

## Evaluation of Beclin 1 and Atg10 gene expression of the autophagy pathway in acute lymphoblastic leukemia patients

Seyede Zahra Hasanpour<sup>1</sup>, Mehdi Allah bakhshian farsani<sup>2</sup>, Abbas Hajifathali<sup>3</sup>, Mohammad hossein Mohammadi<sup>2</sup>

1.Masters student, Department of Hematology, Faculty of Paramedicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2.Assistant Professor, Department of Hematology, Faculty of Paramedicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, Tel:021-22717504, mohamad.mohamadi2@gmail.com

3.Professor, Bone Marrow Transplantation Center, Taleghani Hospital, Tehran, Iran.

### ABSTRACT

**Background and Aim:** Acute lymphoblastic leukemia is the most common cancer in children and juveniles and is also seen in adults with lower frequency. Autophagy is a programmed catabolic process of the cell for destruction of damaged organs and proteins which is carried out by lysozymes. Disruption of autophagy leads to abnormalities in cellular processes associated with cancer.

**Materials and Methods:** In this study, we compared the expression of Beclin 1 and Atg 10 genes between 50 patients with B-ALL and 18 healthy subjects as our control group, by using RNA extraction and cDNA synthesis, and RT-PCR method. Data were analyzed by statistical tests.

**Results:** The majority of B-ALL patients showed a significant reduction in the Beclin1 and Atg 10 genes compared to control group ( $P < 0.05$ ) and the mean expression of the genes ( $2^{-\Delta Ct} \pm SD$ ) were  $0.10 \pm 0.49$  and  $1.01 \pm 0.27$  for ALL patients and control group and  $0.15 \pm 0.44$  and  $1.07 \pm 0.85$  for Atg10 and Beclin1 respectively. There was no significant correlation between expression levels of Beclin1 and Atg10 in these patients ( $r = -0.013$ ,  $P = 0.926$ ).

**Conclusion:** Considering the reduced expression levels in the essential genes of autophagy in ALL patients in our study and also other studies in this field, disruption of autophagy may be involved in leukomogenesis.

**Keyword:** Acute lymphoblastic leukemia, Autophagy, Gene expression, Beclin1, Atg 10, RT-PCR

**Received:** Dec 16, 2018

**Accepted:** Jan 08, 2018

#### How to cite the article:

Hasanpour SZ, Allah Bakhshian Farsani M, Hajifathali A, Mohammadi MH. **Evaluation of Beclin 1 and Atg10 gene expression of the autophagy pathway in acute lymphoblastic leukemia patients.** SJKU 2018; 23 (6): 142-151.

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBY-NC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal.

## بررسی بیان ژن های *Beclin 1* و *Atg10* مسیر اتوفاژی در مبتلایان با لوسمی لنفوبلاستی حاد

سیده زهرا حسن پور<sup>۱</sup>، مهدی اله بخشیان فارسانی<sup>۲</sup>، عباس حاجی فتحعلی<sup>۳</sup>، محمد حسین محمدی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه خون شناسی و بانک خون، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. استادیار، گروه خون شناسی و بانک خون، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، تلفن ثابت: ۲۲۷۱۷۵۰۴-

mohamad.mohamadi2@gmail.com، ۰۲۱

۳. استاد، مرکز پیوند مغز استخوان، بیمارستان آیت الله طالقانی، تهران، ایران.

### چکیده

**زمینه و هدف:** لوسمی لنفوبلاستیک حاد (ALL) سرطانی است که اغلب، کودکان و نوجوانان را در معرض خطر قرار می دهد و با نسبت کمتر در بزرگسالان نیز دیده می شود. اتوفاژی فرایند کاتابولیک برنامه ریزی شده سلول برای تخریب اندامها و پروتئین های آسیب دیده است و این عمل را توسط لیزوزم ها به انجام می رساند. اختلال در اتوفاژی منجر به ناهنجاری هایی در فرآیندهای سلولی می شود.

**روش بررسی:** در این مطالعه، بیان ژن های *Beclin 1* و *Atg10* در ۵۰ بیمار مبتلا به B-ALL در مقایسه با ۱۸ فرد سالم به عنوان شاهد با استفاده از استخراج RNA و سنتز cDNA و در آخر روش RT-PCR و به کارگیری آزمون های آماری ارزیابی شد.

**یافته ها:** اکثر بیماران B-ALL کاهش معنی داری در ژن های *Beclin 1* و *Atg10* را نسبت به گروه شاهد نشان دادند ( $P < 0/05$ ) و میانگین سطح بیان ( $2^{-\Delta Ct} \pm SD$ ) برای بیماران ALL و افراد کنترل به ترتیب  $0/49 \pm 0/10$  و  $0/27 \pm 0/01$  برای *Atg10* و  $0/44 \pm 0/15$  و  $0/85 \pm 0/07$  برای *Beclin 1* بود. همبستگی معنادار بین بیان ژن های *Beclin 1* و *Atg10* در این بیماران مشاهده نشد ( $P = 0/926$ ) و ( $r = -0/013$ ).

**نتیجه گیری:** با توجه به کاهش سطوح بیان شده در ژن های ضروری اتوفاژی در بیماران B-ALL تحت مطالعه ی ما، تصور بر این است که اختلال در اتوفاژی می تواند در لکوموئوزن دخیل باشد و به عنوان عاملی مؤثر در پیشبرد سرطان در نظر گرفته شود.

**کلیدواژه:** لوسمی لنفوبلاستیک حاد، اتوفاژی، بیان ژن، *Beclin 1*، *Atg10*، RT-PCR

وصول مقاله: ۹۶/۹/۲۵ اصلاحیه نهایی: ۹۷/۱۰/۱۷ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۴

## مقدمه

سرطان خون با تکثیر افسار گسیخته‌ی سلول بدخیم در مغز استخوان و خون محیطی بروز می‌کند. در بیماران مبتلا به لوسمی لنفوبلاستی حاد (ALL) اختلال در لنفوبلاست های تمایز نیافته باعث می‌شود این سلول‌ها در مغز استخوان و سیستم لنفاوی به تعداد زیاد تولید و در ادامه وارد جریان خون شوند. در حالی که در افراد سالم این سلول‌ها محدود به مغز استخوان اند (۱). ALL هم در کودکان و هم در افراد بالغ امکان وقوع دارد و نقطه‌ی اوج آن بین سنین ۲ تا ۵ سال است (۲). میزان بقا در لوسمی لنفوبلاستی حاد در دوران کودکی نزدیک ۹۰٪ است، ولی درمان در نوزادان و افراد میان‌سال نیاز به پیشرفت دارد (۳). علت اصلی ALL دقیقه مشخص نیست اما وجود برخی از اختلالات کروموزومی و ژنتیکی در سلول بلاست، فاکتورهای رونویسی کلیدی و مسیرهای سیگنالینگ سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱). با توجه به اینکه ALL رایج‌ترین سرطان در کودکان و نوجوانان است، در بزرگ‌سالان نیز با نسبت کمتری دیده می‌شود. تاکنون پیشرفت های چشمگیری در زمینه‌ی درمان این بیماری انجام گرفته است به طوری که میزان بقای طولانی مدت در کودکان به بیش از ۸۵٪ و در بزرگ‌سالان به حدود ۴۵٪ رسیده است (۳ و ۴) ولی با این وجود هنوز چالش‌هایی در درمان ALL مطرح است که نیازمند بررسی‌های بیشتر در این زمینه است. نظر به اینکه ممکن است در سلول‌های سرطانی مراحل تکثیر، متابولیسم، بقا و در نهایت مرگ سلول دچار اختلال می‌شود، اتوفازی به‌عنوان مکانیسمی حیاتی در سلول که به نوعی در کنترل تکثیر و متابولیسم و همچنین کنترل بقا و مرگ سلولی دخیل است، در بیماران ALL مطرح شده است (۵)؛ بنابراین ممکن است تحقیق روی مکانیسم های کمتر شناخته شده در سلول زمینه را برای شناخت عوامل ایجاد کننده‌ی سرطان فراهم کند و در درمان آن نیز کمک‌کننده باشد. اتوفازی در طی شرایط نامطلوب در سلول، مثل گرسنگی و فقر غذایی در

سلول، هاپوکسی، آسیب به DNA، عفونت با میکرو ارگانیسم‌ها و پاتوژن‌ها و استرس اکسیداتیو در سلول فعال‌تر می‌شود و بقای سلول را حفظ می‌کند (۶). از تنظیم خارج شدن اتوفازی باعث استعداد ابتلا به اختلالات مختلف از جمله سرطان می‌شود. در لوسمی‌ها نیز بسته به زمینه‌ی سلول و فاکتورهای تنظیمی و مسیرهای سیگنالینگ درگیر در سلول، مکانیسم عمل اتوفازی متفاوت است (۷). در طی چند سال اخیر مقالات متعددی نقش اتوفازی را در سلول‌های لوسمیک حاد بررسی کرده اند که نشانگر این است که اتوفازی در لوسمی حاد مانند یک شمشیر دو لبه عمل می‌کند. در برخی از مطالعات گفته شده که اتوفازی مکانیسمی سرکوب‌کننده در برابر تومورزایی و رشد تومور است. این نقش اتوفازی ممکن است به دلیل افزایش تخریب پروتئین‌هایی باشد که منجر به تحریک رشد سلولی می‌شوند و در صورتی که تعداد این پروتئین‌ها در سیتوزول کاهش نیابد ممکن است به تکثیر افسار گسیخته سلول منجر شود (۸). همچنین اتوفازی با حذف ارگان‌های آسیب دیده مثل میتوکندری و پراکسی زوم که حاوی گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS) هستند، از آسیب به DNA ی سلول جلوگیری می‌کند و باعث کاهش ریسک جهش و کاهش ناپایداری در ژنوم می‌شود؛ بنابراین از ایجاد تومور و رشد آن جلوگیری می‌کند (۹). برخلاف نقش تومورسپرسوری، اتوفازی ممکن است با مقاومت در برابر داروهای شیمی‌درمانی و مکانیسم‌های مختلف به بقای سلول سرطانی نیز کمک کند و یک الفاکنده تومور به حساب بیاید، به‌خصوص در سرطان‌های توپر به دلیل آنژیوژنز و عدم وجود مواد مغذی کافی برای سلول و یا در سلول‌های متاستازی که به علت جدایی از ماتریکس خارج سلولی و مهاجرت، سلول‌های سرطانی با کمبود انرژی مواجه می‌شوند، اتوفازی به عنوان مکانیسمی محافظتی زمینه و انرژی مورد نیاز برای رشد سلول سرطانی را فراهم می‌کند. علاوه بر این، اتوفازی ممکن است با تخریب میتوکندری

اساس در این پژوهش، تلاش بر آن بوده است که با در نظر داشتن طبقه‌بندی بیماران مبتلایان به ALL به ۴ زیرگروه pro B-ALL، early pre B-ALL، pre B-ALL و mature ALL، سطح بیان ژن‌های مرتبط با مسیراتوفازی شامل *Beclin 1* و *Atg 10* در این بیماران نسبت به افراد سالم بررسی شود.

### روش بررسی

جمعیت مورد مطالعه: این پژوهش از نوع مورد-شاهد است. در این پژوهش، ۵۰ بیمار مبتلا به لوسمی لنفوبلاستی حاد از نوع B-ALL (پس از اخذ رضایت کامل از تمامی آن‌ها) و همچنین ۱۸ فرد به ظاهر سالم به عنوان گروه کنترل مورد بررسی قرار گرفتند. انتخاب بیماران بر حسب ترتیب مراجعه‌ی آن‌ها به مراکز درمانی تحت مطالعه در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶، در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام شده است و برای انتخاب گروه کنترل نیز همسان‌سازی مطرح نبوده است. تشخیص با توجه به مشاهده‌ی مورفولوژی سلول‌ها روی لام خون محیطی (PB) یا لام مغز استخوان (BM) و تعیین ایمونوفنوتایپ سلول‌ها با فلوسایتومتری و آزمایش مولکولی انجام گرفت. طبق نظام طبقه‌بندی فرانسوی-آمریکایی-بریتانیایی (FAB)، بیماران به چهار زیرگروه شامل pro B-ALL، early pre B-ALL، pre B-ALL و mature B-ALL تقسیم شدند. برای فلوسایتومتری، از آنتی‌بادی‌های در برابر CD10، CD19، CD20، TDT و CD22 استفاده شد.

استخراج RNA و سنتز cDNA:

برای تعیین سطح بیان mRNA بلافاصله پس از نمونه‌برداری، سلول‌های تک‌هسته‌ای در نمونه‌ی خون محیطی با استفاده از سانتریفوژ شدن فایکول جدا شدند و دو بار با بافر فسفات (PBS) شسته شدند. استخراج RNA با استفاده از کیت Qiagen(USA) و بر اساس پروتکل انجام شد. سپس کیفیت RNA ی استخراج شده با استفاده

های آسیب‌دیده‌ی حاوی ROS در حفظ سلول سرطانی کمک‌کننده باشد (۸ و ۹). اتوفازی به طور گسترده به فرایندهای کاتابولیک سلولی اشاره می‌کند که در آن مواد سیتوپلاسمی برای تخریب به لیزوزوم‌ها منتقل می‌شوند و اغلب به عنوان سازوکاری برای حفظ بقای سلول هست (۱۰). به عنوان مثال از طریق حذف پروتئین‌هایی که به اشتباه تا خورده و تجمع یافته‌اند و همچنین حذف اندامک‌های آسیب‌دیده در سلول، زمینه را برای هماتوپوئز فراهم می‌کند. مکانیسم مولکولی اتوفازی و پروتئین‌های مرتبط با این مسیر که به آن‌ها پروتئین‌های مرتبط با اتوفازی (Atg) می‌گویند. این پروتئین‌ها به صورت سلسله مراتبی برای تنظیم هر مرحله از فرایند اتوفازی به کارگرفته می‌شوند (۱۱). فرآیند اتوفازی به طور کلی از چندین مرحله متوالی تشکیل شده است. این مراحل شامل: (۱) القای مسیرهای منتهی به اتوفازی، (۲) انتخاب ارگان‌ها و پروتئین‌هایی که نیازمند تخریب هستند، (۳) هسته‌گذاری و تشکیل غشا (فاگوفور)، (۴) گسترش و تکامل اتوفازوزوم، (۵) بازسازی اجزای مجدد استفاده شده (۶) ادغام لیزوزوم با غشای اتوفازوزوم و تشکیل فاگولیزوزوم و در نهایت (۷) تجزیه و بازیابی اجزای سلولی، که در این مراحل پروتئین‌هایی از جمله *Atg 10* و *Beclin 1* نقش‌های مهمی را ایفاء می‌کنند (۱۲). پروتئین *Beclin 1* جزئی از کمپلکس فسفاتیدیل اینوزیتول-۳-کیناز کلاس III (PIK3C3) است که نقشی اساسی در هسته‌گذاری و تشکیل اتوفازوزوم بر عهده دارد (۱۳) و همچنین به نظر می‌رسد در تومور زایی، نروژنز و مرگ سلولی نیز دخالت داشته باشد (۱۴). *Atg 10* نیز پروتئینی است که در طی شکل‌گیری غشای اتوفازوزوم نقشی آنزیمی دارد (۱۳). تمرکز مطالعات بیشتر روی نقش اتوفازی در ارتقا و یا سرکوب رشد سلول سرطانی است که ناشی از فعال‌سازی و یا مهار اتوفازی طی لوسمی بوده است و بسته به زمینه‌ی سلول سرطانی، به عنوان ابزاری برای درمان این نوع بدخیمی هماتولوژی مد نظر است (۸). بر همین

رقت‌هایی از cDNA آماده‌شده، تعیین شد. به‌عنوان کالیبراتور، میانگین بیان *Beclin 1* و *Atg 10* در داوطلبان سالم به دست آمد. سپس مقادیر Ct حاصل از *Beclin 1* و *Atg 10* در برابر ژن مرجع داخلی ABL، برای نمونه‌های ALL و افراد نرمال کنترل شد و در ادامه یک مقایسه آماری بین مقادیر نرمال شده از این نمونه‌ها انجام شد.

#### تجزیه و تحلیل آماری:

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و GraphPad Prism 6 انجام شد. با استفاده از تست Shapiro-Wilk و Kolmogorov-Smirnov، نرمال بودن توزیع برای بیان نسبی *Beclin 1* و *Atg 10* در بیماران ALL و گروه کنترل محاسبه شد. علاوه بر این، از آزمون t برای تعیین اختلاف معنی‌داری بین بیان ژن‌های *Beclin 1* و *Atg 10* در بیماران ALL و گروه کنترل وجود دارد، استفاده شد و همچنین از آزمون pearson برای بررسی وجود یا عدم وجود همبستگی خطی بین بیان *Beclin 1* و *Atg 10* استفاده شد. برای ارزیابی بیان ژن‌های *Beclin 1* و *Atg 10* بین زیرگروه‌های مختلف ALL از نظر FAB، تست One-Way ANOVA مورد استفاده قرار گرفت و نتایج به صورت میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (mean $\pm$ SD) محاسبه شدند.

#### نتایج

مشخصات نمونه‌ی بیماران: نمونه‌هایی که در این تحقیق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند از ۵۰ بیمار مبتلا به ALL که تازه تشخیص داده شده و هنوز تحت درمان قرار نگرفته بودند و از نظر جنس و سن و ویژگی‌های مورفولوژیک متغیر بودند، دریافت گردید (جدول ۱). فراوانی بیماران از نظر زیرگروه‌های ALL و بر اساس دسته‌بندی مورفولوژیک FAB / WHO در این مطالعه به شرح زیر است: ۵ مورد Pro B-ALL، ۱۴ مورد early pre B-ALL، ۲۰ مورد Pre-B-ALL و ۱۱ مورد mature B-ALL

از الکتروفورز آن روی ژل آگارز ۱/۵٪ و مشاهده باندهای 18 s و 28 s که مربوط به RNA ریوزومی اند بررسی شد. غلظت نمونه های RNA با استفاده از سنجش میزان جذب آن در طول موج ۲۶۰ نانومتر توسط دستگاه نانودراپ سنجیده شد. سنتز cDNA به وسیله‌ی آنزیم نسخه‌بردار معکوس کاتالیز می‌شود به RNA الگو و پرایمر الیگو dT نیاز دارد. برای سنتز از کیت (fermentase) استفاده شد. نمونه‌های c-DNA ساخته شده تا زمان انجام تست در ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و برای تأیید صحت تولید، cDNA سنتز شده توسط پرایمر ژن ABL تکثیر شد و محصول روی ژل آگارز ۱/۵٪ برده شد. به منظور تکثیر هر قطعه ژنی، یک جفت پرایمر اختصاصی برای هر ژن طراحی شد که شامل پرایمر مستقیم و معکوس بود. ژن ABL به عنوان ژن رفرانس و برای نرمالیزه کردن میزان بیان ژن‌های هدف انتخاب گردید.

#### سنجش کمی بیان ژن‌ها (qRT-PCR):

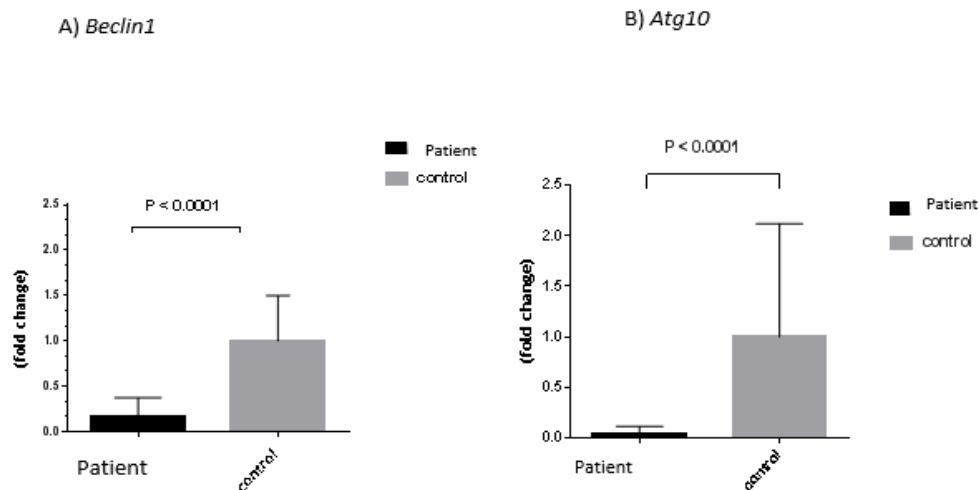
در این تحقیق به منظور تعیین میزان بیان ژن‌ها بعد از مرحله تهیه‌ی معرف‌های لازم برای انجام Real-time PCR، نمونه‌ها به‌صورت دوتایی در دستگاه Rotor-Gene برای انجام تست قرار داده شدند. در ابتدا Ct ژن هدف از Ct رفرنس ژن کم می‌شود و به این ترتیب  $\Delta$ Ct گروه بیمار و کنترل به دست می‌آید. در مرحله بعد به منظور به دست آوردن میزان بیان نسبی ژن در گروه بیمار نسبت به گروه کنترل، از  $2^{-\Delta$ Ct گروه کنترل میانگین گرفته تا یک عدد واحد به دست آید و سپس تک تک  $2^{-\Delta$ Ct در گروه بیماران را بر عدد دست آمده در گروه کنترل تقسیم می‌شود و به این ترتیب Fold change میزان بیان نسبی ژن‌ها در گروه بیماران نسبت به گروه کنترل به دست می‌آید. سطوح بیان ژن‌های *Beclin 1* و *Atg 10* با استفاده از real-time PCR در نمونه‌های بیماران و افراد سالم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۱۵). برای اعتبار سنجی روش آزمایش، کارایی (efficiency) تکثیر ژن‌های مرجع و هدف، با تهیه

جدول (۱): مشخصات دموگرافیک بیماران که بر اساس سن، در صد بلاست، جنس و زیر گروه‌های ALL مشخص شده است.

مشخصات	تعداد بیماران (۵۰)
سن	میانگین: ۲۵/۳۴ محدوده: ۱-۹۰
درصد بلاست	میانگین: ۷۴/۷۱ محدوده: ۲۲-۹۸
جنس	مرد: ۲۹ (%۵۸) زن: ۲۱ (%۴۲)
زیر گروه‌های ALL	pro B-ALL: ۵ (%۱۰) early pre B-ALL: ۱۴ (%۲۸) pre B-ALL: ۲۰ (%۴۰) B mature-ALL: ۱۱ (%۲۲)

اختلاف معنی‌داری بین بیان mRNA ی ژن‌های *Beclin 1* و *Atg 10* در بیماران و افراد سالم وجود دارد. میانگین سطح بیان ( $2^{-\Delta Ct} \pm SD$ ) برای بیماران ALL و افراد کنترل به ترتیب  $0/49 \pm 0/10$  و  $0/27 \pm 0/01$  برای *Atg 10* و  $0/44 \pm 0/15$  و  $0/85 \pm 0/07$  برای *Beclin 1* بود (شکل ۱).

بیان ژن‌های *Beclin 1* و *Atg 10* در بیماران ALL و افراد سالم: سطوح بیان ژن‌های *Beclin 1* و *Atg 10* در نمونه‌های بیماران و افراد سالم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با توجه به مقایسه‌ی میانگین بیان ژن‌ها، مشاهده شد که



شکل (۱): مقایسه‌ی میانگین بیان ژن‌های *Beclin 1* و *Atg10* در دو گروه بیمار و کنترل است. A: نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنادار بین میانگین بیان ژن *Beclin 1* در دو گروه بیمار و کنترل است ( $P < 0/001$ ). B: نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنادار بین میانگین بیان ژن *Atg 10* در دو گروه بیمار و کنترل است ( $P < 0/001$ ).





در به انجام رساندن این پژوهش مساعدت کردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

مبتلا به B-ALL در این تحقیق، کاهش در بیان ژن های اتوفازی را بروز دادند.

### تشکر و قدردانی

از کارکنان مرکز پیوند مغز استخوان بیمارستان طالقانی تهران که در جمع آوری نمونه ها و انجام مراحل آزمایشگاهی همکاری کردند و همچنین تمامی کسانی که

### Reference

1. Ekiz HA, Can G, Baran Y. Role of autophagy in the progression and suppression of leukemias. *Crit Rev Oncol Hematol* 2012;81:275-85.
2. Hunger SP, Lu X, Devidas M, Camitta BM, Gaynon PS, Winick NJ, et al. Improved survival for children and adolescents with acute lymphoblastic leukemia between 1990 and 2005: a report from the children's oncology group. *J Clin Oncol* 2012;30:1663-9.
3. Inaba H, Greaves M, Mullighan CG. Acute lymphoblastic leukaemia. *Lancet* 2013;381:1943-55.
4. Pui C-H, Crist WM. Biology and treatment of acute lymphoblastic leukemia. *J Pediatr* 1994;124:491-503.
5. Yang Y-p, Liang Z-q, Gu Z-l, Qin Z-h. Molecular mechanism and regulation of autophagy. *Acta Pharmacol Sin* 2005;26:1421-34.
6. Ekiz HA, Can G, Baran Y. Role of autophagy in the progression and suppression of leukemias. *Crit Rev Oncol Hematol* 2012;81:275-85.
7. Chen H-Y, White E. Role of autophagy in cancer prevention. *Cancer Prev Res* 2011;4:973-83.
8. Evangelisti C, Evangelisti C, Chiarini F, Lonetti A, Buontempo F, Neri LM, et al. Autophagy in acute leukemias: a double-edged sword with important therapeutic implications. *Biochim Biophys Acta* 2015;1853:14-26.
9. Vernon PJ, Tang D. Eat-me: autophagy, phagocytosis, and reactive oxygen species signaling. *Antioxid Redox Signal* 2013;18:677-91.
10. Ravikumar B, Sarkar S, Davies JE, Futter M, Garcia-Arencibia M, Green-Thompson ZW, et al. Regulation of mammalian autophagy in physiology and pathophysiology. *Physiol Rev* 2010;90:1383-435.
11. Wang CW, Klionsky DJ. The molecular mechanism of autophagy. *Mol Med* 2003;9:65-76.
12. Duffy A, Le J, Sausville E, Emadi A. Autophagy modulation: a target for cancer treatment development. *Cancer Chemother Pharmacol* 2015;75:439-47.
13. Wirawan E, Vanden Berghe T, Lippens S, Agostinis P, Vandenabeele P. Autophagy: for better or for worse. *Cell Res* 2012;22:43-61.
14. Zhong Y, Wang QJ, Li X, Yan Y, Backer JM, Chait BT, et al. Distinct regulation of autophagic activity by Atg14L and Rubicon associated with Beclin 1-phosphatidylinositol-3-kinase complex. *Nat Cell Biol* 2009;11:468-76.
15. Yuan JS, Reed A, Chen F, Stewart CN Jr. Statistical analysis of real-time PCR data. *BMC Bioinformatic*. 2006;7:85.

16. Gong C, Bauvy C, Tonelli G, Yue W, Delomenie C, Nicolas V, et al. Beclin 1 and autophagy are required for the tumorigenicity of breast cancer stem-like/progenitor cells. *Oncogene* 2013;32:2261-72.
17. Saito H, et al. Detailed deletion mapping of chromosome 17q in ovarian and breast cancers: 2-cM region on 17q21.3 often and commonly deleted in tumors. *Cancer Res.* 1993;53:3382–3385.
18. Sun Y, Liu J-h, Jin L, Lin S-m, Yang Y, Sui Y-x, et al. Over-expression of the Beclin1 gene upregulates chemosensitivity to anti-cancer drugs by enhancing therapy-induced apoptosis in cervix squamous carcinoma CaSki cells. *Cancer Lett* 2010;294:204-10.
19. Cao Q-H, Liu F, Yang Z-L, Fu X-H, Yang Z-H, Liu Q, et al. Prognostic value of autophagy related proteins ULK1, Beclin 1, ATG3, ATG5, ATG7, ATG9, ATG10, ATG12, LC3B and p62/SQSTM1 in gastric cancer. *Am J Transl Res* 2016;8: 3831-47.
20. Neri LM, Cani A, Martelli AM, Simioni C, Junghanss C, Tabellini G, et al. Targeting the PI3K/Akt/mTOR signaling pathway in B-precursor acute lymphoblastic leukemia and its therapeutic potential. *Leukemia* 2014;28:739-48.
21. Wallington-Beddoe CT, Hewson J, Bradstock KF, Bendall LJ. FTY720 produces caspase-independent cell death of acute lymphoblastic leukemia cells. *Autophagy* 2011;7;707-15.
22. Harrison CJ. Targeting signaling pathways in acute lymphoblastic leukemia: new insights. *Hematology Am Soc Hematol Educ Program* 2013;2013:118-25.
23. Torgersen ML, Engedal N, Bøe S-O, Hokland P, Simonsen A. Targeting autophagy potentiates the apoptotic effect of histone deacetylase inhibitors in t (8; 21) AML cells. *Blood* 2013;122:2467-76.
24. Karvela M, Baquero P, Kuntz EM, Mukhopadhyay A, Mitchell R, Allan EK, et al. ATG7 regulates energy metabolism, differentiation and survival of Philadelphia-chromosome-positive cells. *Autophagy* 2016;12:936-48.