

## **Influence of alpha-lipoic acid on survival and proliferation of mesenchymal stem cells**

**Bashiri T, Ghorbanian MT\*, Zavareh S**

School of Biology and Institute of Biological Sciences, Damghan University, Damghan, I. R. Iran.

Received June 29, 2015; Accepted March 15, 2016

---

### **Abstract:**

**Background:** Mesenchymal stem cells (MSCs) contribute to tissue repair in vivo and form an attractive cell source for tissue engineering. The regenerative potential of MSCs is impaired by oxidative stress-induced cellular senescence. Alpha-lipoic acid (ALA) is well-known for its antioxidant properties. The Ki-67 antigen is expressed during all phases of cell cycle ( $G_1$ ,  $S$ ,  $G_2$  and  $M$  phase) except for  $G_0$  phase and is commonly used as a proliferation marker. Herein, the aim of the present study was to investigate the impact of ALA on rat MSCs survival and proliferative potential in vitro.

**Materials and Methods:** Isolated rat bone marrow and derived mesenchymal stem cells were synchronized by serum starvation for 24h and the addition of hydroxyurea (2 $\mu$ M). Afterwards, the cells were cultured in the presence of ALA (1 $\mu$ M) for 48h. An MTT assay was used to investigate cell survival and proliferation. The expression of Ki-67, a proliferation marker, was also evaluated.

**Results:** The MMT assay showed a statistically significant increase in proliferation of MSCs in ALA-treated groups for 48 hours. Immunocytochemistry of Ki-67 revealed significant differences between ALA- treated and Control groups.

**Conclusion:** In conclusion, ALA is effective in increasing the survival and cell proliferation of isolated rat bone marrow and derived mesenchymal stem cells.

**Keywords:** Mesenchymal Stem Cells, Proliferation, Alpha Lipoic Acid, Ki-67 protein

**\* Corresponding Author.**

**Email:** ghorbanian@du.ac.ir

**Tel:** 0098 912 531 8732

**Fax:** 0098 233 522 0112

**Conflict of Interests: No**

*Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, June, 2016; Vol. 20, No 2, Pages 133-140*

**Please cite this article as:** Bashiri T, Ghorbanian MT, Zavareh S. Influence of alpha-lipoic acid on survival and proliferation of mesenchymal stem cells. *Feyz* 2016; 20(2): 133-40.

# بررسی اثر آلفالیپوئیک اسید بر بقا و تکثیر سلول‌های بنیادی مزانشیمی

۱ طاهره بشیری ، محمد تقی قربانیان ، ۲ سعید زواره

خلاصه:

سابقه و هدف: سلول‌های بنیادی مزانشیمی (MSCs) در ترمیم بافت‌های بدن دخیل هستند و منع سلولی جذابی را برای مهندسی بافت تشکیل می‌دهند. پتانسیل تجدیدی آن‌ها توسط پیری سلولی ناشی از استرس اکسیداتیو مختلف می‌شود. آلفا لیپوئیک اسید (ALA) بهدلیل خواص آنتی اکسیدانی به خوبی شناخته شده است. پروتین ۶۷-Ki در تمامی مراحل چرخه سلولی (G<sub>1</sub>, S, G<sub>2</sub> & M) به جز G<sub>0</sub> بیان شده و به طور معمول به عنوان نشانگر تکثیر سلولی شناخته می‌شود. از این‌رو، هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر ALA بر بقا و تکثیر MSCs در شرایط کشت آزمایشگاهی است.

مواد و روش‌ها: سلول‌های بنیادی جدا شده از مغز استخوان موش صحرایی در پاساژ چهارم به مدت ۲۴ ساعت در شرایط فقر سرم قرارداده شد و با افزودن هیدروکسی اوره به غلاظت  $\mu\text{M}$  ۲ همزمانی سلولی انجام شد. پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در حضور ALA  $\mu\text{M}$  ۱ کشت داده شدند. به منظور ارزیابی میزان بقا و تکثیر سلولی از روش‌های MTT و ایمنوسیتوشیمی برای نشانگر ۶۷-Ki استفاده شد.

نتایج: در بخش MTT افزایش میزان تکثیر در گروه‌های که به مدت ۴۸ ساعت با ALA بیمار شده بودند، مشاهده شد. ارزیابی ایمنوسیتوشیمی برای نشانگر ۶۷-Ki افزایش معنی‌داری را در گروه بیمار نسبت به گروه کنترل نشان داد.

نتیجه گیری: می‌توان گفت ALA در افزایش میزان بقا و تکثیر سلول‌های بنیادی جدا شده از مغز استخوان موش صحرایی موثر است.

وازگان کلیدی: سلول‌های بنیادی مزانشیمی، تکثیر سلولی، آلفا لیپوئیک اسید، پروتین ۶۷

دو ماهنامه علمی- پژوهشی فیض، دوره بیستم، شماره ۲، خرداد و تیر، ۱۳۹۵، صفحات ۱۴۰-۱۳۳]

سلول‌های بنیادی مزانشیمی از سایر بافت‌های مزانشیمی مثل بند ناف، خون بند ناف، درمیس، بافت چربی، خون محیطی، جفت و پالپ دندان، بافت همبند، تاندون، غشای سینوویال، مایع آمنیوتیک، خون قاعدگی و بافت لیمبال جدا شده‌اند [۴-۸]. برخلاف سایر سلول‌های بنیادی مثل سلول‌های بنیادی جنبی و سلول‌های بنیادی عصبی، سلول‌های بنیادی مزانشیمی را می‌توان از خود بیمار Allo-(Autocell-transplantation) و یا از دهنده سالم (stem cell transplantation) و از بافت‌های مزانشیمی مثل چربی، مغز استخوان و بند ناف تأمین نمود. بنابراین، سلول‌های بنیادی مزانشیمی منبع مناسبی برای پژوهشکی ترمیمی محسوب می‌شوند [۸]. سلول‌های بنیادی در محیط‌های برون‌تنی و درون‌تنی علی‌رغم خودتکثیری به دلیل عوامل داخلی و خارجی به سوی پیری سوق داده می‌شوند. از انواع سلول‌های بنیادی، HSC‌ها و MSC‌ها در محیط برون‌تنی تحت تأثیر عوامل خارجی دچار فرآیند پیری می‌گردند. سلول‌های بنیادی در محیط درون‌تنی به طور خودتکثیری پیر می‌شوند. هم‌چنین، در محیط برون‌تنی با وجود خودتکثیری زیاد، کشت طولانی مدت آن‌ها با بروز علائم پیری شامل کاهش توانایی تکثیر و تمايز، کاهش تعداد CFU‌ها، افزایش تعداد سلول‌های پهن و بزرگ، افزایش تشکیل هتروکروماتین غیرطبیعی، افزایش سوپر-اکسیدهای درونزا و توقف در چرخه سلولی می‌باشد [۹-۱۱]. همان‌گونه که برخی عوامل پیری را سرعت می‌بخشند، گروهی دیگر از عوامل موجب ممانعت از پیری می‌شوند که یکی از آن‌ها

مقدمه

بسیاری از بافت‌ها و اندام‌های بدن دارای جمعیت کوچکی از سلول‌های بنیادی و سلول‌های پیش‌ساز هستند. سلول‌های بنیادی، سلول‌های تخصص نیافته‌ای هستند که به طرز شگفت‌آوری توانایی خودتکثیری و هم‌چنین تمایز به یک یا چند نوع سلول تخصص یافته را دارند. این سلول‌ها نقش بسیار مهمی در هموستازی و ترمیم بافت و اندام‌های جنبی هستند و در جنبی مسئول تولید و تکوین بافت و اندام‌های جنبی هستند و در بزرگسالان در نگهداری از بافت و ترمیم بعد از جراحت نقش دارند [۱-۳]. سلول‌های بنیادی مزانشیمی (MSCs) سلول‌های بنیادی بزرگسالی هستند که به دودمان مزودرمی تعلق داشته و برای اولین بار به صورت سنتی در مغز استخوان یافت شده و سلول‌های مزانشیمی مغز استخوان (Bone marrow mesenchymal stem cells) نامیده شدند.

۱ کارشناسی ارشد بافت شناسی و جنبی شناسی، گروه سلولی و مولکولی دانشکده زیست شناسی، دانشگاه دامغان

۲ استادیار، گروه سلولی و مولکولی، دانشکده زیست شناسی و پژوهشکده علوم زیستی، دانشگاه دامغان

\*نشانگر نویسنده مسئول:

دامغان، دانشگاه دامغان، دانشکده زیست شناسی و پژوهشکده علوم زیستی، گروه سلولی و مولکولی

تلفن: ۰۲۳۳۵۲۲۰۱۱۲ دوچرخه‌سواری: ۹۱۲۵۳۱۸۷۳۲

پست الکترونیک: ghorbanian@du.ac.ir

تاریخ پذیرش نهایی: ۹۴/۱۲/۲۵ تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۸

۰/۰۲ درصد (Merck) سلول‌ها از کف فلاسک جدا شده و با تراکم  $5 \times 10^5$  subculture تهیه شد. ارزیابی حیات سلولی به روش هموسایتومتر انجام شد (پنج بار تکرار). گروه‌های مورد بررسی در این بخش عبارت بودند از: گروه کنترل (اول): سلول‌ها از ابتدا تا پایان آزمایش در شرایط بدون تیمار کشت شدند؛ گروه تیمار (دوم): سلول‌ها به مدت ۴۸ ساعت بعد از هم‌زمان شدن باALA تیمار شدند؛ گروه تیمار (سوم): سلول‌ها پس از پاساز چهارم باALA تیمار شدند؛ گروه تیمار (چهارم): سلول‌ها از ابتدا کشت تا زمان بررسی باALA تیمار شدند؛ گروه تیمار (پنجم): سلول‌ها از ابتدا تا قبل از ۴۸ ساعت آخر باALA تیمار شدند؛ و گروه تیمار (ششم): سلول‌ها از ابتدا تا قبل از همزمانی باALA تیمار شدند.

#### ارزیابی بقا و تکثیر سلولی به روش MTT

مقایسه ارزیابی حیات BMSCs به روش MTT (Sigma) انجام شد (بیش از پنج نمونه در هر گروه). به این منظور سلول‌های پاساز ۲ با تراکم  $2 \times 10^3$  سلول در هر چاهک پلیت ۹۶ خانه کشت شد. سلول‌ها به مدت ۲۴ ساعت در محیط فاقد سرم قرار گرفته و بعد از گذشت این زمان به مدت ۱۸ ساعت در محیط حاوی سرم و ۲ میلی‌مولار از هیدروکسی اوره قرار داده شدند. پس از سپری شدن این زمان سلول‌ها با PBS شسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در محیط حاوی ۱ میکرومولار از ماده ALA تیمار شدند. تنها سلول‌های گروه چهارم در تمام این مراحل ماده ALA را دریافت می‌کردند. سپس، محیط قبلی را خارج کرده و به هر کدام از چاهک یا خانه‌ها ۱۰۰ میکرولیتر محیط کشت MEM-۵ mg/ml MTT را فاقد سرم به همراه ۱۰ میکرولیتر محلول α افزوده و در شرایط ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. پس از ۴ ساعت ۸۵ میکرولیتر از محیط رویی را برداشته و ۵۰ میکرولیتر دی‌متیل‌سولفونکساید (DMSO) اضافه گردید. مدت ۱۰ دقیقه انکوبه شده و سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۴۰ nm با دستگاه ELISA reader (BioTek) اندازه گیری شد. پس از بررسی نتایج MTT گروه‌های (اول، دوم و چهارم) که بیشترین میزان تکثیر سلولی را نشان دادند در بخش دوم انتخاب شدند.

#### ایمنوستیوژنیکی برای نشان‌گر Ki-67

برای انجام ایمنوستیوژنیکی علیه آنتی‌ژن Ki-67 ابتدا سلول‌ها با PBS شسته و شو داده شده و سپس توسط پارافرمالدید ۴ درصد ثبوت انجام شد. انکوباسیون سلول‌ها در محلول حاوی سرم بز ۱۰ درصد با تریتون ۰/۳ درصد و آنتی‌بادی اولیه

ترکیبات آنتی‌اکسیدان هستند. آنتی‌اکسیدان درمانی، آنتی‌اکسیدانی است که از طریق غذا جذب می‌شود و به سادگی در بافت‌ها و سلول‌ها به صورت قابل استفاده تبدیل می‌شود. آلفا لیپوییک اسید همه این ویژگی‌ها را داشته و یک آنتی‌اکسیدان درمانی بالقوه است [۱۲].ALA برای متابولیسم در میکروب‌ها تا انسان ضروری است و بدغونه یک کوفاکتور ضروری برای آلفاکتواسیدهیدروژناز میتوکندریابی می‌باشد [۱۳-۱۶].ALA در آب و چربی حل می‌شود و به راحتی از غشا عبور کرده و خود را به تمام اجزای سلولی می‌رساند [۱۷، ۱۸]. بنابراین، هدف این مطالعه بررسی اثرALA بر بقا و تکثیر سلول‌های بینادی مزانشیمی در شرایط برون‌تنی است.

#### مواد و روش‌ها

مراحل انجام آزمایش به ترتیب عبارت بودند از: جداسازی و کشت BMSCs از موش صحرایی بالغ نژاد ویستان و کشت آن تا پاساز چهارم؛ هم‌زمان کردن سلول‌ها با روش ترکیبی: کشت سلول‌ها در محیط فاقد سرم به مدت ۲۴ ساعت و سپس اضافه کردن ماده هیدروکسی اوره (HU) با غلظت ۲ mM به مدت ۱۸ ساعت؛ شستن سلول‌ها با محلول فستات بافر سالین (PBS) و تیمار سلولی در محیط حاوی  $\mu\text{M}$ ALA با غلظت ۱ به مدت ۴۸ ساعت؛ اثر آنتی‌اکسیدان ALA بر سلول‌های کشت داده شده که در دو بخش بررسی شد: بررسی بقا و تکثیر سلولی با استفاده از Methylthiazoldiphenyl Tetrazolium Bromide؛ روش (MTT)؛ و بررسی تکثیر سلول‌ها با نشان‌گر Ki-67

#### استخراج و کشت سلول‌ها

به منظور رعایت اصول اخلاقی کار بر روی حیوانات، کلیه مراحل تحقیق حاضر براساس دستور کار کمیته اخلاقی دانشکده زیست‌شناسی دانشگاه دامغان انجام شد. در این مطالعه تجربی از موش صحرایی بالغ نژاد ویستان استفاده گردید. حیوانات توسط کلروفرم (Merck) به صورت عمیق بیهوش شده و با رعایت شرایط استریل MSCs از مغز استخوان‌های فمور و تibia استخراج شد [۱۹، ۲۰]. پس از استخراج در محیط α-MEM (Fetal bovine serum- Gibco) (Gibco) غنی شده با ۱۰ درصد سرم (Gibco) و پنی سیلین-استرپوامایسین (Gibco) یک درصد در فلاسک  $25\text{cm}^2$  کشت داده شده و به انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و  $5\text{CO}_2$  درصد انتقال داده شد. پس از ۷۲ ساعت با تعویض محیط سلول‌های شناور از سلول‌های چسبیده به کف فلاسک جدا گردیدند. پس از رسیدن سلول‌ها به تراکم ۸۰ تا ۹۰ درصد، به کمک تریپسین (Gibco) یک درصد همراه با

اين سلولها در مقالات قبلی گزارش شده است و از تكرار آن خودداری می شود [۲۱، ۲۲]. بررسی معمولی تکثیر سلولی از نظر زمان به پاساز رسیدن و نیز شمارش سلولی بهروش هموسایتومنتر نشان می دهد که گروه تیمار با ALA رشد سریع تری نسبت به گروه کنترل داشته است که با نتایج MTT هم خوانی دارد.

نتایج بررسی بقا و تکثیر سلولی با روش MTT  
بقا و تکثیر سلولها در ۶ گروه مورد بررسی قرار گرفت (نمودار شماره ۱). نتایج این بخش نشان داد که از نظر بقا و تکثیر سلولی همه گروههای تیمار شده به جز گروه تیمار دوم، نسبت به گروه کنترل افزایش داشته که این اختلاف از نظر آماری معنی دار است. همچنین، از نظر آماری گروههای تیمار اول و تیمار پنجم دارای اختلاف معنی دار بودند. گروههای تیمار اول، سوم و چهارم با یکدیگر تفاوت معنی داری نشان ندادند ( $P < 0.05$ ): جداول شماره ۱ و ۲ و نمودار شماره ۱. آنالیز واریانس یک طرفه نتایج حاصل از آزمایش MTT نشان داد که بین گروههای مختلف آزمایشی از لحاظ آماری تفاوت معنی داری وجود دارد: ( $P = 0.0001$ ;  $P = 0.0001$ ؛  $P = 0.0001$ )

$$F(3,5) =$$

جدول شماره ۱- میانگین و انحراف معیار در صد بقا در گروههای

مطالعه

گروههای آزمایش	میانگین	انحراف از معیار
کنترل	۰/۲۹۸۲	۰/۰۲
تیمار ۱	۰/۵۴۳۳	۰/۰۴
تیمار ۲	۰/۳۰۰۷	۰/۰۱
تیمار ۳	۰/۵۲۸۳	۰/۰۲
تیمار ۴	۰/۰۵۱۷	۰/۰۲
تیمار ۵	۰/۵	۰/۰۱

نجام گردید. پس از شست و شوی سلولها با PBS در آنتی بادی ثانویه کونژوگه با Goat anti rabbit IgG- IP132F FITC در شرایط تاریکی و دمای  $37^{\circ}\text{C}$  به مدت یک ساعت انکویه شدند. DAPI (4',6-diamidino-2-phenylindole) برای رنگ آمیزی هسته، سلولها با میکروسکوپ فلورسنت (Nikon Eclipse, E 600, Japan) و به کمک سیستم تصویر برداری دوربین دیجیتال (Nikon, DXM 120, USA) مشاهده شدند. به منظور تأیید شمارش سلولی تصاویر تهیه شده توسط نرم افزار Z Image ارزیابی کمی شد. DAPI یک نوع رنگ فلورسنت است که به نواحی غنی از آدنوزین- تیmidین در DNA متصل می شود. DAPI می تواند از غشای سلولهای سالم عبور کرده و بنابراین برای رنگ آمیزی سلولهای زنده و ثابت شده مورد استفاده قرار گیرد. برای بررسی میزان تکثیر و شمارش کل سلولها از رنگ آمیزی استفاده شد.

#### آنالیز آماری

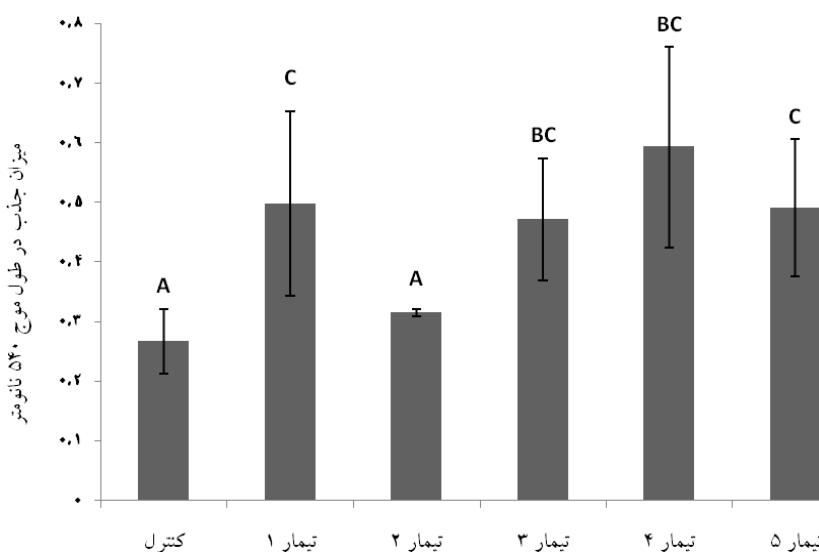
برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS ویرایش ۱۶ استفاده شد. برای بررسی اختلاف معنی دار بین گروه ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و به دنبال آن آزمون تكمیلی Tukey انجام گرفت و سطح معنی داری  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد. در نهایت نمودارهای مربوطه توسط نرم افزار Excel 2013 رسم گردید.

#### نتایج

ویژگی های مورفولوژیکی، ماهیت و نیز توان تمایزی

جدول شماره ۲- حالت های مختلف مقایسه بین گروه های آزمایشی (تست تکمیلی Tukey):  $P$

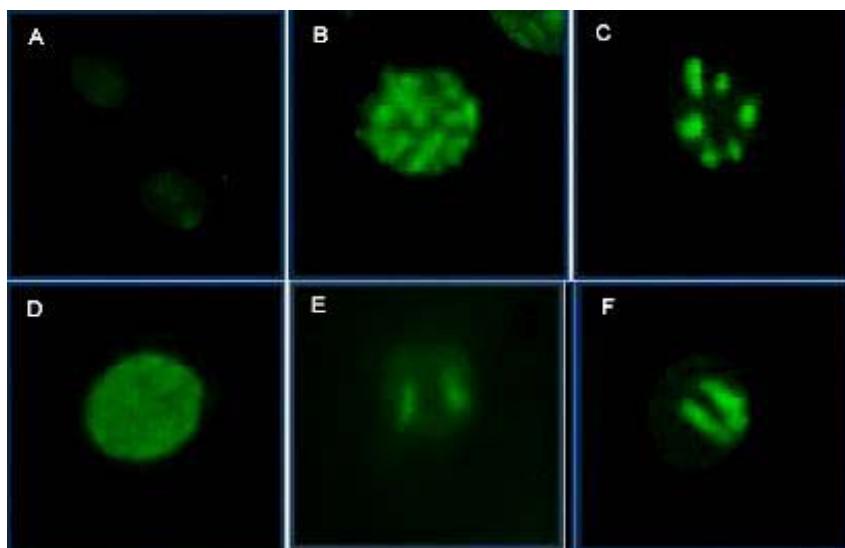
تیمار ۵	تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱	کنترل	گروه
<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۱	<۰/۰۰۰۱		کنترل
۰/۱۳۸۷	۰/۱۳۸۷	۰/۱۳۸۷	۰/۱۳۸۷		<۰/۰۰۰۱	تیمار ۱
۰/۱۳۸۷	۰/۱۳۸۷	۰/۱۳۸۷		۰/۱۳۸۷	۱	تیمار ۲
۰/۱۳۸۷	۰/۱۳۸۷		۰/۱۳۸۷		<۰/۰۰۰۱	تیمار ۳
۰/۱۳۸۷		۰/۱۳۸۷	۰/۱۳۸۷		<۰/۰۰۰۱	تیمار ۴
	۰/۱۳۸۷	۰/۱۳۸۷	۰/۱۳۸۷	۰/۱۳۸۷	<۰/۰۰۰۱	تیمار ۵



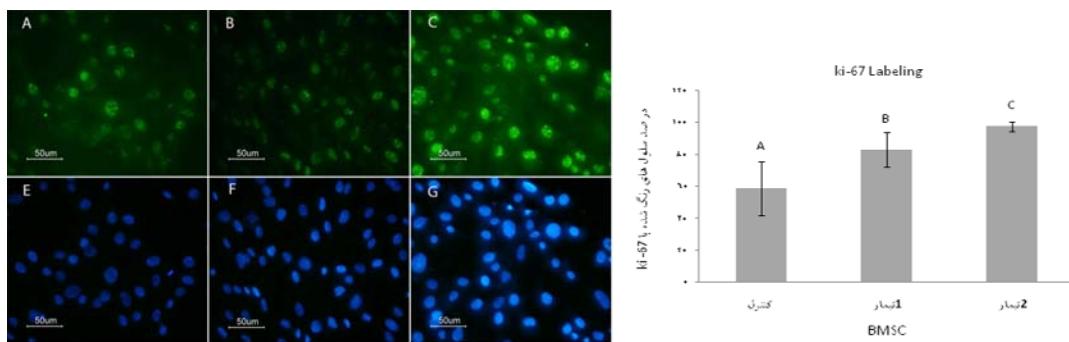
نمودار شماره ۱- مقایسه تکثیر سلول‌های BMSC در گروه‌های مطالعه. ستون‌های A، B و C با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.  
 $(P<0.05)$ .

سلول‌های Ki-67 مثبت در BMSCs گروه‌های تیمار اول (به مدت ۴۸ ساعت در معرض تیمار باALA بودند) و تیمار دوم (سلول‌ها از ابتدای کشت تا زمان بررسی با مادهALA تیمار شدند) در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود که این افزایش از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان داد. علاوه بر این، گروه‌های تیمار اول و دوم نیز باهم دارای اختلاف معنی‌دار بودند ( $P<0.05$ : نمودار تصویر ۱).

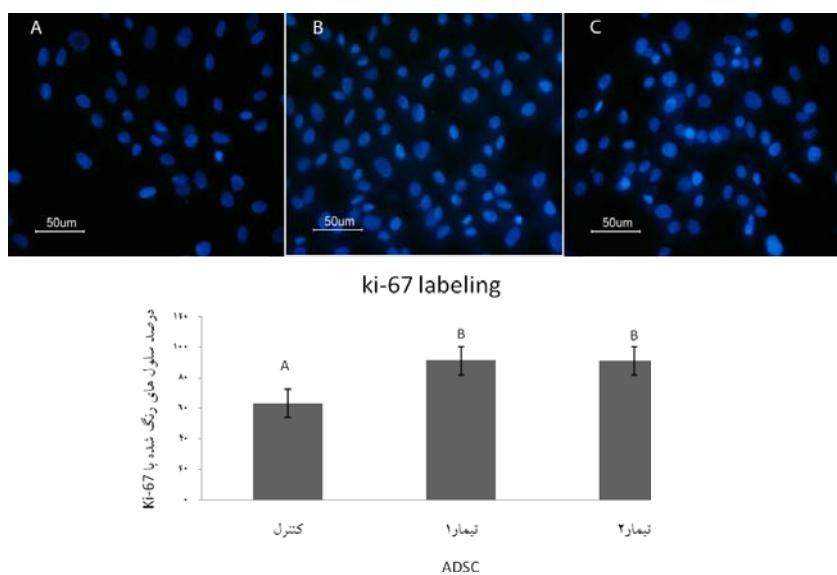
نتایج ایمنوستیتوشیمی برای نشان گر Ki-67 همان‌گونه که در تصاویر دیده می‌شود (تصاویر ۱، ۲ و ۳) هسته سلول‌های رنگ شده با آنتی‌بادی ثانویه کوتزوج با FITC به سادگی قابل شمارش هستند. در هر گروه ۲۰ میدان دید (فیلد میکروسکوپی) به صورت تصادفی مورد شمارش قرار گرفتند. تعداد کل سلول‌ها در هر میدان دید با شمارش هسته‌های رنگ شده با DAPI مشخص می‌باشد. میزان سلول‌های Ki-67 مثبت نسبت به کل سلول‌ها سنجیده شد. با توجه به نتایج حاصل تعداد



تصویر شماره ۱- نمای میکروسکوپ فلورسنت از مورفولوژی هسته سلول‌های نشان‌دار شده با Ki-67 در فاز G<sub>0</sub>. A: سلول در فاز G<sub>1</sub> که ۱۰ تا ۵۰ نقطه ریز درخشنان در هسته. B: سلول در فاز S که قطر دانها بیشتر و تعداد آنها کمتر شده است. C: سلول در ابتدای میتوز که رنگ آمیزی یکنواختی را نشان می‌دهد. D: کروموزم‌های هسته سلول را در میتوز نشان می‌دهد (بزرگنمایی با عدسی 40X).



تصویر شماره ۲- مشاهده BMSCs رنگ شده با FITC برای نشان گر Ki-67 توسط میکروسکوپ فلورسنت. تصاویر A, B و C مربوط به گروههای سلولی کنترل، گروه تیمار ۱ (ALA) و گروه تیمار ۲ (در تمام طول مدت آزمایش تیمار با ALA) که با نشان گر Ki-67 رنگ گرفته‌اند. تصاویر پایین همان تصاویر بالا که با رنگ DAPI مشاهده می‌شوند. نمودار مقایسه درصد سلول‌های Ki-67 مثبت یا تکثیر شده مربوط به گروههای کنترل و تیمار ۱ و گروه تیمار ۲ به ترتیب ستون‌های A, B و C که با یکدیگر اختلاف معنی دار دارند ( $P<0.05$ ).



تصویر شماره ۳- نمای میکروسکوپ ایمنوفلورسانس BMSCs رنگ شده با DAPI. A. گروه کنترل BMSCs. B. گروه تیمار اول، C: گروه تیمار دوم که افزایش در تراکم سلول‌ها در گروههای تیمار شده با ALA دیده می‌شود. نمودار مقایسه BMSCs رنگ شده با DAPI در گروههای تیمار به مدت ۴۸ ساعت و گروه دوم که در تمام طول آزمایش تیمار شده بودند. افزایش تعداد سلول‌ها دیده می‌شود که این افزایش در تمامی گروه‌ها با یکدیگر اختلاف معنی دار را نشان می‌دهند ( $P<0.05$ ).

می‌توان از پروتئین‌ها و فاکتورها مکمل استفاده کرد. این امر موجب بدست آمدن محیط فیزیولوژیکی می‌شود که در آن سلول‌ها بالاترین تکثیر و تمایز را بدست آورند [۲۳]; چراکه سلول درمانی نیازمند تهیه تعداد زیادی سلول بنیادی در محیط آزمایشگاه است [۲۴]. در محیط داخلی بدن موجود زنده سوخت‌وساز یک سلول توسط برهمنکش با متابولیت‌ها و انواع مختلف سلول‌ها کنترل می‌شود. وقتی سلول از محیط و بافت اصلی خود جدا شده و کشت داده می‌شود نیازهای غذایی آن تغییر می‌کند [۲۳]. یکی از عواملی که موجب تغییر در فعالیت‌های تکثیری و مورفوژی سلول‌ها در پاساژهای مختلف می‌شود، عدم تعادل بین آنزیم‌های آنتی اکسیدانی آن است [۲۵]. به همین منظور در این پژوهش

## بحث

کشت طولانی مدت سلول‌های بنیادی برای مقاصد درمانی با مشکلاتی همراه است که یکی از آن‌ها پیری سلولی است. کاهش سرعت تکثیر و طولانی شدن مراحل رشد سلولی از نشانه‌های پیری سلولی است. بدلیل گزارش‌های متعدد خاصیت آنتی-اکسیدانی ALA این مطالعه به بررسی بقا و تکثیر BMSCs موش صحرایی پس از هم‌زمان سازی چرخه سلولی با تیمار ALA پرداخته است. کشت سلول‌های بنیادی مزانشیمی نیازمند مطالعه برای بهبود شرایط کشت می‌باشد. این شرایط باید مانع از پیری و غیرفعال شدن این سلول‌ها در پاساژهای بالاتر شود. برای حمایت از سلول‌ها و بالا بردن رشد و فعالیت آن‌ها در شرایط برون‌تنی

ارزیابی کمی تکثیر سلولی استفاده شده است [۳۰-۳۳]. هم‌چنین، Stein و همکاران از این نشان‌گر برای تعیین مراحل چرخه سلولی و مراحل تقسیم میتوز نیز استفاده نموده‌اند [۳۰]. مطالعه حاضر نیز با الگو قرار دادن گزارش مذکور مراحل چرخه سلولی را در تصویر شماره ۱ نشان داد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در گروه BMSCs تیمار با ماده ALA سلول‌ها تکثیر بیشتری را نسبت به گروه فاقد تیمار نشان دادند. هم‌پوشانی نتایج MTT و ایمنوستیتوشیمی برای نشان‌گر Ki-67 و شمارش کل سلول‌ها با DAPI مهم بوده و بر نقش ALA بر بقا و تکثیر این سلول‌ها تأکید می‌نماید. بررسی‌ها نشان می‌دهد ALA موجب جلوگیری از آپوپتوز می‌شود [۲۸]. در سلول‌های شباهستوپلاست که با ALA تیمار شده‌اند، بیان ژن‌های آنزیم‌های آتنی اکسیدانی افزایش یافته و بیان ژن‌های دخیل در مسیر آپوپتوز مثل P53 و کاسپاز ۳ کاهش می‌باید [۱۵]. ALA با خاصیت آتنی اکسیدانی قوی سلول را در برابر استرس محافظت می‌کند [۳۴]. این مطالعه نیز نشان داد که ALA موجب افزایش بقا و تکثیر سلول‌های بنیادی مزانشیمی می‌شود.

### نتیجه‌گیری

بقا و تکثیر سلول‌های بنیادی مزانشیمی مشتق از مغز استخوان موش صحرایی در محیط کشت حاوی آلفا لیپوئیک اسید با غلظت ۱ میکرومولار افزایش می‌باید. بنابراین، می‌توان این آتنی-اکسیدان را برای بهبود شرایط کشت سلول‌های بنیادی مزانشیمی پیشنهاد کرد.

### تشکر و قدردانی

این مطالعه برگرفته از پایان‌نامه خانم طاهره بشیری دانش-آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه دامغان می‌باشد. از دانشکده و پژوهشکده علوم زیستی دانشگاه دامغان بابت پرداخت همه هزینه‌ها و از آقای ابوطالب کوشای کارشناس آزمایشگاه و خانم مریم رمضانی سپاسگزاری می‌گردد.

### References:

- [1] Rossi DJ, Jamieson CH, Weissman IL. Stems cells and the pathways to aging and cancer. *Cell* 2008; 132(4): 681-96.
- [2] Nadig RR. Stem cell therapy. Hype or hope? A review. *J Conserv Dent* 2009; 12(4): 131-8.
- [3] Rao MS, Mattson MP. Stem cells and aging: expanding the possibilities. *Mech Ageing Dev* 2001; 122(7): 713-34.
- [4] Kitada M, Dezawa M. Parkinson's disease and mesenchymal stem cells: potential for cell-based therapy. *Parkinsons Dis* 2012; 2012: 873706.
- [5] Sethe S, Scutt A, Stolzing A. Aging of mesenchymal stem cells. *Ageing Res Rev* 2006; 5(1): 91-116.
- [6] Vishnubalaji R, Al-Nbaheen M, Kadalmali B, Aldahmash A, Ramesh T. Comparative investigation of the differentiation capability of bone-marrow- and adipose-derived mesenchymal stem cells by qualitative and quantitative analysis. *Cell Tissue Res* 2012 ; 347(2): 419-27.
- [7] Bellantuono I, Aldahmash A, Kassem M. Aging of marrow stromal (skeletal) stem cells and their

ویژگی‌های بقا و تکثیر سلول‌های بنیادی مزانشیمی در حضور آتنی اکسیدان آلفا لیپوئیک اسید مورد بررسی قرار گرفت. در MSCs شرایط کشت طولانی‌مدت با تغییرات مورفولوژی، بیان آتنی ژن-های سطحی و نیز توان تمایزی روبه‌رو می‌شود [۲۶]. بهبود شرایط کشت و کنترل سلول‌های بنیادی یکی از اهداف پژوهش‌های سلول‌های بنیادی است که در این مطالعه به آن پرداخته شده است. در گام نخست باید مورفولوژی و ماهیت سلول‌ها بنیادی مزانشیمی مورد بررسی و تایید قرار گیرد که در مقالات پیشین گزارش شده است [۲۲, ۲۱]. براساس نتایج به دست آمده تفاوت در میزان تکثیر سلول‌های BMSCs تیمار شده با ALA نسبت به گروه کنترل مشاهده شد. کاهش در زمان رسیدن به پاساژ در سلول‌های تیمار شده با ALA به‌وضوح مشاهده شد. علاوه بر مشاهدات روزانه با میکروسکوپ اینورت، شمارش سلولی با روش هموسایتو‌متر نیز این افزایش در تعداد سلولی را در گروه تیمار با ALA نشان داد. در این پژوهش BMSCs به مدت ۲۴ ساعت در شرایط فقر سرم و G<sub>0</sub> ساعت در معرض HU بودند. فقر سرم سلول‌ها را به فاز G<sub>0</sub> برده و HU آن‌ها را در فاز S متوقف می‌کند. فقر سرم موجب ایجاد ۹۵ درصد هماهنگی در چرخه سلول‌ها می‌شود [۲۷]. بررسی نتایج به دست آمده از روش MTT نشان داد که تیمار با ALA در محیط کشت BMSCs باعث افزایش میزان بقا و تکثیر سلول‌ها نسبت به گروه کنترل می‌شود. بنابراین، ماده ALA موجب افزایش نرخ تکثیر سلول‌ها می‌شود. هم‌سو با نتایج به دست آمده نشان داده شده است ALA تکثیر سلول‌های مزانشیمی خواهد بود. در میزان ۴۰ درصد نسبت به گروه کنترل افزایش می‌دهد [۲۸]. Ki-67 پروتئینی است که در تمام مراحل چرخه سلولی بیان می‌شود. پاسخ مثبت سلول‌ها به نشان گر Ki-67 نشان دهنده تکثیر سلولی است و برای مقایسه سلول‌ها در فاز خاموشی و در حال تکثیر استفاده می‌شود [۲۹]. استفاده از شاخص‌های اندازه‌گیری کمی تکثیر سلولی نظری Brdu و Ki-67 در محیط‌های برون‌تنی و درون‌تنی متداول است. در مطالعات اخیر از این نشان‌گر به صورت گسترده (با روش ایمنوستیتوشیمی) برای

- contribution to age-related bone loss. *Biochim Biophys Acta* 2009; 1792(4): 364-70.
- [8] Dvorakova J, Hruba A, Velebny V, Kubala L. Isolation and characterization of mesenchymal stem cell population entrapped in bone marrow collection sets. *Cell Biol Int* 2008; 32(9): 1116-25.
- [9] Shay JW, Wright WE. Hayflick, his limit, and cellular ageing. *Nat Rev Mol Cell Biol* 2000; 1(1): 72-6.
- [10] Maslov AY, Vijg J. Genome instability, cancer and aging. *Biochem Biophys Acta* 2009; 1790(10): 963-9.
- [11] Campisi J. Cellular senescence as a tumor-suppressor mechanism. *Trends Cell Biol* 2001; 11(11): S27-31.
- [12] Packer L, Witt EH, Tritschler HJ. alpha-Lipoic acid as a biological antioxidant. *Free Radic Biol Med* 1995; 19(2): 227-50.
- [13] Lee WJ, Kim SH, Kim GH, Han SM, Won JC, Jung CH, et al. Alpha-lipoic acid activates dimethylarginine dimethylaminohydrolase in cultured endothelial cells. *Biochem Biophys Res Commun* 2010; 398(4): 653-58.
- [14] Smith JR, Thiagaraj HV, Seaver B, Parker KK. Differential activity of lipoic acid enantiomers in cell culture. *J Herb Pharmacoth* 2005; 5(3):43-54.
- [15] Xiao Y, Cui J, Shi Y, Le G. Alpha-lipoic acid protects against hydrogen peroxide-induced oxidative stress in MC3T3-E1 osteoblast-like cells. *J Funct Foods* 2012; 4(3): 642-49.
- [16] Petersen Shay K, Moreau RF, Smith EJ, Hagen TM. Is alpha-lipoic acid a scavenger of reactive oxygen species in vivo? Evidence for its initiation of stress signaling pathways that promote endogenous antioxidant capacity. *IUBMB Life* 2008; 60(6): 362-7.
- [17] Packer L. alpha-Lipoic acid: a metabolic antioxidant which regulates NF- $\kappa$ B signal transduction and protects against oxidative injury. *Drug Metab Rev* 1998; 30(2): 245-75.
- [18] Goraca A, Huk-Kolega H, Piechota A, Kleniewska P, Ciejka E, Skibska B. Lipoic acid - biological activity and therapeutic potential. *Pharmacol Rep* 2011; 63(4): 849-58.
- [19] Azizi SA, Stokes D, Augelli BJ, DiGirolamo C, Prockop DJ. Engraftment and migration of human bone marrow stromal cells implanted in the brains of albino rats--similarities to astrocyte grafts. *Proc Natl Acad Sci USA* 1998; 95(7): 3908-13.
- [20] Ferreira A. Abnormal synaps formation in agrin-depleted hippocampal neurons. *J Cell Sci* 1999; 112 (Pt 24): 4729-38.
- [21] Nikoozad Z, Ghorbanian MT, Rezaei A. Comparison of the liver function and hepatic specific genes expression in cultured mesenchymal stem cells and hepatocytes. *Iran J Basic Med Sci* 2014; 17(1): 27-33.
- [22] Ghorbanian MT, Haji Ghasem Kashani M, Lashkarbolouki T, Hosseinpour L, Mirzaeian L. Characterization of in vitro cultured bone marrow and adipose tissue-derived mesenchymal stem cells and their ability to express neurotrophic factors. *Cell Biol Int* 2012; 36(12): 1239-49.
- [23] Choi KM, Seo YK, Yoon HH, Song KY, Kwon SY, Lee HS, et al. Effect of ascorbic acid on bone marrow-derived mesenchymal stem cell proliferation and differentiation. *J Biosci Bioeng* 2008; 105(6): 586-94.
- [24] Choi JS, Kim BS, Kim JD, Choi YC, Lee EK, Park K, et al. In vitro expansion of human adipose-derived stem cells in a spinner culture system using human extracellular matrix powders. *Cell Tissue Res* 2011; 345(3): 415-23.
- [25] Lindenau A, Fischer B. Effect of oxygen concentration in the incubator's gas phase on the development of cultured preimplantation rabbit embryos. *Theriogenology* 1994; 41(4): 889-98.
- [26] Baker N, Boyette LB, Tuan RS. Characterization of bone marrow-derived mesenchymal stem cells in aging. *Bone* 2015; 70: 37-47.
- [27] Chen M, Huang J, Yang X, Liu B, Zhang W, Huang L, et al. Serum starvation induced cell cycle synchronization facilitates human somatic cells reprogramming. *PloS one* 2012; 7(4): e28203.
- [28] Ferrari C, Olmos E, Balandras F, Tran N, Chevalot I, Guedon E, et al. Investigation of growth conditions for the expansion of porcine mesenchymal stem cells on microcarriers in stirred cultures. *Appl Biochem Biotechnol* 2014; 172( 2): 1004-17.
- [29] Davis PK, Ho A, Dowdy SF. Biological methods for cell-cycle synchronization of mammalian cells. *Biotechniques* 2001; 30(6): 1322-31.
- [30] Becker KA, Ghule PN, Therrien JA, Lian JB, Stein JL, van Wijnen AJ, et al. Self-renewal of human embryonic stem cells is supported by a shortened G1 cell cycle phase. *J Cell Physiol* 2006; 209(3): 883-93.
- [31] Bullwinkel J, Baron-Lühr B, Lüdemann A, Wohlenberg C, Gerdes J, Scholzen T. Ki67 protein is associated with ribosomal RNA transcription in quiescent and proliferating cells. *J Cell Physiol* 2006; 206(3): 624-35.
- [32] Urruticoechea A, Smith IE, Dowsett M. Proliferation marker Ki-67 in early breast cancer. *J Clin Oncol* 2005; 23(28): 7212-20.
- [33] Krawczyk A, Jaworska-Adamu J, Rycerz K. Immunohistochemical evaluation of hippocampal CA1 region astrocytes in 10-day-old rats after monosodium glutamate treatment. *Pol J Vet Sci* 2015; 18(4): 767-74.
- [34] Hiller S, DeKroon R, Hamlett ED, Xu L, Osorio C, Robinette J, et al. Alpha-lipoic acid supplementation protects enzymes from damage by nitrosative and oxidative stress. *Biochim Biophys Acta* 2016; 1860(1 Pt A): 36-45.