تغییرات جمعیت سلولی و ویژگی بیومکانیکی بستر زخم باز پوست موشهای صحرایی تحت تأثیر تابش لیزر کم‌توان

محمد قاسم گلمحمدی M.Sc.☆♦، مجتبی رضازاده Ph.D.★، احمد حسینی Ph.D.★، محمد بیات Ph.D.★

☆ دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، دانشکده پزشکی، گروه علوم تشریح و جهاد دانشگاهی علوم پزشکی ایران

★ دانشگاه علوم تربیت مدرس، دانشکده پزشکی، گروه علوم تشریح

★ دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده پزشکی، گروه علوم تشریح

♦آدرس مکاتبه: تهران، صندوق پستی ۱۶۳۱۵-۴۲۷، جهاد دانشگاهی علوم پزشکی ایران، گروه پژوهشی فیزیوتراپی

چکیده

* **هدف:** بررسی اثرهای تابش روزانه لیزر کم توان هلیوم نئون بر جمعیت سلولی زخم باز با ضخامت کامل پوست موش صحرایی به روشهای شمارش سلولی و بیومکانیکی

* **مواد و روشها:** ۹۰ سر موش صحرایی نر به طور تصادفی در گروههای شاهد و تجربی یک و دو قرار گرفتند. با رعایت شرایط استریل و تحت بیهوشی عمومی یک زخم مدور و با ضخامت کامل پوست در پشت هر موش صحرایی ایجاد شد. روز جراحی روز صفر محسوب شد. از روز یک به‌طور روزانه، به همه موشهای صحرایی، نصف مقدار مواد بیهوشی تزریق و به موشهای صحرایی گروه تجربی، لیزر کم توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته ۵ mJ/cm^2 و به گروه دوم همان نوع لیزر با انرژی دانسیته ۲۰ mJ/cm^2 تابیده شد. در روزهای ۴، ۷ و ۱۵ بعد از انجام تیمار روزانه، موشهای صحرایی به‌وسیلهٔ اتر کشته شدند و دو نمونه از بستر زخم و پوست سالم مجاور هر موش صحرایی برداشته شد. نمونه‌های مربوط به مطالعات بافت‌شناختی ثابت شدند و مراحل کار عملی بافت‌شناختی عمومی بر روی آنها به‌عمل آمد و برشهایی به ضخامت ۵ میکرون از آنها تهیه و با روش رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین، آئوزین و محلول الکلی تولوئیدین‌بلو یک درصد رنگ شدند. جمعیت سلولی بستر زخم که دربرگیرنده سلولهای فیبروبلاست، ماکروفاژ، نوتروفیل، ماست سل و اندوتلیوم عروق بود و تعداد مقاطع عروق شمارش شدند. بر روی نمونه دوم مطالعه بیومکانیکی از نوع تنسیومتری انجام و قدرت کشش نمونه‌ها محاسبه شد. روش آماری مورد استفاده کروسکال والیس بود و $P<0.05$ معنی‌دار تلقی شد.

* **یافته‌ها:** در روز هفتم، فزونی تعداد فیبروبلاستهای هر دو گروه تجربی نسبت به گروه شاهد از نظر آماری معنی‌دار بود.

* **نتیجه‌گیری:** تابش روزانه لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته‌های ۵ mJ/cm^2 و ۲۰ mJ/cm^2 بر زخم بازپوستی با ضخامت کامل موشهای صحرایی، موجب تسریع معنی‌دار فاز تکثیر روند التیام زخم از دیدگاه شمارش سلولی شد.

کل واژگان: لیزر، التیام زخم، موش صحرایی، شمارش سلولی، تنسیومتری

مقدمه

محققان اثر مثبت تابش لیزر کم‌توان هلیوم نئون را در درمان آرتریت روماتوئید، دردهای مزمن، تحریک فرآیندهای سلولی و تغییر عملکرد اعصاب گزارش کرده‌اند (۱، ۲). تحقیقات انجام شده نشان دهنده اثر مثبت این نوع لیزر بر ترمیم نسوج و بافتها است. از این جمله می‌توان به تسریع التیام زخمهای باز پوست اشاره نمود.

Mester E و همکارانش از پیشگامان تحقیقات در این زمینه هستند که پژوهشهای متعددی در اواخر دهه شصت و اوایل دهه هفتاد میلادی انجام دادند. آنها ابتدا اثر مثبت لیزر کم‌توان هلیوم نئون بر التیام زخم بازپوست را نشان دادند و در تحقیق دیگری اعلام نمودند که تابش این نوع لیزر بر زخم باز پوست موجب افزایش ۳۰ الی ۵۰ درصدی سنتز کلاژن می‌شود (۳، ۴). اما در سالهای بعد تحقیقات دیگری در این زمینه انجام شد که نتایج آنها با یکدیگر متضاد بود.

Basford JR و همکاران طی تحقیقی کنترل شده و یک سو کور و تصادفی در شش خوک، کارایی تابش لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته $3\ mJ/cm^2$ را در مقایسه با پرتو فرابنفش، بستن زخم و گروههای شاهد بر التیام زخمهای با ضخامت کامل پوست، بررسی کردند. روشهای ارزیابی ایشان، مدت زمان بسته شدن زخم، تعیین قدرت کشش آن و بررسی کلونیزیشن باکتریایی بود. نتایج تحقیق آنان نشان داد که گرچه زخمهای تحت تابش لیزر سریعتر از گروه شاهد التیام یافتند؛ ولی فقط زخمهایی که بسته می‌شدند، تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد پیدا کردند. بنابراین محققان مزبور در کاربرد لیزر کم‌توان هلیوم نئون در مقایسه با درمان استاندارد در درمان زخمهای باز با ضخامت کامل پوست مشاهده نکردند (۲).

Malam M و Lundberg T در تحقیق کنترل شده‌ای اثر تابش لیزر کم‌توان هلیوم نئون را بر التیام زخمهای وریدی مزمن ساق ۴۶ بیمار که به دو گروه تقسیم شده بودند بررسی کردند. در حالی که همه بیماران درمان استاندارد را دریافت می‌کردند، به گروه اول لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته $4\ J/cm^2$ تابیده می‌شد و گروه دوم درمان پلاسبو[1] را دریافت می‌کردند. محققان تفاوت معنی‌داری را در بین دو گروه مشاهده نکردند، بنابراین از کاربرد این نوع لیزر در درمان زخمهای وریدی حمایت نکردند (۵). Kana JS و همکارانش با استفاده از روشهای ارزیابی اندازه‌گیری تراکم هیدروکسی پرولین در بافت اسکار و انقباض زخم در مقایسه با لیزر کم‌توان آرگون، اثرهای کاربرد لیزر کم توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته‌های $4\ J/cm^2$ و $10\ J/cm^2$ و $20\ J/cm^2$ بر التیام زخمهای باز پوستی موش صحرایی را بررسی کردند. همچنین Bisnt D و همکاران آثار تابش لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته $4\ J/cm^2$ را بر التیام زخم باز پوست با روشهای ارزیابی انقباض زخم، مطالعه تغییرات سلولی و تراکم هیدروکسی پرولین در بافت اسکار بررسی کردند. گزارش هر دو محقق، مبنی بر آن بود که تابش لیزر کم‌توان هلیوم نئون با دوز $4\ J/cm^2$ موجب افزایش معنی‌دار در ویژگیهای مورد بررسی می‌شود که آن را حاصل آثار بیواستیمولیتوری لیزر دانستند (۶، ۷).

با توجه به نتایج فوق، Kana JS و همکاران اعلام داشتند که افزایش فیبروپلازی به دنبال تابش لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته $4\ J/cm^2$ ممکن است جزء نامطلوبی از فرآیند التیام زخم قلمداد شود.

در تحقیق حاضر با آگاهی از تعداد اندک تحقیقات کنترل شده و تجربی، ملاحظه نتایج متضاد از این تحقیقات، نتایج ضعیفی که از تابش لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته پایین اعلام شد و خطرات احتمالی ناشی از تابش با انرژی دانسیته بالا، آثار تابش لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته‌های $5\ mJ/cm^2$ و $20\ mJ/cm^2$ بر التیام زخمهای باز پوست موش صحرایی در فازهای التهاب، تکثیر و تجدید ساختار آن، به وسیله شمارش سلولهای تشکیل دهنده و اندازه‌گیری ویژگی بیومکانیکی آن بررسی شد. در روش شمارش سلولی، سلولهای ماست‌سل فیبروبلاست، ماکروفاژ، نوتروفیل و اندوتلیوم عروق بررسی شدند و در آزمایش بیومکانیکی که از نوع تنسیومتری بود، قدرت کشش نمونه سنجیده شد.

مواد و روشها

۹۰ سر موش صحرایی نر، نژاد Sprague Dawley، سه ماهه و با وزن ۳۰±۲۲۰ گرم به‌طور تصادفی، در گروههای شاهد و تجربی یک و دو قرار گرفتند. موشهای صحرایی در طی دوره تحقیق در قفسهای انفرادی تمیز، نگهداری و دسترسی آزاد به آب و خوراک موش داشتند. آنها با تزریق داخل عضلانی دیازپام محصول کپسیداروی ایران و Ketamine Hydrocholoride با نام تجارتی Calypsol، محصول شرکت مجارستانی Gedeon Richter با دوزهای ۵۰ mg/kg و ۳ mg/kg بیهوش شدند؛ سپس موی پشت گردن آنها تراشیده و تحت شرایط استریل یک زخم با ضخامت کامل پوست، شامل عضله جلدی[2] به شکل دایره و قطر حدود ۲۰ میلی‌متر در هر موش صحرایی ایجاد شد. روز ایجاد زخم روز صفر محسوب شد و روز بعد، روز یک و ... از روز یک به بعد، پس از تزریق نصف دوز مواد بیهوشی به همه موشهای صحرایی، روزانه یک بار به زخمهای موشهای صحرایی گروه تجربی، یک لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته $5\ mJ/cm^2$ و به زخمهای موشهای صحرایی گروه دو، همان نوع لیزر با انرژی دانسیته $20\ mJ/cm^2$ به روش شبکه تابانده شد. تمام دستگاه مولد لیزر IR-2000، ساخت سازمان انرژی اتمی ایران و خروجی آن ۲ میلی ولت بود. موشهای صحرایی در تحقیق حاضر در سه دسته قرار گرفتند که هر دسته شامل ۱۰ سر موش صحرایی شاهد، ۱۰ سر موش صحرایی تجربی یک و ۱۰ سر موش صحرایی تجربی دو بود.

دسته اول برای دوره ۴ روزهٔ تحقیق، دسته دوم برای دوره ۷ روزهٔ تحقیق و دسته سوم برای دورهٔ ۱۵ روزهٔ تحقیق در نظر گرفته شدند. در دسته اول در روز ۴، در دسته دوم در روز ۷ و در دسته سوم در روز ۱۵ بعد از انجام تیمار روزانه، موشهای صحرایی با روش استنشاق اتر در فضای بسته کشته و دو نمونه برای مطالعات بیومکانیک و بافت‌شناختی

1. Placebo
2. Panniculus Carnosus

به ترتیب زیر از هر موش صحرایی برداشته شد. با وسیله‌ای که دارای دو تیغه برنده موازی به فاصله ۸ میلی‌متر از یکدیگر بود، یک نمونه طولی در امتداد محور سری دمی زخم، به گونه‌ای برداشته شد که بستر زخم در وسط و پوست سالم در طرفین آن قرار داشت. طول نمونه ۵ سانتی‌متر بود. نوع آزمایش بیومکانیکی استفاده شده در، تحقیق حاضر روش تنسیومتری بود. در این روش ابتدا نمونه را بین دو گیره دستگاه آلمانی سنجش استحکام مواد Zwick 1494 Machone Testing Universal گذاشته، سپس گیره متحرک دستگاه با سرعت ۱۵ mm/min، از گیره ثابت دور می‌شود. به این ترتیب قدرت کشش[1] نمونه، با واحد گرم به دست می‌آید. باقیمانده زخم که در سمت راست نمونه طولی قرار داشت، برای مطالعات بافت شناختی استفاده شد. این نمونه، شامل بستر زخم و پوست سالم مجاورش بود. ابتدا نمونه‌ها درون محلول فرمالین سالین قرار گرفت، سپس مراحل پردازش بافتی بر روی آن انجام شد، پس از آن با پارافین قالب‌گیری و به وسیله میکروتوم با تیغه ثابت برشهایی به ضخامت ۵ میکرون از آن تهیه شد.

برشها با روش رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین و ائوزین رنگ شدند. سلولهای فیبروبلاست، ماکروفاژ، نوتروفیل، اندوتلیوم عروق و تعداد مقاطع عروق به روش زیر شناسایی و شمارش شدند. در بستر زخم سلولهایی که دارای هسته دوکی نسبتاً درشت با طرح کروماتین گرانولر خشن بودند، فیبروبلاست نامیده شدند. سلولهایی که دارای سیتوپلاسم گرانولر (کف آلود)، هسته کناری و معمولاً مدور بوده و نسبت هسته به سیتوپلاسم کاهش شدید نشان می‌داد، ماکروفاژ محسوب شدند. نوتروفیلها به وسیله طرح هسته ۲ الی ۵ لوبه و سیتوپلاسم صورتی کم‌رنگ و یا بی‌رنگ تشخیص داده شدند. سلولهایی که جدار وریدها و شریانها را در شمای متخصص از آنها، نظیر مقاطع طولی با استوانه‌ای می‌ساختند اندوتلیوم نامیده شدند. در هر نمونه بستر زخم گروههای شاهد و تجربی، ۸ میدان میکروسکوپی نوری در محلهای ثابت انتخاب و به وسیله قطعه چشمی:

MIC 0078-19 Scale 400 With 400 Squares Euromex Microscope Holland و یا بزرگنمایی ×۴۰۰ میکروسکوپ نوری، شمارشها انجام شد. مساحت سطح شمارش شده در هر نمونه ۵۰۰۰۰۰ میکرو مترمربع بود. همچنین به منظور بررسی تغییرات تعداد ماست‌سلهای بستر زخم، تعدادی از برشها با روش رنگ‌آمیزی اختصاصی ماست‌سلها، رنگ شدند. در این روش برشها به وسیله محلول الکلی تولوئیدین‌بلو یک درصد، در درجه حرارت ۳۷° سانتی‌گراد رنگ شدند. سایر مراحل مانند روش مطالعه لامهای رنگ شده با هماتوکسیلین و ائوزین است و تنها تفاوت آنها در این است که ماست‌سلها در ۲۰ میدان میکروسکوپ نوری و در محوطه‌ای به مساحت ۱۲۵۰۰۰۰ میکرو مترمربع شمارش می‌شوند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آماری کروسکال والیس استفاده و $P<0.05$ معنی دار محسوب شد.

یافته‌ها

دو سر از موشهای صحرایی، پیش از رسیدن به موعدهای نمونه‌برداری، مردند. نتایج شمارش سلولی و تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تنها اختلافات معنی‌دار آماری بین فیبروبلاستهای گروه شاهد با گروههای تجربی در روز ۷ است که تعداد فیبروبلاستهای گروههای تجربی بیشتر است (جدول ۱).

بحث

در این تحقیق لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته‌های ۵ mJ/cm^2 و ۲۰ mJ/cm^2 بر زخمهای با ضخامت کامل پوست موشهای صحرایی تابانده شد. سپس در روزهای ۴، ۷ و ۱۵ بعد از ایجاد زخم، تغییرات تعداد فیبروبلاستها، ماکروفاژها، نوتروفیلها، ماست سلها، اندوتلیوم عروق که جمعیت سلولی حاضر در بستر زخم بوده و در روند التیام زخم نقش دارند و همچنین قدرت کشش بستر زخم بررسی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که هرچند روند التیام در گروههای

1. Tensile strength

جدول ۱: بررسی میانگین و انحراف معیار ویژگیهای مورد نظر در گروههای شاهد و تجربی و روزهای ۴، ۷ و ۱۵ با انجام آزمون کروسکال والیس نشان داد که بین فیبروبلاستهای گروه شاهد و گروههای تجربی در روز ۷ اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد

روز	گروه ویژگی	فیبروبلاست		ماکروفاژ		نوتروفیل		اندوتلیوم عروق		مقاطع عروق		قدرت کشش		ماست سل	
	مشخصه‌آماری	M	SD معیار	M	SD معیار	M	SD معیار	M	SD معیار	M	SD معیار	M	SD معیار	M	SD معیار
۴	شاهد	۸۲۳/۶	۷۲/۶	۱۴۳/۷	۷۲/۴	۱۲۰/۷	۱۲۸/۹	۱۷۲/۸	۵۵	۵۱/۱	۱۵/۱	۷۲/۱	۲۸/۱	۳۲/۳	۱۱/۵
	تجربی ۱	۹۶۰/۳	۱۷۰/۷	۱۳۷	۲۷	۴۱/۷	۲۶/۷	۱۷۲/۱	۵۲/۲	۳۹/۲	۱۱/۵	۹۱/۲	۲۲/۸	۳۱/۲	۱۴/۳
	تجربی ۲	۷۸۴/۳	۴۳/۷	۱۲۰/۳	۵۲/۲	۴۴/۲	۲۰/۵	۱۷۳/۶	۲۱/۴	۵۱/۶	۱۵/۷	۶۷/۴	۱۸	۲۷/۲	۱۳/۳
۷	شاهد	۹۵۲/۵	۱۳۰	۲۶/۸	۱۶/۷	۱۶/۵	۱۷/۵	۱۰۲/۸	۲۶/۳	۴۸	۱۸/۷	۱۴۶/۱	۶۳/۲	۲۲/۸	۱۱/۷
	تجربی ۱	۱۱۲۳/۹	۱۰۸/۹	۳۳/۸	۲۲/۷	۲۱	۲۸	۱۲۶	۳۰/۶	۴۰/۲	۱۰/۹	۱۹۵	۲۸/۱	۲۷	۱۲/۴
	تجربی ۲	۱۱۳۰/۶	۷۹	۲۱/۷	۱۰	۵۲/۴	۳۰/۳	۱۲۰/۸	۴۳/۲	۴۶/۴	۱۴/۱	۱۹۶/۲	۸۷/۱	۲۹/۶	۱۷
۱۵	شاهد	۹۱۴/۴	۱۰۶	۳	۴/۹	۱۰/۵	۲۶	۳۷/۷	۱۷/۹	۱۴/۶	۵/۸	۲۳۲/۸	۴۰/۹	۶/۵	۱۲
	تجربی ۱	۸۰۲/۱	۱۲۴/۱	۷/۸	۱۲/۶	۱۰/۷	۱۴/۶	۴۵/۶	۱۵/۸	۱۵/۷	۵/۲	۱۸۸/۹	۴۷	۷/۸	۹
	تجربی ۲	۸۳۹/۴	۸۹	۲/۸	۲/۴	۱۰/۴	۱۷/۳	۴۵/۶	۲۴/۵	۱۶/۴	۵/۸	۲۴۴/۶	۹۸/۵	۱۱/۴	۶/۷

SD: انحراف معیار M: میانگین

تجربی از گروه شاهد بهتر بود ولی تنها اختلاف معنی‌دار آماری، فزونی تعداد فیبروبلاستهای گروههای تجربی نسبت به گروه شاهد در روز ۷ بررسی بود. با توجه به این نکته که روز هفت بعد از ایجاد زخم در تحقیقات مشابه، به عنوان فاز تکثیر روند التیام زخم در نظر گرفته می‌شود (۸)، می‌توان اعلام نمود که در شرایط تحقیق حاضر تابش لیزر موجب تسریع معنی‌دار فاز تکثیر روند التیام زخم گردیده است. اما دو موضوعی که باید در این خصوص روشن شوند این است که:

۱) چرا نتایج سایر سلولهای تشکیل دهنده جمعیت سلولی بستر زخم و قدرت کشش آن، اختلافات معنی‌دار آماری با گروه شاهد پیدا نکردند؟

۲) چرا در این شرایط می‌توان رأی به تأثیر مثبت لیزر داد؟

در مورد موضوع اول، مطالعه برخی تحقیقات انجام شده ممکن است رهگشا باشد. Bisht D همکارانش، با تابش لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته ۴ J/cm^2 بر زخم بازپوست، افزایش معنی‌دار پرولیفراسیون لوکوسیتها و فیبروبلاستها، نئوواسکولاریزاسیون و اپی‌تلیالیزاسیون را مشاهده کردند. همچنین تولید کلاژن به‌وسیله فیبروبلاستها به‌طور معنی‌داری بیش از گروه شاهد بود (۷). JS Kana و همکارانش، لیزر کم‌توان هلیوم نئون را با انرژی دانسیته‌های ۴، ۱۰ و ۲۰ ژول بر سانتی‌متر مربع بر زخمهای بازپوست موش صحرایی تاباندند و نتایج مثبت و معنی‌دار آماری را در گروه تحت تابش با ۴ J/cm^2، مشاهده کردند (۶).

نتایج تحقیق دیگری نشان داد که تابش لیزر کم‌توان با انرژی دانسیته ۱ J/cm^2 و بالاتر بر زخم باز پوستی، قدرت کشش زخم را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (۹).

در مجموع به‌نظر می‌رسد که هر چه انرژی دانسیته لیزر به‌کار رفته بیشتر باشد، نتایج مثبت بیشتری از قبیل افزایش تعداد فیبروبلاستها، لوکوسیتها، عروق، سنتز کلاژن و قدرت کشش بستر زخم بروز می‌کند. احتمالاً دلیل عدم حصول نتیجه مثبت، در تحقیق Malm M و Lundeberg T که لیزر کم‌توان هلیوم نئون را با انرژی دانسیته ۴ J/cm^2 بر زخمهای وریدی مزمن ساق بیماران تاباندند، کم‌بودن انرژی دانسیته تام تابیده شده به زخم در برنامه تابش (سه بار در هفته) است. دلیل دیگری که توسط این محققان مطرح شده، تعداد اندک بیماران تحت درمان بوده است.

بنابراین با ملاحظه تحقیق فوق، نتیجه‌گیری پاراگراف قبلی را می‌توان این گونه اصلاح نمود: هرچه انرژی دانسیته تام لیزر تابیده شده بیشتر باشد، نتایج مثبت بیشتری بروز می‌کند.

در خصوص موضوع دوم لازم به یادآوری است که هرچند در تحقیق حاضر، همه سلولهای مطرح در روند التیام زخم بررسی شدند، ولی در این میان سلولهای فیبروبلاست از اهمیت خاصی برخوردار هستند. زیرا آنها ماتریکس خارج سلولی را ترشح می‌کنند که در ابتدا شامل فیبرونکتین و هیالورونیک اسید است (که تکثیر و مهاجرت سلولی را القا می‌کنند) و در ادامه پروتئوگلیکانها را سنتز می‌کنند که به نوبه خود تشکیل کلاژن و افزایش قدرت کشش بستر زخم را تحریک می‌کنند. ساختمان فیبریلار مارپیچی کلاژن، داربست محکمی را تولید می‌کند که مراحل بعدی التیام را تسهیل می‌نماید. افزایش قدرت کشش بستر زخم با افزایش سنتز کلاژن از روز پنجم به بعد افزایش می‌یابد (۱۰). احتمالاً به همین دلیل است که در تحقیقات متعددی که روی روند التیام صورت گرفته و برخی از متغیرهای مرتبط با روند التیام بررسی شده‌اند؛ سلولهای فیبروبلاست یا نتیجه فعالیت آنها، متغیر مشترک همه آنها بوده‌است (۲، ۴، ۶، ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۳).

بنابراین در تحقیق حاضر هم با اتکا به افزایش معنی‌دار تعداد فیبروبلاستها در روز هفت تحقیق، چنین نتیجه گرفته شد که تابش روزانه لیزر کم‌توان هلیوم نئون با انرژی دانسیته‌های ۵ mJ/cm^2 و ۲۰ mJ/cm^2 بر زخم باز پوستی موش صحرایی موجب تسریع تکثیر روند التیام زخم از دیدگاه شمارش سلولی می‌شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله بدینوسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را از مسئولین و کارکنان محترم گروه پژوهشی فیزیوتراپی جهاد دانشگاهی علوم پزشکی ایران که بودجه و فضای آزمایشگاهی این تحقیق را تأمین کردند؛ ابراز می‌دارند.

References

1. Smith RJ, Birndorf M, Gluck G, Hammond D, Moore DND: The effect of low energy laser on skin flap survival in the rat and porcine animal model. Plast Reconstr Surg 1992; 89(2): 306-314

2. Basford JR, Hallman HO, Sheffield CG, Mackey GL: Comparison of cold-quartz ultraviolet, low-energy laser and occlusion in wound healing in a swine model. Arch Phys Med Rehabil 1986; 67: 151-157

3. Mester E, Spiry T: Effect of laser rays on wound healing. Am J Surg 1971; 122: 532-535

4. Mester E, Jaszsagi-Nagy E: The effect of laser radiation on wound healing and collagen synthesis. Studia Biophysica 1973; 35: 227-230

5. Lundberg T, Malm M: Low-power laser treatment of venous leg ulcers. Ann Plast Surg 1991; 27: 537-539

6. Bist D, Gupta SC, Misra V, Mital VP, Sharma P: Effect of low power laser radiation on healing of open skin wounds in rats. Indian J Med Res 1994; 100: 43-46

7. Kana JS, Hut schenreiter G, Haina D, Waidelich W: Effect of low power density laser radiation on healing of open skin wounds in rats. Ann Surg 1981; 116: 293-296

8. Young SR, Dyson M: Effect of therapeutic ultrasound on the healing of full thickness excised skin lesions. Ultrasonics 1990; 28: 175-180

9. Saliba EN, Foreman SH: Low power lasers in prentic WE (ed) Therapeutic Modalities in Sport Medicine, Times Mirror/Mosby college publishing, 1990, pp: 185-209

10. Daly TJ: The repair phase of wound healing, Re-epithelialization and contraction and Price H, connective tissue in wound healing in Kloth LC, MC culloch JM Feedar JA (eds) Wound Healing: Alternative in management. Philadelphia, FA DAVIS, 1990, PP:14-42

11. Leffmann DJ, Arnall DA, Holmgren PR, Cornwall MK, Kardas Y, Balkanlis S, Saraymen R: Effect of microamperage stimulation on the rate of wound healing in rats: A histological study. Phys Ther 1999; 74(3): 195-200

12. Tskan I, Ozyazgan L, Teccan M: A comparative study of the effect of ultrasound and electrostimulation on wound healing in rats,Plast Reconstr Surg 1997; 100: 966-972

13. Enwemeka CS: Ultrastrauctural morphometry of membrane bound intracytoplasmic collagen fibrils in tendon fibroblast exposed to He-Ne laser beam. Tissue Cell 1992; 24: 511-523