特征，本研究通过标准化方法建立小鼠背部皮肤Ⅲ度烧烫伤模型，分别于烫伤后3天、5天采样，采用马松染色显微镜观察。结果显示：烫伤后皮肤表皮层完全断裂缺失，真皮层结构严重紊乱，胶原纤维大量断裂、溶解，排列松散无序。结论：小鼠Ⅲ度烧烫伤后，3天胶原纤维降解显著；烫伤后5天成纤维细胞活化并启动胶原合成，创面修复进入增殖阶段。马松染色可直观且精准地呈现不同修复阶段胶原纤维的形态、分布，该研究结果丰富了烧烫伤修复的基础病理数据。

【关键词】：烧烫伤；马松染色；胶原纤维；创面修复；炎症反应

DOI:10.12417/2705-098X.26.10.051

1 引言

烧烫伤是由热力、化学物质、电流等多种因素引起的皮肤及皮下组织损伤，其发生率在临床创伤中位居前列，严重威胁人类健康与生命安全^{[1][2]}。皮肤组织修复是一个高度协调的复杂病理生理过程^[3]，通常分为急性炎症期、增殖期和重塑期三个连续且相互重叠的阶段。急性炎症期主要表现为组织损伤后血管扩张、通透性增加，中性粒细胞、巨噬细胞等炎症细胞浸润，清除坏死组织及病原体；增殖期以成纤维细胞活化增殖、胶原纤维合成沉积、新生血管形成及表皮细胞再生迁移为核心；重塑期则涉及胶原纤维的交联、重组及瘢痕组织的形成与成熟^[4]。烧烫伤后，胶原纤维的合成失衡、排列紊乱是导致瘢痕增生、皮肤挛缩等修复不良结局的关键病理基础。因此，系统观察烧烫伤后不同阶段胶原纤维的动态变化，对于阐明修复机制、判断修复进程及评估干预效果具有重要意义。组织学染色技术是研究组织形态结构变化的经典方法^[5]，其中马松三色染色法因能特异性区分胶原纤维与其他组织成分而被广泛应用于创面修复研究，通过清晰的颜色对比可直观观察胶原纤维的形态、分布及含量变化^[6]。

近年来，国内外学者围绕烧烫伤模型构建、修复机制及干预策略开展了大量研究。在胶原纤维与创面修复的关系研究中，已有研究证实，烧烫伤后早期胶原纤维的降解与炎症反应密切相关，炎症细胞释放的基质金属蛋白酶可水解胶原纤维，导致组织结构破坏；而修复后期，成纤维细胞活化并大量合成胶原纤维，逐步替代坏死组织，推动创面愈合。本研究旨在通过标准化方法建立小鼠Ⅲ度烧烫伤模型，采用马松染色法结合

多倍镜观察，系统探讨烫伤后3天、5天两个关键时间点皮肤组织的病理变化特征，重点关注胶原纤维的形态结构、分布规律，明确这一阶段创面修复的组织学特点，验证马松染色在烧烫伤修复组织学评价中的应用价值，为后续烧烫伤修复机制研究及干预措施研发提供实验基础和技术支撑。

2 材料与方法

(1) 材料：小鼠40只，雌雄各半，体重20—25g，马松三色染色试剂盒，4%多聚甲醛，无水乙醇等。

(2) 方法：烧烫伤造模仪完成造模^{[7][8]}，分别于烫伤后3天、5天，每组随机选取10只小鼠，取样，将切取的组织样本固定、包埋和切片，备用。马松染色，镜下观察。

3 结果

3.1 小鼠一般情况观察

烫伤后，小鼠均出现短暂的精神萎靡、活动减少、饮水量下降等表现，12h后逐渐恢复自主活动，饮食饮水逐渐恢复正常。烫伤后3天，创面仍呈苍白色，质地坚硬，无明显渗液，周边皮肤轻度红肿；烫伤后5天，创面颜色略加深，周边红肿消退，部分创面边缘可见少量淡红色肉芽组织雏形，无感染、化脓等异常情况发生，表明本研究构建的小鼠Ⅲ度烧烫伤模型稳定，术后护理有效，未出现严重并发症，符合实验要求。

3.2 小鼠烧烫伤后3天皮肤组织学特征（马松染色）

光学显微镜多倍镜观察显示，烫伤后3天小鼠皮肤组织呈现典型的急性炎症损伤特征，各结构层次破坏明显。

基金项目：

- 1、新疆地道药材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。
- 5、紫草素调控皮肤成纤维细胞在小鼠烧烫伤皮肤愈合过程中的机制研究。

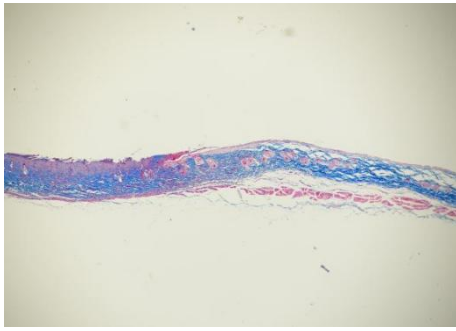


图1 小鼠烧烫伤皮肤观察(4×)

整体观察可见,皮肤表皮层连续性完全中断,创面呈不规则缺损状,缺失区域累及全层表皮;真皮层厚度不均,结构松散紊乱,与皮下组织界限模糊;胶原纤维(蓝色染色区域)呈弥漫性散在分布,无明显聚集趋势,染色强度普遍较弱;皮下组织间隙显著增宽,呈现明显水肿表现。

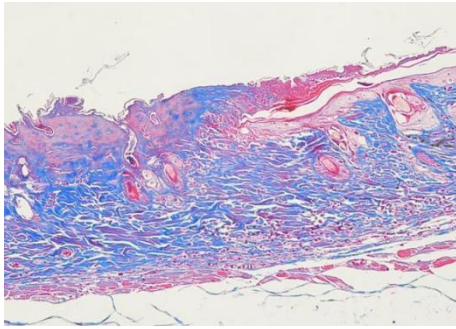


图2 小鼠烧烫伤皮肤观察(20×)

真皮层结构破坏更为清晰,胶原纤维(蓝色)呈现明显的溶解、碎片化改变,原有纤维束结构完全消失,呈絮状或颗粒状分布;炎症细胞(粉红色胞体)密集浸润,主要集中在胶原纤维破坏区域及血管周围,细胞形态多样,以中性粒细胞为主,部分为巨噬细胞;组织间隙因水肿而显著增宽,可见少量纤维素样渗出物。

3.3 小鼠烧烫伤后5天皮肤组织学特征(马松染色)

烫伤后5天,皮肤组织损伤有所修复,炎症反应减弱,修复相关结构开始出现。

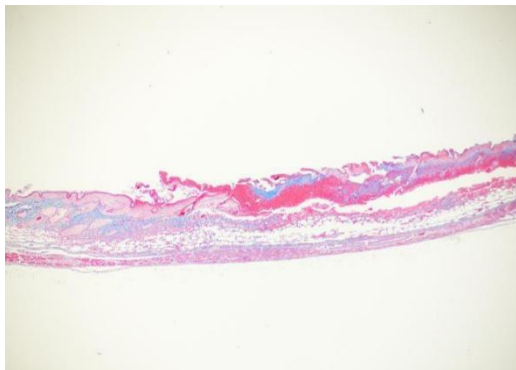


图3 小鼠烧烫伤皮肤观察(4×)

创面边缘表皮细胞明显增生、迁移,细胞排列较规整,形

成多层细胞结构,部分区域已覆盖创面;真皮层胶原纤维(蓝色)排列趋于规整,逐渐形成细小的纤维束,呈网状或束状分布;炎症细胞浸润程度显著减轻,仅在真皮层深部可见少量散在炎症细胞;血管扩张充血情况改善,血管形态趋于正常。

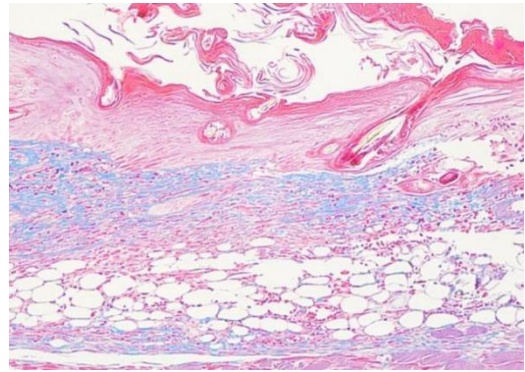


图4 小鼠烧烫伤皮肤观察(20×)

胶原纤维(蓝色)呈明显的网状交联结构,纤维束较3天组粗壮,染色均匀且强度增强;可见少量淡蓝色的新生胶原纤维分布于原有胶原纤维之间,提示成纤维细胞合成的新胶原开始沉积;炎症细胞(粉红色)数量显著减少,以巨噬细胞为主,中性粒细胞罕见;组织间隙水肿基本消退,真皮层结构趋于致密;成纤维细胞数量增多,形态典型,呈梭形,分布于胶原纤维之间。

4 讨论

烧烫伤动物模型的稳定性与标准化是开展后续研究的基础,其核心在于确保损伤程度的一致性和可重复性。本研究采用中华医学会烧伤外科学分会推荐方法构建小鼠III度烧烫伤模型,使烫伤区域皮肤立即呈现苍白色、质地变硬、无弹性等III度烧烫伤的典型特征^[9,10]。术后观察显示,小鼠创面无明显感染、渗血等并发症,精神状态及饮食饮水逐渐恢复正常,表明模型构建过程稳定有效。烫伤后3天,表皮层完全断裂缺失,真皮层结构严重破坏,炎症细胞密集浸润,符合III度烧烫伤早期的组织损伤特征;而烫伤后5天,创面开始出现修复迹象,表皮细胞增生迁移,胶原纤维聚集,炎症反应减弱,与III度烧烫伤的修复进程一致。本研究通过马松染色结合多倍镜观察,清晰呈现了小鼠III度烧烫伤后3天和5天两个关键时间点的组织学变化,揭示了这一阶段创面修复的核心特征。

烫伤后3天,皮肤组织呈现典型的急性炎症损伤表现,表皮层完全断裂缺失,真皮层结构严重紊乱,烫伤后5天,创面修复进入关键转折点,组织学特征从以损伤和炎症为主转变为以修复和增殖为主。表皮层开始初步修复,创面边缘表皮细胞增生迁移并形成不连续薄层,本研究观察到的表皮层初步修复迹象,胶原纤维的动态变化是烫伤后5天最显著的组织学特征。与3天组相比,胶原纤维从松散无序的弥漫性分布转变为聚集交联的网状或束状分布,染色强度明显增强。这一变化的核心

机制是成纤维细胞的活化与增殖。本研究虽然系统观察了小鼠Ⅲ度烧烫伤后3天和5天的组织学变化,揭示了这一阶段的修复特征,但仍存在一定局限性,首先,观察时间点仅涵盖急性炎症期和早期增殖期,未涉及胶原纤维重塑期(烫伤后7天、14天、21天),无法完整呈现胶原纤维从合成到成熟的全过程;其次,未对胶原纤维的类型(I型、Ⅲ型)进行进一步区分,而I/Ⅲ型胶原比例的变化对创面愈合质量和瘢痕形成具有重要影响;此外,未深入探讨调控胶原合成的分子机制。未来研究可从以下方面进行完善,增加烫伤后7天、14天、21天等时间点,系统观察胶原纤维的重塑过程及组织学变化。

5 结论

本研究通过标准化方法成功构建了稳定可靠的小鼠Ⅲ度

烧烫伤模型,采用马松三色染色法结合多倍镜观察,系统研究了烫伤后3天和5天皮肤组织的病理变化及胶原纤维的动态特征。研究证实,小鼠Ⅲ度烧烫伤后3天处于急性炎症损伤高峰期,表皮层断裂缺失,真皮层结构紊乱,胶原纤维大量降解,炎症细胞密集浸润;烫伤后5天进入炎症消退及胶原纤维早期修复期,表皮层初步修复,胶原纤维合成沉积增加,排列趋于规整,炎症反应减弱。马松染色可清晰呈现不同修复阶段胶原纤维的形态、分布,该研究结果丰富了烧烫伤修复的基础病理数据,验证了马松染色在烧烫伤组织学评价中的应用价值,为烧烫伤修复机制研究、干预药物筛选及临床治疗方案优化提供了可靠的实验依据和技术支撑。

参考文献:

- [1] 吴娟,谢玉清,童颖,等.湖北地区烧烫伤住院患者流行病学调查[J].职业卫生与应急救援,2025,43(02):196-201.
- [2] 朱蕊泉,叶翠萍,陈伊婷,等.2022—2024年广州市某医院烧烫伤监测病例流行病学特征分析[J].现代医院,2025,25(10):1607-1611.
- [3] 刘远,沈宏萍,袁渊.地龙促进创面愈合的研究进展[J].中国民族民间医药,2020,29(17):53-56.
- [4] 宋文山,王园园,杜芬,等.鱼皮胶原蛋白-壳聚糖复合海藻酸盐水凝胶敷料对烧烫伤创面的促愈合作用[J].中国海洋药物,2019,38(03):1-6.
- [5] 程博琳,苗明三.基于中西医临床诊疗特点的烧(烫)伤动物模型分析[J].中医学报,2016,31(01):67-70.
- [6] 王波,邓强,黄韵蓓,等.烧烫伤动物模型研究进展[J].北方药学,2014,11(09):83+19.
- [7] 肖玉伟,孙倩,陆娜,等.烫伤创面大鼠模型制备及评价[J].临床军医杂志,2024,52(07):678-681.
- [8] 沈娟,金小宝,丁静,等.烧烫伤创面感染的小鼠模型构建[J].中国实验动物学报,2013,21(03):65-69+100-101.
- [9] 黄梦玲,王雄,吴金虎.中药治疗烧烫伤的作用机制研究进展[J].医学综述,2017,23(11):2240-2244.
- [10] 范佐旺,庞玉新,杨全,等.药物治疗烧烫伤机理研究进展[J].广东药学院学报,2013,29(06):672-674.