لیزر در پزشکی؛ ۱۳۹۹، دورهٔ ۱۷، شمارهٔ ۲، صفحات: ۷-۲ .

مقاله پژوهشی

افزایش زنده‌مانایی سلول‌های بنیادی فولیکول موی موش صحرایی با استفاده از نور لیزر کم‌توان

مینا سادات نادری [۱]
سید مهدی طبایی [۲]
مجید پرنور [۳]

۱. *استادیار بیوفیزیک، گروه پژوهشی ترمیم نوری مرکز تحقیقات لیزر در پزشکی، پژوهشکدهٔ یارا، سازمان جهاد دانشگاهی علوم پزشکی تهران*

۲. *دانشیار پوست و مو، گروه پژوهشی ترمیم نوری مرکز تحقیقات لیزر در پزشکی، پژوهشکدهٔ یارا، سازمان جهاد دانشگاهی علوم پزشکی تهران*

۳. *استادیار بیوتکنولوژی پزشکی، گروه پژوهشی ترمیم نوری مرکز تحقیقات لیزر در پزشکی، پژوهشکدهٔ یارا، سازمان جهاد دانشگاهی علوم پزشکی تهران*

نویسندهٔ مسئول: سید مهدی طبایی، تلفن: ۰۲۱۶۶۴۶۴۸۶۲
پست الکترونیک: mtaba@jdtums.ir

خلاصه

مقدمه: در سال‌های اخیر، مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ سلول‌های بنیادی باعث افزایش تقاضای درمان بیماری‌های مختلف با استفاده از روش سلول‌درمانی شده است. بهبود زنده‌مانایی سلول‌های بنیادی باعث بهبود روش‌های سلول‌درمانی می‌شود. امروزه، از لیزرهای کم‌توان برای کاربردهای بسیاری در پزشکی از جمله ترمیم زخم و همچنین درمان ریزش مو استفاده می‌شود. در این مطالعه اثر تابش نور لیزر کم‌توان بر زنده‌مانایی سلول‌ها مورد بررسی قرار داده شد.

روش بررسی: فولیکول مو از ناحیهٔ سبیل موش صحرایی با استفاده از روش برداشت اسلیت جداسازی شد و در آزمایشگاه پس از جداسازی سلول‌ها از طریق هضم آنزیمی و مکانیکی در فلاسک کشت در داخل محیط کشت FBS+ F12-DMEM کشت داده شدند. پس از رشد سلول‌های بنیادی فولیکول مو، بیان نشانگرهای سلول‌های بنیادی با استفاده از فلوسایتومتری مورد بررسی قرار گرفت. میزان فعالیت حیاتی سلول‌ها تحت تابش دوزهای مختلف لیزر با استفاده از آزمون MTT سنجیده شد و با میکروسکوپ نوری عکس گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج تیمار سلول‌های بنیادی فولیکول مو با دوزهای مختلف نور لیزر کم‌توان نشان داد که نور لیزر کم‌توان در دوزهای مختلف، اثرات مختلفی برروی سلول‌ها دارد به‌طوری‌که در دوز ۵ ژول بر سانتی‌متر مربع بالاترین زنده‌مانایی را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری: افزایش زنده‌مانایی سلول‌های بنیادی فولیکول مو تحت تأثیر نور لیزر کم‌توان می‌تواند رویکرد جدیدی را سلول درمانی با استفاده از سلول‌های بنیادی پوستی ایجاد کند.

واژه‌های کلیدی: سلول های بنیادی، نور لیزر، زنده‌مانایی

[Downloaded from icml.ir on 2025-08-23]

مقدمه

تابش لیزرکم‌توان می‌تواند باعث تحریک سلول و افزایش تکثیر سلولی در برخی سلول‌ها گردد. در برخی مطالعات جهت درمان طاسی آندروژنیک اثر لیزر کم‌توان مورد بررسی قرار گرفته است[۱و۲]. لیزرهای کم‌توان لیزرهایی هستند که اثر حرارتی برروی بافت نمی‌گذارند و با تحریک نوری برروی سلول باعث واکنش‌های نوری در بافت می‌شوند که به آن تحریک زیست نوری می‌گویند[۱]. توان این لیزرها معمولاً زیر ۲۵۰ میلی‌وات می‌باشد. مکانیسم سلولی تأثیر لیزرهای کم‌توان بدین‌صورت است که به‌دنبال تابش فوتون‌های لیزر به سلول، پاسخ سلولی با فعال شدن گیرنده‌های نوری موجود در زنجیرهٔ تنفسی واقع در میتوکندری آغاز می‌شود و در اثر آن حالت اکسیداسیون- احیا سلولی تغییر حالت می‌دهد و همراه با تغییرات حالت غشاء سلولی با جابه‌جایی یون کلسیم و تغییرات PH و فعال شدن cAMP و رونویسی و نهایتاً بیان برخی پروتئین‌های دخیل در مسیرهای سیگنالینگ سلولی می‌شود. برخی از مسیرهای تنظیمی توسط حالت احیایی سلول میانجی‌گری می‌شود که تغییرات در حالت احیایی القاءکنندهٔ فعالیت تعداد زیادی مسیرهای سیگنالینگ است که این پاسخ سلولی القاءکنندهٔ تغییرات رونویسی است برخی از فاکتورهای رونویسی توسط تغییرات در حالت احیایی سلول تنظیم می‌شوند، از بین آن‌ها می‌توان به فاکتور رونویسی NF-kB اشاره کرد. لازم به ذکر است که لیزر کم‌توان ازطریق تأثیر بر مسیر NF-kB می‌تواند منجر به افزایش تکثیر سلولی گردد. مطالعات نشان داده‌است که تحریک زیست‌نوری با استفاده از منابع نوری لیزرهای کم‌توان در طول‌موج‌های قرمز و مادون قرمز موجب افزایش فعالیت میتوکندری به‌صورت افزایش سنتز ATP، افزایش گرادیان پروتونی (ΔpH)، تغییر پتانسیل غشای میتوکندری ($\Delta\Psi$) و افزایش میزان ROS می‌گردد. از طرفی تحریک زیست نوری باعث افزایش سنتز mRNA در سلول، افزایش ترشح برخی از فاکتورهای رشد و سیتوکاین‌هایی که در روند ترمیم نقش دارند، می‌گردد[۳و۴]. به‌طورکلی بیشترین مطالعات به‌عمل‌آمده در لیزرهای کم‌توان در زمینهٔ عملکرد سلولی و تغییرات مولکولی بوده است. از طرفی سلول‌های بنیادی که در انتهای فولیکول در لامینین و نواحی غنی ازکلاژن ۴ ماتریکس خارج سلولی جای گرفته‌اند و برای القاء رشد مو ضروری هستند. مو از دو قسمت اصلی ریشه و ساقه تشکیل شده و در میان سه لایهٔ پوست قرار گرفته است. مو از داخل کیسه‌ای به‌نام فولیکول رشد می‌کند. انتهای فولیکول‌ها در لایهٔ مرکزی پوست متصل به مویرگ‌های خونی است. این مویرگ‌های خونی منبع مهمی برای تهیهٔ اکسیژن و مواد مغذی برای رشد مو هستند[۵]. .می‌توان گفت سلول‌های بنیادی فولیکول مو به‌عنوان stem cell های پرتوان (multipotent) که قابلیت Stemness و القای تشکیل فولیکول مو را دارد می‌باشد[۶].

تا زمانی‌که در یک منطقه فولیکول مو وجود داشته باشد، سعی بر آن است که این فولیکول‌ها تقویت شوند و رشد نمایند به‌طوری‌که با تحریک و تقویت و ایجاد شرایط مناسب رشد موها شروع می‌شود. اگر در منطقه‌ای به هر دلیل فولیکول مو تحلیل رفته و از بین رفته باشد نیاز به کاشت مو پیدا می‌شود. یعنی از منطقهٔ دیگری که فولیکول مو وجود دارد، این فولیکول‌ها برداشته شود و در منطقهٔ مورد نیاز کاشته شود. این فولیکول‌ها چون زنده هستند و نیاز به تغذیه دارند و تغذیهٔ آن‌ها ازطریق خون‌رسانی است پس باید تا جایی زیر پوست قرار گیرند که خون‌رسانی کاملاً انجام شود[۷و۸]. همان‌گونه‌که ذکر شد تحریک‌زیستی با نور به‌وسیلهٔ لیزرهای کم‌توان دیرزمانی است که در جوامع پزشکی مطرح شده و تاکنون تأثیر لیزر کم‌توان در درمان بسیاری از بیماری‌ها به‌ویژه بیماری‌های مربوط به پوست و مو مورد بررسی قرار گرفته است[۹]. باتوجه به موارد ذکرشده در مورد سلول‌های بنیادی فولیکول مو و همچنین اثرات لیزر کم‌توان اطلاعات کمی در دسترس است، لذا، در این مطالعه سعی بر آن است که اثر لیزر کم‌توان برروی زنده‌مانایی سلول‌های بنیادی فولیکول مو بررسی شود.

روش بررسی

جداکردن سلول‌های بنیادی فولیکول مو

موش‌ها در ظرف استوانه‌ای حاوی پنبهٔ آغشته به کلروفرم قرار داده شدند، بعد از بیهوش شدن موش صحرایی، سر و صورت موش توسط محلول ۱:۱ بتادین و پراکسید به مدت ۳ دقیقه شستشو داده شد و سپس بافت لب بالای موش که حاوی سبیل بود، بریده شد به‌طوری‌که چند بیوپسی از بافت پشت لب که حاوی موهای سبیل بود، برداشته شد. نمونه‌های بیوپسی اخذشده با بافر فسفات و الکل ۷۰ درصد شستشو داده شد و درفالکون حاوی محیط کشت قرار داده شد و سپس در زیر هود مراحل مربوط به استخراج سلول‌های بنیادی فولیکول مو انجام گردید.

استخراج سلول‌های بنیادی

برای استخراج سلول‌های بنیادی چندتوان فولیکول مو از دو روش مکانیکی و آنزیمی استفاده می‌شود. به این صورت که ابتدا با روش مکانیکی، بافت هم‌بند اطراف فولیکول برداشته شد و با اسکالپل نمونه‌ها به قطعات کوچک تقسیم شد. در روش آنزیمی، نمونه‌های حاصل از مرحلهٔ مکانیکی در محلول آنزیمی کلاژناز و دیسپازΠ و در مدت‌زمان نیم ساعت و در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد انکوبه گردید.

اثبات سلول‌های بنیادی

جهت اثبات سلول‌های بنیادی چندتوان از مارکرهای سطحی استفاده شد که این سنجش ازطریق فلوسایتومتری BD FACS Calibur BD biosciences, San Jose, CA, USA انجام شد[۱۰]. پروتکل

[Downloaded from icml.ir on 2025-08-23]

آماده‌سازی سلول‌های مزانشیمی جهت انجام ایمنوفنوتایپ: در مرحلهٔ اول پس از جداسازی سلول‌ها از فلاسک، با اضافه کردن ۲μl از محلول PBS در ۱۵۰۰rpm به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ می‌کنیم و شستشو می‌دهیم. پس از شستشو حجم نهایی رسوب سلولی را به‌وسیلهٔ PBS به ۱ml می‌رسانیم. تعداد ۱۰ لولهٔ فلوسایتومتری را انتخاب و به هرکدام ۱۰۰μl از سوسپانسیون سلولی اضافه می‌کنیم. به‌طور جداگانه به لوله‌ها آنتی‌بادی منوکلونال را اضافه می‌کنیم. پس از مخلوط کردن لوله‌ها آن‌ها را به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴درجهٔ سانتی‌گراد انکوبه می‌کنیم. سپس جهت شستشو ۵۰۰μl از محلول PBS به لوله‌ها اضافه می‌نماییم و در دور ۱۵۰۰rpm به‌مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ می‌کنیم. به رسوب سلولی ۲۵۰μl محلول PBS اضافه می‌نماییم و نمونه را در دستگاه فلوسایتومتری خوانش می‌کنیم.

بررسی اثر لیزر بر سلول‌های بنیادی فولیکول مو

جهت بررسی اثر لیزر کم‌توان، سلول‌های کشت‌داده‌شده در معرض نور لیزر با طول‌موج ۶۸۵ نانومتر با انرژی‌های $1\text{-}20\,J/cm^2$ و در دو بازهٔ زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت قرار می‌گیرند و سپس زنده‌مانایی سلولی مورد بررسی قرار می‌گیرد[۱۳-۱۱].

بررسی تکثیر و توان زیستی سلول‌ها

برای بررسی اثر لیزر کم‌توان برروی زنده‌مانایی سلول‌ها از تست MTT که یک تست رنگ‌سنجی به‌شمار می‌آید، استفاده خواهد شد. براساس اطلاعات به‌دست‌آمده از MTT می‌توان میزان تکثیر و زنده‌مانایی سلول‌ها را قبل و بعد از تابش نور لیزر کم‌توان بررسی کرد. به این ترتیب که بعد از گذشت ۴۸ ساعت از تابش نور لیزر کم‌توان، پلیت سلول‌ها را از انکوباتور خارج می‌نماییم و یک‌دهم حجم رویی سلول‌ها به هر چاهک محلول (MTT) Dimethylthiazol-2yl 2-5 diphenyl tetrazolium bromide اضافه می‌کنیم و پلیت را به‌مدت ۴ ساعت در انکوباتور قرار می‌دهیم. پس از سپری شدن ۴ ساعت، پلیت بیرون آورده‌شد و با خارج کردن محیط روئی به چاهک‌ها محلول DMSO اضافه گردید تا کریستال‌های بنفش نگ فومارازون ایجادشده در سلول‌هایی که زنده مانده‌اند، حل می‌شود و مایع رنگی یکنواختی ایجاد شود. این مایع رنگی را به چاهک‌های پلیت الایزا منتقل و جذب آن در طول‌موج ۵۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه ELISA READER با فیلتر رفرانس ۶۲۰ خوانده شد و درصد سلول‌های زنده در هر نمونه مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها

جداسازی‌واستخراج‌سلول‌های‌بنیادی‌فولیکول‌موی‌موش‌صحرایی

سلول‌ها پس از جداسازی به فلاسک حاوی محیط کشت و آنتی‌بیوتیک منتقل و داخل انکوباتور قرار داده می‌شوند. از روز پنجم به بعد هر سه روز یک بار محیط کشت فلاسک‌ها تعویض می‌شوند. این سلول‌ها شبیه فیبروبلاست در محیط آزمایشگاهی تکثیر و رشد پیدا می‌کنند.

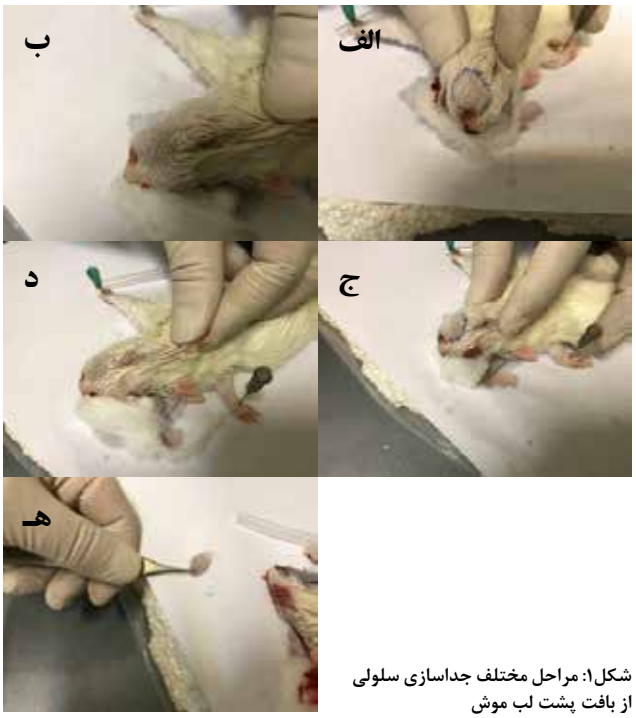
تصاویر مربوط به سلول‌های جداشده در زیر نشان داده شده است: در روز اول و بلافاصله بعد از استخراج، ناخالصی‌های زیادی همراه با این سلول‌ها می‌باشد بعد از تعویض محیط کشت و حذف سلول‌های شناور، سلول‌های چسبیده به کف فلاسک قابل مشاهده بودند. معمولاً به دنبال تعویض محیط و کاسته شدن از میزان ناخالصی‌ها در روز اول، تعداد معدودی سلول با مورفولوژی فیبروبلاستی نیز در محیط کشت قابل مشاهده می‌باشند.

بررسی بیان مارکرهای مولکولی سلول‌های بنیادی چندتوان استخراج‌شده

جهت اثبات سلول‌های بنیادی چندتوان از مارکرهای سطحی استفاده شد که این سنجش از طریق فلوسایتومتری انجام شد. با توجه به مطالعات مختلف در زمینهٔ بررسی سلول‌های بنیادی فولیکول مو بیومارکرهای مورد بررسی قرار گرفتند[۱۴و۱۵]. که بیومارکرهای بیان‌شده در سطح سلول‌های استخراج‌شده با مطالعات پیشین مطابقت داشتند که در شکل زیر نشان داده شده است.

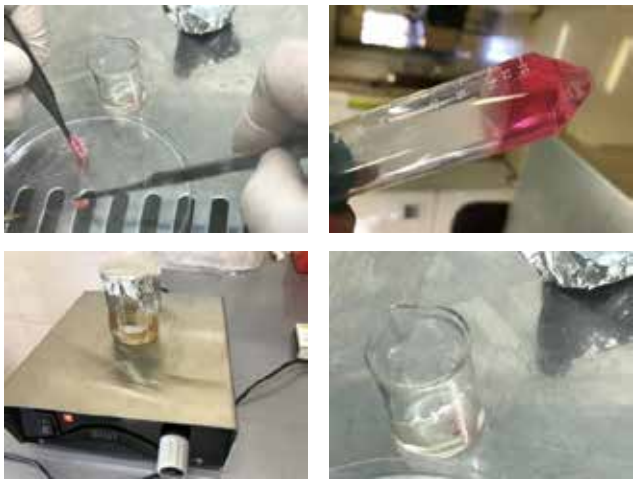
بررسی اثر لیزر بر زنده‌مانایی سلول‌های بنیادی فولیکول مو

جهت بررسی اثر لیزر کم‌توان، سلول‌های کشت‌داده‌شده در معرض نور لیزر با طول‌موج ۶۸۵ نانومتر، با انرژی‌های $1\text{-}20\,J/cm^2$ قرار گرفتند و پس از دو بازهٔ زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت مورد بررسی قرار گرفتند.



شکل۱: مراحل مختلف جداسازی سلولی از بافت پشت لب موش

[Downloaded from icml.ir on 2025-08-23]



شکل۲: مراحل استخراج سلول های بنیادی فولیکول موی موش صحرایی

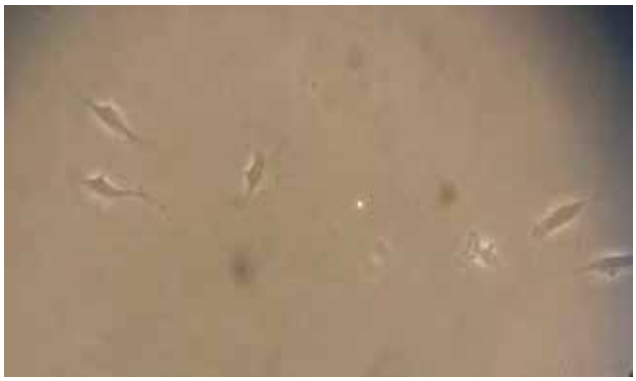
نمودارهای زیر زنده‌مانایی این سلول‌ها را در اثر نور لیزر با انرژی‌های مختلف و در دو بازهٔ ۲۴ و ۴۸ ساعت نشان می‌دهد.

همان‌گونه‌که در شکل دیده می‌شود و با توجه به محاسبات آماری در هر دو بازهٔ زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت میزان زنده‌مانایی در انرژی ۵ ژول بر سانتی‌متر مربع بیشترین مقدار است که این تفاوت انرژی در ۴۸ ساعت به بیشترین مقدار خود رسیده است.

بحث و نتیجه‌گیری

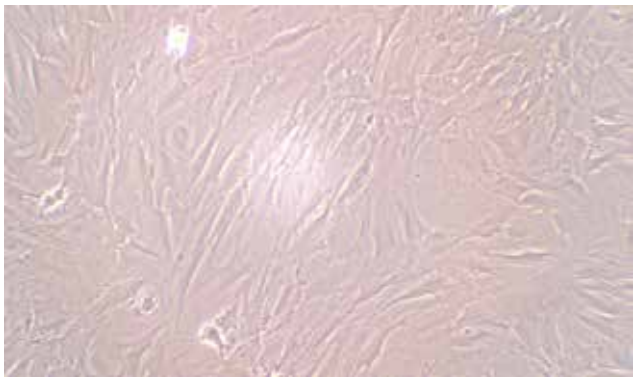
امروزه، کشت و تکثیر سلول‌های بنیادی مشتق از بافت‌های مختلف یکی از موضوعات جالب توجه در زمینهٔ سلول‌درمانی و تحقیقات پزشکی است. این مسئله باعث گردیده است که محققان نگاه ویژه‌ای در ارتباط با جداسازی، کشت، تخلیص و به‌کارگیری این سلول‌ها در فرآیند درمان بیماری‌های خاص داشته باشند. از سلول‌های بنیادی فولیکول مو به عنوان مدل سیستم سلول‌های پاپیلای پوستی اولیه استفاده می‌شود. سلول‌درمانی با استفاده از سلول‌های بنیادی فولیکول موی پوستی می‌تواند رویکرد جدیدی را در زمینهٔ کاشت مو ایجاد کند. قابل‌توجه است که سلول‌های پاپیلای پوستی، سلول‌های بنیادی پرتوان هستند که می‌توانند منجر به القای تشکیل فولیکول مو شوند[۶]. تازمانی‌که در یک منطقه فولیکول مو وجود داشته باشد، سعی بر آن است که با تحریک و تقویت و ایجاد شرایط مناسب منجر به رشد موها گردد[۷و۸]. نور لیزر کم‌توان برای کاربردهای بسیاری در پزشکی ازجمله ترمیم زخم و همچنین درمان ریزش مو استفاده می‌شود.

مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۱ توسط de Villiers درمورد اثر نور لیزر با طول‌موج ۶۳۹ نانومتر برروی سلول‌های بنیادی مشتق‌شده از چربی نشان داد که نور لیزر منجر به افزایش زنده‌مانایی و تکثیر این سلول‌ها می‌شود[۱۶]. در مطالعهٔ دیگری توسط بهاروند و همکاران در مورد



شکل۳: سلول‌های استخراج‌شده پس از ۳ روز با مرفولوژی شبه فیبروبلاست

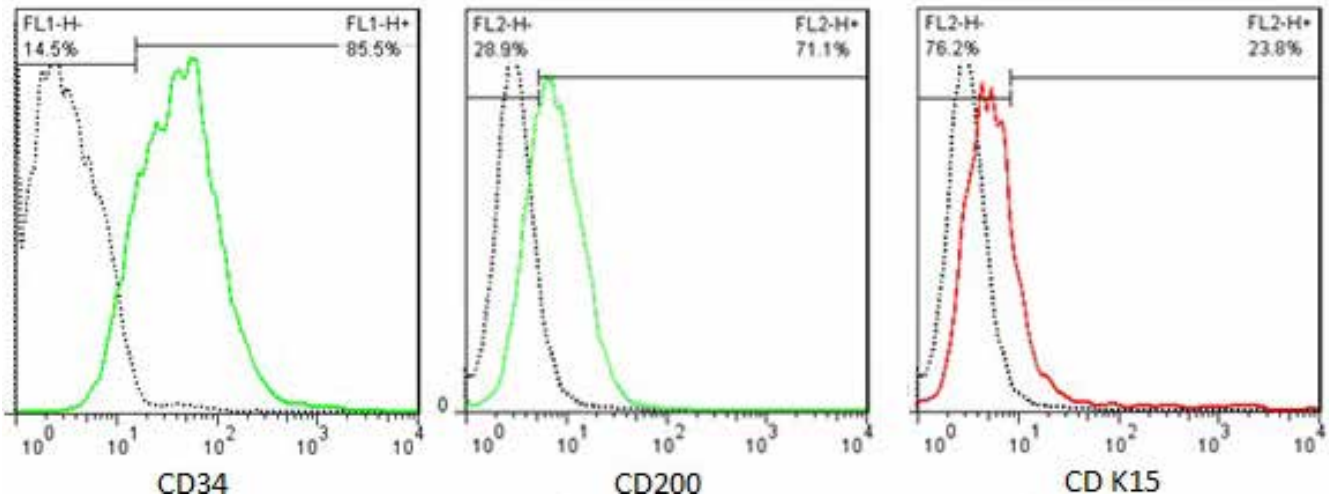
شکل۴: سلول‌های استخراج‌شده پس از ۷ روز با مرفولوژی شبه فیبروبلاست



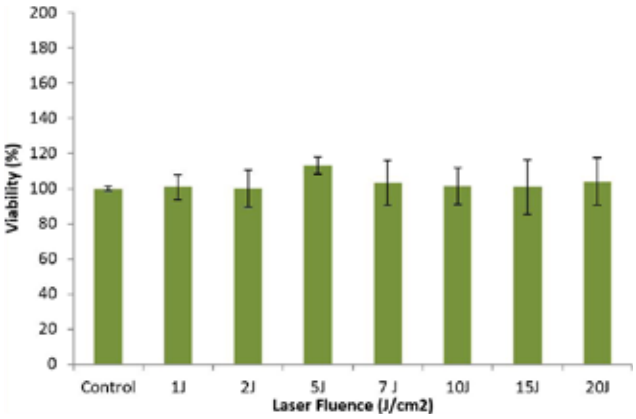
شکل۵: سلول‌های استخراج‌شده پس از پاساژ با مرفولوژی شبه فیبروبلاست

تأثیر نور لیزر برروی سلول‌های بنیادی جنینی انسانی انجام شد. نتیجه نشان‌دهندهٔ تأثیرات وابسته به دوز نور لیزر برروی ویژگی‌های مرفولوژی و قابلیت تمایزی بود که داده‌های این مطالعه می‌تواند کمک مؤثری در مورد درمان سلولی بعد از پیوند باشد[۱۷]. همچنین مطالعهٔ دیگری در مورد تأثیرات نور لیزر کم‌توان بر تکثیر سلول‌های بنیادی مزانشیمی مشتق از بافت مغز استخوان و چربی نشان‌دهندهٔ رفتار وابسته به دوز هست به‌طوری‌که رشد و تکثیر بیشتر مشاهده‌شده مربوط به انرژی‌های ۱ ژول بر سانتی‌متر مربع می‌باشد. تحریک زیست‌نوری سلول‌های بنیادی

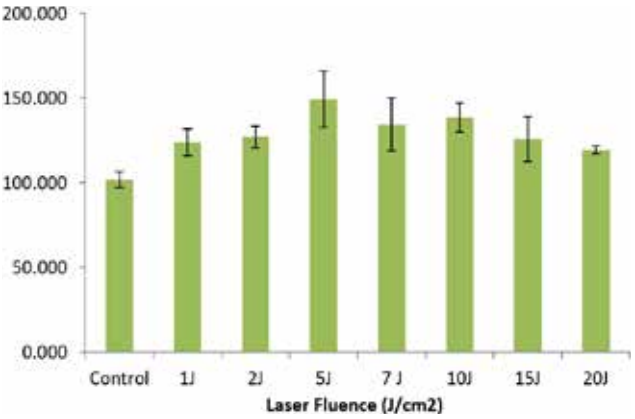
[Downloaded from icml.ir on 2025-08-23]



شکل۶ : بیان بیوماکرهای سطحی سلول‌های بنیادی فولیکول مو



شکل۷: میزان زنده‌مانایی سلول‌های بنیادی فولیکول مو تحت تابش نور لیزر با انرژی‌های ۲۰-۱ ژول بر سانتی‌متر مربع در بازهٔ زمانی ۲۴ ساعت



شکل۸ : میزان زنده‌مانایی سلول‌های بنیادی فولیکول مو تحت تابش نور لیزر با انرژی‌های ۲۰-۱ ژول بر سانتی‌متر مربع در بازهٔ زمانی ۴۸ ساعت

مزانشیمی توسط نور لیزر می‌تواند ابزاری مهم برای مهندسی بافت و پزشکی بازساختی باشد[۱۸].

در این مقاله اثر نور لیزر کم‌توان را در دوزهای انرژی ۱ تا ۲۰ ژول بر سانتی‌متر مربع بر سلول‌های بنیادی مشتق‌شده از فولیکول موی موش صحرایی مورد بررسی قرار دادیم. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از افزایش زنده‌مانایی این سلول‌ها در معرض لیزر با برخی از دوزها بود به‌طوری‌که در دوز ۵ ژول بر سانتی‌متر مربع در هر دو بازهٔ زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت افزایش معنی‌داری را نشان می‌داد که این افزایش زنده‌مانایی در بازهٔ زمانی ۴۸ ساعت به بیشترین حد خود رسید که باتوجه با اثرات نور لیزر برروی سلول‌ها [۱۹] مطابقت داشت. نتایج این مطالعه می‌تواند گامی مؤثر در جهت بهبود روش‌های سلول‌درمانی محسوب شود.

[Downloaded from icml.ir on 2025-08-23]

References:

1. Van Gemert MC, Welch AJ. Clinical use of laser-tissue interactions. Eng Med Biol Mag. 1989; 8(4): 10-3.

2. Orasan MS. Stimulation of hair regrowth using low level laser treatment in a rat model of alopecia. Digest. Journal of Nanomaterials and Biostructures. 2013; 8(4): 1571-80.

3. Karu T. Photobiology of low-power laser effects. Health Phys. 1989; 56: 691-704.

4. Fernanda G, Diego M S, Mardem P, Vasconcelos B, Carlos A, Galvão B. Effect of low-level laser therapy on mesenchymal stem cell proliferation: a systematic review. Lasers Med Sci. 2015; 30(8): 2189-94.

5. Chase HB. Growth of the hair. Physiol Rev. 1954; 34(1): 113-26.

6. Schneider R, Schmidt U, Paus R. The hair follicle as a dynamic miniorgan. Current Biology. 2009; 19(3): 32–42.

7. Stenn KS, Paus R. Controls of hair follicle cycling. Physiological Reviews. 2001; 81(1): 450–81.

8. Yoo BY, Shin YH, Yoon HH, Seo YK, Park JK. Hair follicular cell/organ culture in tissue engineering and regenerative medicine. Biochemical Engineering Chemical .2010; 48: 323-31.

9. Babapour R, Glassberg E, Lask GP. Low-energy laser systems. Clinics in Dermatology. 1995;13: 87-90.

10. Nareika A. Markers Methods to Verify Mesenchymal Stem Cell Identity, Potency, & Quality. Journal of Endocrinology.2008; 196: 45.

11. Ying-Ying H, Aaron C, Chen H, Carroll JD, Hamblin MR. BIPHASIC DOSE RESPONSE IN LOW LEVEL LIGHT THERAPY. Dose-Response .2009; 7: 358–83.

12. Huang Y, C-H Chen A, Sharma S, Wu Q, Hamblin MR. Comparison of cellular responses induced by low level light in different cell types. Society of Photo-optical Instrumentation Engineers .2010; 7552: 75520-32.

13. Aaron Ch, Ying-Ying H, Praveen R, Hamblin MR. Role of reactive oxygen species in low level light therapy. The International Society for Optical Engineering. 2009; 7165: 716502-14.

14. Nobakht M, Najafzadeh N, Pourheydar B, Golmohammadi MG. Isolation of Rat Hair Follicle Stem Cells and in Vitro Study of Stem Cell Factors in Iran. Journal of Ardabil University of Medical Sciences. 2011; 11(2): 176- 85.

15. Behvarz M, Maleki M, Mashayekhi M. Evaluating the Expression of Mesenchymal Stem Cells Markers in Human Hair Follicle Stem Cells. Journal of Ardabil University of Medical Sciences. 2014; 14(4): 360- 70

16. de Villiers JA, Houreld NN, Abrahamse H. Influence of low intensity laser irradiation on isolated human adipose derived stem cells over 72 hours and their differentiation potential into smooth muscle cells using retinoic acid. Stem Cell Rev Rep. 2011; 7(4): 869-82.

17. Baharvand H, Soleimani M, Gourabi H. The Effect Of Low Level Laser Irradiation On Human Embryonic Stem Cells. The cell Journal (Yakhteh). 2005; 7(2): 56-125.

18. Carlos A, Galvão B, Fernanda G, Diego MS, Águida C, Gomes H, Roseana d, Almeida F. Low-level laser irradiation induces in vitro proliferation of mesenchymal stem cells. 2014; 12(1): 75-81.

19. Naderi MS, Razzaghi M, Esmaeeli Djavid Gh, Hajebrahimi Z. A Comparative Study of 660 nm Low-Level Laser and Light Emitted Diode in Proliferative Effects of Fibroblast Cells. J Lasers Med Sci .2017 ; 8(Suppl 1): S46-S50

[Downloaded from icml.ir on 2025-08-23]