BRIEF REPORT

Comparative Effects of Mupirocin, Silver Nanoparticle, and Arnebia euchroma (Abukhalsa) Ointments on IL-1β and IL-10 Expression during Wound Healing in Rats

Ebrahim Nasiri Formi[1]
Seyyed Abolfazl Tabatabaei Aghda[2]
Ali Siahposht-Khachaki[3]
Soheil Azizi[4]
Masood Darayee[5]
Pedram Ebrahimnejad[6]

[1] Associate Professor, Department of Anesthesiology and Operating Room, Faculty of Allied Medical Sciences, Traditional and Complementary Medicine Research Center, Addiction Institute, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] Lecturer, Health Research Institute, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran
[3] Associate Professor, Immunogenetics Research Center, School of Medicine, Department of Physiology, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[4] Associate Professor, Department of Laboratory Medicine, Faculty of Allied Medical Sciences, Cardiovascular Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[5] Assistant Professor, Department of Cardiac Surgery, Faculty of Medicine, Cardiovascular Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[6] Associate Professor, Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received April 27, 2025; Accepted July 19, 2026)

Abstract

Background and purpose: Burn and surgical wounds are associated with distinct inflammatory responses, and conventional treatments such as mupirocin alone may be insufficient. This study aimed to compare the effects of mupirocin and silver nanoparticle (Nano)-based ointment with Arnebia euchroma (AE; Abukhalsa) ointment on inflammatory markers IL-1β and IL-10 in rat burn and full-thickness longitudinal incisional wound models, and to evaluate reductions in wound-related outcomes, including infection, discharge, inflammation, and scab formation.

Materials and methods: A controlled in vivo experimental study was conducted using 72 male Wistar rats (weighing 160-210 g) with two wound models: deep second-degree burn (7 groups of 6 rats) and full-thickness longitudinal incision wounds (5 groups of 6 rats). Treatment groups received ointments containing 2% mupirocin, 1% silver sulfadiazine (SSD), 2% and 5% AE, and 2% and 5% Nano formulations. Dressings were changed daily, and clinical signs were assessed on days 3, 7, 14, and 21 using a 0-2 scoring system. Serum levels of IL-1β and IL-10 were measured on days 7 and 21 using ELISA. Data were analysed using one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post hoc test in SPSS version 24.

Results: Nano 5% ointment in burn wounds demonstrated the lowest discharge (mean score = 0.001) and infection score (mean score = 0.001), while Nano 2% ointment in surgical wounds showed greater reductions in discharge, infection, inflammation, and scab formation compared with AE 5% ($p < 0.05$). IL-1β levels in the Nano 2% and AE 5% groups were significantly decreased ($p < 0.01$), while IL-10 levels were increased, indicating potential modulation of the inflammatory response.

Conclusion: Silver nanoparticle formulations demonstrated promising wound-healing effects in this experimental model compared with mupirocin and AE. Nano 5% for burn wounds and Nano 2% for full-thickness longitudinal incision wounds showed greater potential for improving wound outcomes through reduced discharge, infection, and modulation of inflammatory cytokines. Further clinical studies are required to determine their effectiveness in human wound management.

Keywords: Mupirocin, silver nanoparticles, ointments, Arnebia euchroma, interleukin-1β (IL-1β), interleukin-10 (IL-10), wound healing, surgical wounds, burns, full-thickness incisional wounds

J Mazandaran Univ Med Sci 2026; 36 (259): 158-164 (Persian).

Corresponding Author: Seyyed Abolfazl Tabatabaei Aghda - Health Research Institute, Babol University of Medical Sciences, Babol, Mazandaran Province, Iran (E-mail: .a.tabatabaei@mubabol.ac.ir)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-11]

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره سی و ششم شماره ۲۵۹ مرداد سال ۱۴۰۵ (۱۶۱۴-۱۵۸)

اثرات مقایسه‌ای دو پماد موپیروسین و نانوذرات نقره با پماد آرنبیایوکروما (ابوخلسا) بر نشانگرهای التهابی IL-1β و L-10 در بهبود زخم موش صحرایی

ابراهیم نصیری فرمی[۱]
سید ابوالفضل طباطبایی عقدا[۲]
علی سیاه پشت خاچکی[۳]
سهیل عزیزی[۴]
مسعود دارایی[۵]
پدرام ابراهیم نژاد[۶]

چکیده

سابقه و هدف: زخم‌های ناشی از سوختگی و جراحی با الگوهای التهابی متفاوتی همراه‌اند و درمان‌های سنتی، مانند موپیروسین اغلب به‌تنهایی کافی نیستند. این مطالعه با هدف مقایسه اثربخشی پماد موپیروسین و نانوذرات نقره (Nano) با پماد آرنبیایوکروما (AE) (ابوخلسا) بر نشانگرهای التهابی IL-1β و IL-10 در زخم سوختگی و برش طولی تمام ضخامت در رت و نیز ارزیابی کاهش عوارض زخم شامل عفونت، ترشح، التهاب و دلمه انجام شد.

مواد و روش ها: این مطالعه تجربی کنترل‌شده درون‌تنی با ۷۲ رت نر ویستار با وزن ۱۶۰-۲۱۰ گرم، در دو مدل زخم شامل سوختگی درجه دوم عمیق (۷ گروه شش‌تایی) و زخم برش طولی (۵ گروه شش‌تایی) انجام شد. گروه‌ها شامل پمادهای حاوی موپیروسین ۲ درصد، SSD، AE ۲ و ۵ درصد و Nano ۲ و ۵ درصد بودند. پانسمان‌ها روزانه تعویض شدند و در روزهای ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ علائم بالینی با مقیاس ۰ تا ۲ به‌صورت ماکروسکوپی ارزیابی شدند. سطوح سرمی IL-1β و IL-10 در روزهای ۷ و ۲۱ با روش الیزا در پلاسما اندازه‌گیری شد. داده‌ها با One-way ANOVA و آزمون Tukey در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ تحلیل شدند.

یافته‌ها: پماد Nano ۵ درصد در زخم‌های سوختگی، کمترین ترشح (میانگین= ۰/۰۰۱) و کنترل عفونت عالی (میانگین= ۰/۰۰۱) را نشان داد، در حالی که Nano ۲ درصد در زخم برش طولی عملکرد بهتری در کاهش ترشح، عفونت، التهاب و دلمه در مقایسه با AE ۵ درصد داشت($P<0/05$). سطح IL-1β در گروه‌های Nano ۲ درصد و AE ۵ درصد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P>0/01$) و سطح IL-10 افزایش قابل‌توجهی نشان داد، که نشان‌دهنده تعدیل مؤثر پاسخ التهابی است.

استنتاج: فرمولاسیون‌های نانوذرات نقره نسبت به موپیروسین و AE اثربخشی بالینی و بیولوژیک برتری نشان دادند. Nano ۵ درصد برای زخم‌های سوختگی و Nano ۲ درصد برای برش‌های طولی تمام ضخامت، به دلیل کاهش ترشحات و عفونت و نیز تعدیل سیتوکین‌های التهابی، پتانسیل درمانی قوی‌تری دارند.

واژه های کلیدی: موپیروسین، نانوذرات نقره، پمادها، آرنبیایوکروما، اینترلوکین-۱بتا (IL-1β)، اینترلوکین-۱۰ (IL-10)، بهبود زخم، زخم‌های جراحی، سوختگی‌ها، برش طولی تمام ضخامت پوستی

مولف مسئول: ابوالفضل طباطبائی عقداء-بابل: پژوهشکده سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، استان مازندران، ایران **Email:** a.tabatabaei@mubabol.ac.ir
۱. دانشیار، گروه بیهوشی و اتاق عمل، دانشکده علوم پیراپزشکی، مرکز تحقیقات طب سنتی و مکمل، پژوهشکده اعتیاد، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. مربی، پژوهشکده سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، استان مازندران، ایران
۳. دانشیار، مرکز تحقیقات ایمونوژنتیک، دانشکده پزشکی، گروه فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۴. دانشیار، گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده علوم پیراپزشکی، مرکز تحقیقات قلب و عروق، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۵. استادیار، گروه جراحی قلب، دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات قلب و عروق، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۶. دانشیار، گروه فارماسیوتیکس، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
تاریخ دریافت : ۱۴۰۵/۲/۷ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۵/۳/۱۶ تاریخ تصویب : ۱۴۰۵/۴/۲۸

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-11]

مقدمه

ترمیم زخم یک فرآیند زیستی پیچیده است که التهاب در آن نقش مرکزی دارد. کنترل ناکافی فاز التهابی می‌تواند ترمیم بافت را به تأخیر انداخته و پیامدهای درمانی را بدتر کند. از این رو، عوامل موضعی که بتوانند التهاب را کاهش داده و به ترمیم کمک کنند، در مدل‌های آزمایشی زخم مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند(۱، ۲).

موپیروسین یک آنتی‌بیوتیک موضعی با فعالیت ضدمیکروبی اثبات‌شده است، در حالی که نانوذرات نقره به دلیل ویژگی‌های ضدمیکروبی و ترمیم زخم مورد توجه قرار گرفته‌اند. در همین راستا،گیاه دارویی *Arnebia euchroma* (آبوخلسا)، که غنی از ترکیبات نفتوکینونی مانند شیکونین و آلکانین است، دارای اثرات ضدالتهابی و ضدمیکروبی شناخته شده است(۴،۳). با این حال، شواهد مقایسه‌ای درباره اثر این درمان‌ها بر میانجی‌های التهابی در طی ترمیم زخم همچنان محدود است.

در میان سیتوکین‌های دخیل در ترمیم زخم، IL-1β یکی از مهم‌ترین میانجی‌های پیش‌التهابی و IL-10 از اصلی‌ترین عوامل ضدالتهابی و تنظیم‌کننده پاسخ ایمنی است. تغییرات همزمان این دو شاخص می‌تواند تصویری دقیق‌تر از وضعیت التهاب و پیشرفت ترمیم زخم فراهم کند. با وجود گزارش‌هایی درباره اثرات ضدمیکروبی و ضدالتهابی موپیروسین و نانوذرات نقره و *Arnebia euchroma* (AE)، شواهد مستقیم و مقایسه‌ای درباره برتری نسبی این درمان‌ها بر مسیرهای التهابی ترمیم زخم، به‌ویژه بر IL-1β و IL-10 ، محدود است. از این رو، انجام این پژوهش برای مقایسه اثرات این دو مداخله و روشن‌کردن توان بالقوه آن‌ها در تعدیل التهاب و تسریع ترمیم زخم، ضروری به نظر می‌رسد.

بنابراین، این مطالعه با هدف مقایسه اثرات پماد موپیروسین و پماد نانوذرات نقره در برابر پماد *Arnebia euchroma* بر IL-1β و IL-10 در روند ترمیم زخم در رت‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

طراحی مطالعه

این مطالعه تجربی کنترل‌شده روی ۷۲ رت نر ویستار (با وزن ۱۶۰-۲۱۰ گرم و سن ۷-۱۱ هفته) تهیه‌شده از دانشگاه علوم پزشکی مازندران انجام شد. حیوانات به‌مدت یک هفته سازگارسازی شدند (دمای ۲۵°C، رطوبت ۴۰ درصد، چرخه روشنایی ۱۲ ساعته، دسترسی آزاد به غذا و آب).

گروه‌های آزمایشی

حیوانات در دو مدل زخم بررسی شدند:

الف) زخم‌های سوختگی (۷ گروه، هر کدام ۶ رت): A) بدون درمان، B) موپیروسین ۲ درصد، C) SSD (سولفادیازین نقره یا Silver sulfadiazine)، D) AE ۵ درصد، E) AE ۲ درصد، F) موپیروسین+نانونقره ۲ درصد (Nano ۲ درصد)، G) موپیروسین+نانونقره ۵ درصد (Nano ۵ درصد).

ب) زخم‌های برشی طولی تمام ضخامت پوستی (۵ گروه، هر کدام ۶ رت): H) موپیروسین ۲ درصد، I) SSD، J) پماد پایه، K) Nano ۲ درصد، L) AE ۵ درصد.

القای مدل زخم

رت‌ها با کتامین (۵۰ mg/kg) و زایلازین (۱۰ mg/kg) بیهوش شدند. پشت تراشیده و با الکل ۷۰ درصد ضدعفونی گردید.

- *زخم سوختگی:* قالب فلزی به ابعاد ۱,۵×۲,۵ گرم‌شده در آب جوش به مدت ۸ ثانیه روی پوست قرار گرفت (سوختگی درجه دوم عمیق) (۵). پس از آن رینگر لاکتات (۴۰ ml/kg) تزریق شد.

- *زخم برش طولی:* یک برش خطی صاف به طول ۲ سانتی‌متر در ناحیه پشتی رت ایجاد شد.

ارزیابی بالینی زخم‌ها

ارزیابی ماکروسکوپی زخم از نظر ترشح، عفونت،

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-11]

التهاب و قرمزی، دلمه در روزهای ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ پس از القای زخم انجام شد. ارزیابی‌ها روزانه، پیش از شست‌وشو با نرمال سالین و استعمال پماد انجام شدند. نمره‌دهی توسط یک ارزیاب مستقل و بی‌اطلاع از تخصیص گروه‌ها، بر اساس چک‌لیست استاندارد انجام شد (۰=هیچ، ۱=خفیف، ۲=شدید). میانگین نمرات هر گروه به این صورت تفسیر شد: میانگین صفر = بدون عارضه، ۰/۱ تا ۱ = عارضه خفیف، ۱/۱ تا ۲ = عارضه شدید.

*اندازه‌گیری **IL-1β** و **IL-10***

نمونه‌های خون در روزهای ۷ و ۲۱ پس از القای زخم از هر رت جمع‌آوری شد. سرم جدا، برچسب‌گذاری و تا زمان آنالیز نگهداری شد. سطوح IL-1β و IL-10 با روش ELISA در پلاسما اندازه‌گیری شد.

کیت‌های مورد استفاده:

- IL-10: کیت JetBio (کاتالوگ: KPG-RIL-10) ، آنتی‌بادی از شرکت R&D Systems (آمریکا)، محدوده اندازه‌گیری ۵ pg/mL–۲۰۰.
- IL-1β: کیت JetBio (کاتالوگ: KPG-RIL-1B) ، آنتی‌بادی از شرکت R&D Systems (آمریکا)، محدوده اندازه‌گیری ۵ pg/mL–۲۰۰.

ارزیابی آماری

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شدند. برای مقایسه بین گروه‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی (Tukey's post-hoc test) استفاده شد. سطح معنی داری $P > ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. تحلیل‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه با تأیید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی مازندران اجرا شد (کد اخلاق: IR.MAZUMS.AEC.1403.053).

یافته ها و بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که فرمولاسیون‌های نانو در درمان زخم‌های سوختگی اثربخشی بیشتری دارند. در ارزیابی بصری زخم‌های سوختگی، کمترین میزان ترشح در گروه‌های Nano۵ درصد (میانگین= ۰/۰۰۱) و Nano ۲ درصد (میانگین= ۰/۰۴۱) مشاهده شد، در حالی که پمادهای AE ۲ درصد و AE ۵ درصد بیشترین ترشح را نشان دادند (میانگین= ۰/۲۹۱ و ۰/۲۵۰). کنترل عفونت در گروه‌های Nano ۵ درصد، AE ۵ درصد و موپیروسین عالی بود (میانگین= ۰/۰۰۱ برای هر سه). التهاب و قرمزی در همه گروه‌ها مشابه بود (میانگین ۰/– ۱۶/۱۶)، اما کمترین تشکیل دلمه در گروه AE ۲ درصد (میانگین= ۰/۹۱۶) و بیشترین آن در گروه‌های بدون درمان و SSD مشاهده شد (جدول شماره ۱). آنالیز Post-Hoc (LSD) برتری فرمولاسیون‌های نانو را تأیید کرد؛ به‌طوری‌که بین Nano ۵ درصد و AE ۲ درصد (P =۰/۰۰۷)، بین Nano ۵ درصد و AE ۵ درصد (P =۰/۰۲۱)، و نیز بین Nano ۲ درصد و AE ۲ درصد (P =۰/۰۲۱) تفاوت معنی‌دار مشاهده شد.

جدول شماره ۱: میانگین و انحراف معیار متغیرهای بصری محل زخم

نوع زخم	ردیف	گروه‌های مورد مطالعه	دلمه زخم	التهاب و قرمزی	عفونت	ترشح
			انحراف معیار±میانگین	انحراف معیار±میانگین	انحراف معیار±میانگین	انحراف معیار±میانگین
زخم سوختگی	۱	SSD	۰/۷۵۰ ±۱/۴۱	۰/۷۶۱ ±۱/۱۶۶	۰/۲۰۴ ±۰/۰۴۱	۰/۳۸۰ ±۰/۱۶۶
	۲	Untreated	۰/۶۵۳ ±۱/۴۱۶	۰/۵۵۰ ±۱/۲۹۱	۰/۲۸۲ ±۰/۰۸۳	۰/۲۸۲ ±۰/۰۸۳
	۳	Mupirocin	۰/۸۱۶ ±۰/۱۶۶	۰/۸۸۴ ±۱	۰/۰۰۱ ±۰/۰۰۱	۰/۳۳۷ ±۰/۱۲۵
	۴	Nano 2%	۰/۸۳۲ ±۱/۲۰۸	۰/۸۲۹ ±۱/۰۸۳	۰/۰۰۱ ±۰/۰۰۱	۰/۲۰۴ ±۰/۰۴۱
	۵	Nano 5%	۰/۷۷۵ ±۱/۱۰۳	۰/۷۷۵ +۱/۰۸۳	۰/۰۰۱ ±۰/۰۰۱	۰/۰۰۱ ±۰/۰۰۱
	۶	AE 2%	۰/۷۷۵ ±۰/۹۱۶	۰/۷۸۰ +۱	۰/۲۸۲ ±۰/۰۸۳	۰/۶۲۴ ±۰/۲۹۱
	۷	AE 5%	۰/۸۲۹ ±۱/۰۸۳	۰/۸۰۶ ±۱/۰۴۱	۰/۰۰۱ ±۰/۰۰۱	۰/۴۴۲ ±۰/۲۵۰
زخم برشی تحت شرایط یکسان	۸	Nano 2%	۰/۶۹۰ ±۰/۷۰۸	۰/۸۱۶ ±۰/۸۳۳	۰/۲۰۴ ±۰/۰۴۱	۰/۵۸۹ ±۰/۵۰۰
	۹	AE 5%	۰/۸۵۸ ±۰/۷۰۸	۰/۸۱۶ ±۰/۸۳۳	۰/۲۸۲ ±۰/۰۸۳	۰/۵۰۸ ±۰/۴۵۸
	۱۰	SSD	۰/۷۷۹ ±۰/۷۹۱	۰/۷۹۴ ±۰/۷۵۰	۰/۲۰۴ ±۰/۰۴۱	۰/۴۹۴ ±۰/۳۷۵
	۱۱	Mupirocin	۰/۸۲۲ ±۱	۰/۷۵۰ ±۱/۰۴۱	۰/۲۰۴ ±۰/۰۴۱	۰/۵۷۵ ±۰/۳۷۵
	۱۲	BO	۰/۸۸۰ ±۰/۵۸۳	۰/۹۴۶ ±۰/۸۷۵	۰/۲۰۴ ±۰/۰۴۱	۰/۴۶۴ ±۰/۲۹۱

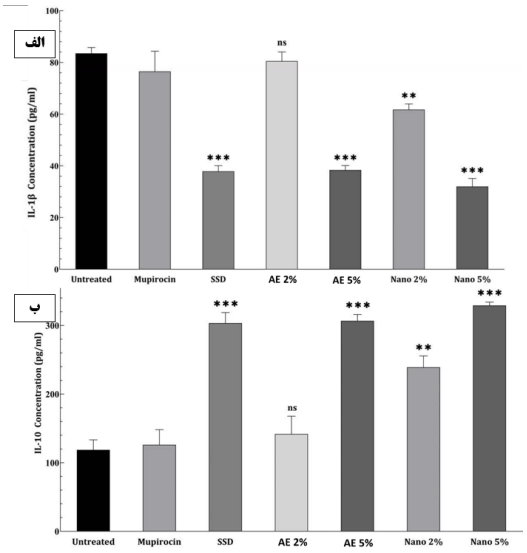
در مدل زخم جراحی، نتایج بالینی ظریف‌تر بود. کمترین ترشح در گروه پماد پایه (BO) (میانگین= ۰/۲۹۱) و بیشترین در Nano ۲ درصد (میانگین=

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-11]

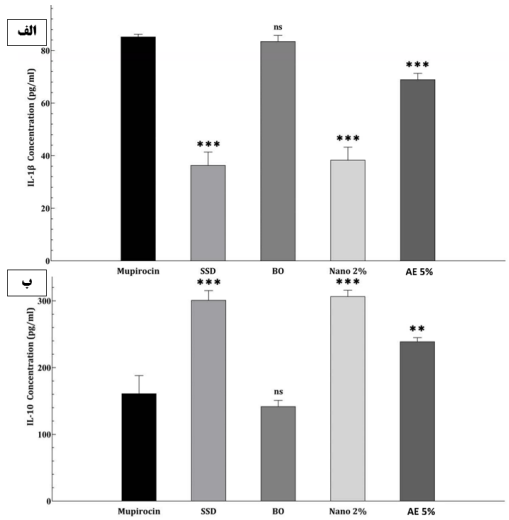
۰/۵۰۰) مشاهده شد. عفونت در همه گروه‌ها حداقل و قابل مقایسه بود. گروه موپیروسین بالاترین التهاب (میانگین= ۱/۰۴۱) و گروه SSD کمترین التهاب (میانگین= ۰/۷۵۰) را نشان داد. گروه BO کمترین دلمه (میانگین= ۰/۵۸۳) و گروه موپیروسین بیشترین (میانگین= ۱/۰۰۰) را داشت. مقایسه مستقیم بین Nano ۲ درصد و Nano ۵ درصد در زخم جراحی نشان داد که از نظر ترشح (P =۰/۷۸۵)، عفونت (P =۰/۵۱۷)، التهاب (P =۰/۹۹) یا دلمه (P =۰/۹۹) تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود نداشت، یافته‌ای که نشان‌دهنده عملکرد قابل مقایسه این دو فرمولاسیون در این مدل است.

ارزیابی سیتوکین‌ها اثرات تعدیل‌کننده سیستم ایمنی قوی را نشان داد. در زخم‌های سوختگی، سطح IL-1β در گروه‌های SSD، Nano ۵ درصد و AE ۵ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافت (برای هر سه، P >۰/۰۰۱)، که نشان‌دهنده سرکوب قوی پاسخ التهابی است. گروه Nano ۲ درصد نیز کاهش معنی‌داری را نشان داد (P >۰/۰۱)، اما این کاهش نسبت به Nano ۵ درصد کمتر بود که اثر وابسته به دوز را تأیید می‌کند. موپیروسین کاهش جزئی و غیرمعنی‌داری داشت. سطح IL-10 در Nano ۵ درصد و AE ۵ درصد به شدت افزایش یافت (P >۰/۰۰۱)، و Nano ۲ درصد نیز افزایش معنی‌داری نشان داد (P >۰/۰۱). AE ۲ درصد تغییر معنی‌داری در IL-10 نداشت (تصویر شماره ۱). در مدل جراحی، SSD، Nano ۲ درصد و AE ۵ درصد کاهش عمیقی در IL-1β در مقایسه با موپیروسین نشان دادند (P >۰/۰۰۱). افزایش IL-10در SSD و Nano ۲درصد بسیار معنی‌دار بود(P >۰/۰۰۱)، و AE ۵ درصد افزایش متوسط‌تری داشت(P >۰/۰۱). گروه BO در هیچ پارامتری تفاوت معنی‌داری با موپیروسین نداشت (تصویر شماره ۲).

این یافته‌ها نشان می‌دهند که پمادهای نانو باایجاد محیطی مساعد، بهبود سریع‌تر و مؤثرتر زخم را نسبت به موپیروسین تنها تسهیل می‌کنند؛ اما مکانیسم این برتری در زخم‌های سوختگی و جراحی متفاوت است و به ماهیت بیولوژیک هر نوع زخم بازمی‌گردد.



تصویر شماره ۱: الف: مقایسه غلظت (IL-1B (pg/ml -ILدر بین گروه‌های دارای زخم سوختگی. ب: مقایسه غلظت (IL-10 (pg/ml در بین گروه‌های دارای زخم سوختگی. ***: P < 0.001. **: P < 0.01، ns: معنی‌دار نیست.



تصویر شماره ۲: الف: مقایسه غلظت (IL-1B (pg/ml در بین گروه‌های دارای زخم برشی طولی تمام ضخامت پوستی. ب: مقایسه غلظت IL-10 (pg/ml) در بین گروه‌های دارای زخم جراحی. ***: P < 0.001. **: P < 0.01، ns: معنی‌دار نیست

زخم سوختگی با نکروز گسترده بافتی و فعال‌شدن شدید کاسکاد پیش‌التهابی همراه است که موجب

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-11]

افزایش چشمگیر IL-1β می‌شود. در این شرایط، غلظت بالاتر نانوذرات نقره ۵ درصد به دلیل آزادسازی بیشتر یون‌های نقره، قادر است از طریق مهار مسیر NF-kB (Nuclear Factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells)، بیان IL-1β را به‌طور مؤثرتری کاهش دهد و هم‌زمان با کاهش بار میکروبی، التهاب ثانویه را نیز محدود کند. این یافته با مطالعه دهکردی و همکاران(۶) همسو است که نشان دادند AE در سوختگی درجه دو موجب کاهش معنی‌دار IL-1 و IL-6 شده و بازسازی اپیتلیال را تسریع می‌کند، اگرچه در مطالعه حاضر فرمولاسیون Nano ۵ درصد برتری بیشتری نسبت به AE نشان داد. علاوه بر این، البنا و همکاران(۷) در مطالعه‌ای بر رویژل نانوکامپوزیت نئومایسین-نقره نشان دادند که اثرترمیمی نانوذرات نقره وابسته به دوز است؛ غلظت‌های بالاتر بهبود بیشتری ایجاد می‌کنند، که توجیه بیولوژیکی روشنی برای برتری Nano ۵ درصد در زخم‌های سوختگی عمیق با پاسخ التهابی شدید فراهم می‌آورد.

در مقابل، زخم‌های تمام ضخامت پوستی، نکروز محدودتر و پاسخ التهابی ملایم‌تر مشخص می‌شوند. در این محیط، غلظت بالاتر نانوذرات می‌تواند مرحله التهاب را بیش از حد مهار کند و از آنجا که درجاتی از التهاب برای تشکیل بافت گرانولاسیون و کلاژن‌سازی ضروری است، این امر می‌تواند به ترمیم آسیب برساند. غلظت ۲ درصد نانوذرات نقره توازن مناسبی میان کاهش IL-1β و حفظ سطح کافی IL-10 ایجاد می‌کند، که این تعادل برای پیشبرد مرحله تکثیر حیاتی است. لیو و همکاران(۸) نشان دادند که نانوذرات نقره از طریق تنظیم تعادل میان سیتوکین‌های پیش‌التهابی (IL-6 و TNF-α) و ضدالتهابی (IL-10) موجب تسریع بازسازی زخم می‌شوند، که سازوکاری مشابه آن را در گروه Nano ۲ درصد مطالعه حاضر می‌توان مشاهده کرد. این یافته‌ها با نتایج Zubairi و همکاران(۹) نیز تطابق دارد که در مطالعه خود بر روی نانومیسل موپیروسین در زخم‌های دیابتیک نشان دادند ترکیب نانو با موپیروسین موجب کاهش معنی‌دار TNF-α و افزایش IL-10 می‌شود و ترمیم را از مسیر ضدالتهابی هدایت می‌کند. Turhan و همکاران(۱۰) نیز در مطالعه‌ای مشابه گزارش کردند که ترکیب نانونقره با عوامل دیگر موجب افزایش چشمگیر تراکم کلاژن و تسریع ترمیم نسبت به نانونقره به‌تنهایی می‌شود، که بیانگر اهمیت هم‌افزایی در فرمولاسیون‌های نانو است. در نهایت، Rutthapol و همکاران(۱۱) تأیید کردند که موپیروسین از طریق کاهش TGF-β1 و نسبت MMP-9/TIMP-1 التهاب را کاهش می‌دهد؛ با این حال، نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهند که افزودن نانوذرات نقره به این مکانیسم، اثر ضدالتهابی و ترمیمی را، به‌ویژه در تعدیل سیتوکین‌های کلیدی IL-1β و IL-10، به‌طور معنی‌داری تقویت می‌کند.

فرمولاسیون‌های نانونقره، به‌ویژه Nano ۵ درصد در زخم‌های سوختگی و Nano ۲ درصد در زخم‌های برشی طولی تمام ضخامت پوستی ، با کنترل بهتر ترشحات و عفونت، کاهش قابل توجه IL-1β و افزایش IL-10 ، اثربخشی برتری نسبت به موپیروسین و پماد AE نشان دادند. این درمان‌های ترکیبی پتانسیل بالایی برای بهبود سریع‌تر و مؤثرتر زخم دارند.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران به‌سبب حمایت‌های بی‌دریغشان صمیمانه تشکر می‌کنیم. همچنین از کارکنان متعهد آزمایشگاه حیوانات به خاطر همکاری و تلاش‌هایشان در طول این مطالعه قدردانی می‌کنیم.

References

1- Boer M, Duchnik E, Maleszka R, Marchlewicz M. Structural and biophysical characteristics of human skin in maintaining proper epidermal barrier function. Postępy Dermatol Alergol 2016;33(1):1-5 PMID: 26985171.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-11]

2- Ridderstolpe L, Gill H, Granfeldt H, Åhlfeldt H, Rutberg H. Superficial and deep sternal wound complications: incidence, risk factors and mortality. Eur J Cardiothoracic Surg 2001;20(6):1168-1175 PMID: 11717023.

3- Abdulgader SM, Lentswe T, Whitelaw A, Newton-Foot M. The prevalence and molecular mechanisms of mupirocin resistance in Staphylococcus aureus isolates from a Hospital in Cape Town, South Africa. Antimicrob Resist Infect Control 2020;9(1):47 PMID: 32169102.

4- Liu H, Jin YS, Song Y, Yang XN, Yang XW, Geng DS, etal. Three new compounds from Arnebia euchroma. J Asian Nat Prod Res 2010;12(4):286-292 PMID: 20419539.

5- Hosseinimehr SJ, Khorasani G, Azadbakht M, Zamani P, Ghasemi M, Ahmadi A. Effect of aloe cream versus silver sulfadiazine for healing burn wounds in rats. Acta Dermatovenerol Croat 2010;18(1):2-7 PMID: 20361881.

6- Aliasl J, Khoshzaban F, Barikbin B, Naseri M, Kamalinejad M, Emadi F, etal. Comparing the healing effects of Arnebia euchroma ointment with petrolatum on the ulcers caused by fractional CO2 laser: a single-blinded clinical trial. Iran Red Crescent Med J 2014;16(10): e16239.

7- Dehkordi SH, Karimi I, Mills P, Shirian S. The healing effect of a mixture of Arnebia euchroma and animal fat on burn wounds in rats in comparison with sulfadiazine. J Wound Care 2024;33(Sup2a):xiv-xix PMID: 38324421.

8- El-Banna AH, Youssef FS, Youssef Elzorba H, Soliman AM, Mohamed GG, Ismail SH, etal. Evaluation of the wound healing effect of neomycin-silver nano-composite gel in rats. Int J Immunopathol Pharmacol 2022;36:03946320221113486.

9- Zubairi MB, Abd AH, Al-lami MS. Combinatorial treatment of mupirocin nanomicelle in insulin-based gel for wound healing in diabetic rats. Medical Journal of Babylon 2023;20(4):721-731.

10- Turhan Y, Arıcan M, Karaduman ZO, Turhal O, Gamsızkan M, Aydın D, etal. Comparison of the Effects of Nigella sativa Oil and Nano-silver on Wound Healing in an Experimental Rat Model. Iran Red Crescent Med J 2019;21:e84650.

11- Rutthapol S, Charisopon C, Sukanjana K, Wilaiporn B, Janwit D, Tan S, etal. The safety and efficacy of Mupirocin topical spray for burn wound healing in a rat model. Int J Pharm Qual Assur 2019;10(1):51-59.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-11]