

## *Expression of Oncoprotein Gankyrin in Drug Resistant and Sensitive Cancer Ovarian and Gastric Cancer Cell Lines*

Maryam Taheri<sup>1</sup>,  
Khadijeh Jamialahmadi<sup>2,3</sup>,  
Fatemeh Kalalinia<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MSc in Biochemistry, Faculty of Science, Payam Noor University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Medical Biotechnology, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

<sup>3</sup> Biotechnology Research Center, Institute of Pharmaceutical Technology, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

<sup>4</sup> Associate Professor, Biotechnology Research Center, Institute of Pharmaceutical Technology, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

(Received June 8, 2017 ; Accepted November 26, 2017)

### **Abstract**

**Background and purpose:** Multidrug resistance (MDR) phenotype is a major complication in cancer chemotherapy. Gankyrin is a key point molecule in cell cycle regulation and may contribute to drug-resistance phenotype of tumor cells. The aim of this study was to compare the basal Gankyrin expression level in ovarian and gastric drug-resistant cells with their parental drug-sensitive cells.

**Materials and methods:** In this experimental study, the Gankyrin expression at mRNA and protein levels in drug resistance cell lines was compared with their parental drug sensitive cell lines by real time RT-PCR and Western blotting.

**Results:** Gankyrin mRNA expression in A2780/RCIS cells was statistically lower than A2780 cells ( $p=0.00$ ) but their difference was not statistically significant at protein level ( $p=0.240$ ). In addition, Gankyrin expression in EPG85-257/RDB was lower than its parental drug sensitive cell line at mRNA and protein level.

**Conclusion:** This study found an opposite relationship between Gankyrin expression and MDR phenotype related to the overexpression of MDR transporters. This suggests for the first time that the incidence of MDR phenotype could inhibit tumorigenesis.

**Keywords:** gankyrin, multidrug resistance, ovarian cancer, gastric cancer

# بررسی میزان بیان اونکوپروتئین گانگیرین در رده های سلولی سرطان تخمدان و معده مقاوم و حساس به داروهای ضد سرطان

مریم طاهری<sup>۱</sup>

خدیجه جامی الاحمدی<sup>۳و۲</sup>

فاطمه کلانی نیا<sup>۴</sup>

## چکیده

**سابقه و هدف:** بروز فنوتیپ مقاومت چند دارویی از مهم ترین دلایل ناکارآمد بودن رژیم های شیمی درمانی است. گانگیرین از محدود پروتئین های انکوژنی است که به عنوان تنظیم کننده منفی مسیرهای مهم سرکوبگر تومور نقش مهمی را در پیشبرد روند سرطانی شدن سلول ها ایفا می نماید. در این مطالعه، در یک غربالگری اولیه به مقایسه میزان بیان پایه گانگیرین در سلول های مقاوم به داروی سرطان تخمدان و معده انسانی با سلول های والد حساس به دارو، پرداخته شد.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه تجربی، میزان بیان انکوپروتئین گانگیرین در سطح mRNA و پروتئین در رده های سلولی مقاوم به دارو با بیان آن در رده های سلولی والد حساس به دارو به ترتیب با استفاده از تکنیک های Real Time RT-PCR و Western Blotting مقایسه شد.

**یافته ها:** نتایج به دست آمده نشان دهنده کاهش معنی دار بیان گانگیرین در سلول های سرطان تخمدان مقاوم به دارو A2780/RCIS بیان کننده ترانسپورترهای مقاومت دارویی (MRP2) ( $p=0/00$ ) در مقابل رده سلولی والد حساس به دارو در سطح mRNA بود ( $p=0/240$ ). هم چنین بیان گانگیرین در رده های سلول سرطان معده مقاوم (EPG85-257/RDB) بیان کننده ترانسپورترهای مقاومت دارویی (MDR1) در سطح mRNA و پروتئین کم تر از سلول والد حساس به داروی آن بود.

**استنتاج:** در مجموع نتایج این تحقیق نشان دهنده ارتباط معکوس بین میزان بیان گانگیرین با بروز فنوتیپ مقاومت دارویی از طریق افزایش بیان پمپ های ترانسپورتر دارویی بود. لذا، این فرضیه پیشنهاد می شود که افزایش بیان ترانسپورترهای دارویی می تواند مهار کننده خواص مهاجم تومورزا در سلول های سرطانی باشد.

**واژه های کلیدی:** گانگیرین، مقاومت چند دارویی، سرطان تخمدان، سرطان معده

## مقدمه

مشکلات اصلی در شیمی درمانی سرطان ها، بروز مقاومت چند دارویی (MDR) Multi drug resistance است که در آن سلول های سرطانی که در معرض یک داروی

شیمی درمانی یکی از موثرترین راه های درمان تومورهای بدخیم است، با این وجود گاهی داروها قادر به کشتن سلول های توموری نمی باشند (۱،۲). یکی از

E-mail: Kalaliniaf@mums.ac.ir

**مؤلف مسئول:** فاطمه کلانی نیا - مشهد: دانشگاه علوم پزشکی مشهد، پژوهشکده بوعلی، مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی

۱. کارشناسی ارشد بیوشیمی، گروه بیوشیمی، دانشکده علوم، پیام نور مشهد، مشهد، ایران

۲. استادیار، گروه بیوتکنولوژی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۳. مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی، پژوهشکده فناوریهای نوین دارویی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۴. دانشیار، مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی، پژوهشکده فناوریهای نوین دارویی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

✉ تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۸ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۶/۳/۲۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۹/۵

ضدسرطان قرار گرفته‌اند، به داروهای ضدسرطان دیگری که از نظر ساختمان و عملکرد با داروی اولیه متفاوت هستند، مقاومت نشان می‌دهند (۱). زمانی که مقاومت ایجاد می‌شود باید از مقدار بیش‌تری دارو به منظور غلبه بر مقاومت استفاده شود، در این حالت نه فقط عوارض جانبی ظاهر می‌شود، بلکه این عمل باعث بالا رفتن مقاومت سلول‌ها به دارو می‌شود (۲). مسیرهای مولکولی مختلفی در بروز فنوتیپ مقاومت چند دارویی دخیل می‌باشد همانند کاهش جذب دارو، افزایش بیرون انداختن (Efflux) دارو از سلول، کاهش فعالیت دارو، افزایش غیرفعال بودن دارو، بیان بیش از حد هدف دارو، موتاسیون هدف دارو و افزایش بازسازی آسیب دارو (۳). افزایش بیرون انداختن دارو از سلول توسط پمپ‌های غشایی، معمول‌ترین علت مقاومت دارویی مشاهده شده در تحقیقات آزمایشگاهی و کاربردهای بالینی است. این پروتئین‌های ترانسپورتر دارویی متعلق به خانواده پروتئین‌های متصل شونده به ATP (ATP-binding cassette transporters (ABC transporters)) هستند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به MDR1 (Multidrug-resistant gene 1) و MRP2 (Multidrug-resistant protein 2) اشاره نمود (۷،۶). گانکیرین (Gankyrin (also known as PSMD10 or P28GANK))، اونکوپروتئین جدیدی است با وزن مولکولی ۲۵ کیلودالتون که حاوی ۲۲۶ اسید آمینه در هفت تکرار آنکیرین است. این پروتئین نقش‌های متعددی را در پیشرفت سیکل سلولی، مهار آپوپتوز و نیز ایجاد و پیشرفت سرطان ایفا می‌کند (۱). گانکیرین سه عملکرد سلولی اصلی دارد. اول، بیان گانکیرین با هیپرفسپوریللاسیون و تجزیه پروتئین رتینوبلاستوما که یک فاکتور تومور ساپرسور است مرتبط می‌باشد که در نتیجه باعث کاهش عملکرد رتینوبلاستوما می‌شود (۴،۵). دوم، گانکیرین به پروتئین E3 یوبی کوئیتین لیگاز MDM2 (Mouse double minute 2) متصل می‌شود و تخریب P53 را تسهیل می‌کند، این

عمل از فعالیت ژن‌های آپوپتوتیک وابسته به P53 ممانعت کرده و به زنده ماندن سلول، بی‌ثباتی ژنوم و تغییر شکل انکوژنی کمک می‌کند (۷،۶). سوم، اتصال گانکیرین به CDK4 (Cyclin Dependent Kinase 4)، عملکرد مهار پیشرفت سیکل سلولی تومور ساپرسور P16INK4A و P18INK4A را خنثی می‌کند (۸). این عمل باعث فسفوریلاسیون Rb (Retinoblastoma)، فعالیت فاکتور رونویسی E2F و پیشرفت سیکل سلولی می‌شود (۹). بنابراین در مجموع گانکیرین با اثر منفی بر دو مسیر پیام‌رسانی وابسته به pRb و P53، نقش مهمی در شکل‌گیری بسیاری از سرطان‌ها ایفا می‌کند (۱۰). اخیراً نشان داده شده است که افزایش بیان گانکیرین مرتبط با بروز فنوتیپ مقاومت دارویی از طریق تغییر در بیان برخی از پروتئین‌های موثر بر مسیر آپوپتوز همانند Bcl-2، Bax، E2F-1، کاسپاز ۸ و کاسپاز ۹ می‌باشد (۱۱). هم‌چنین مشخص شده است که سطح بالای مقاومت دارویی در برخی سلول‌های توموری در نتیجه بروز موتاسیون در P53 و در نتیجه نقص عملکرد آن می‌باشد (۱۲). این مشاهدات تقویت‌کننده این فرضیه هستند که گانکیرین می‌تواند در شکل‌گیری فنوتیپ مقاومت دارویی نقش مهمی داشته باشد. در این مطالعه، در یک غربالگری اولیه، میزان بیان پایه گانکیرین در سلول‌های مقاوم به دارو (که هر یک به عنوان مدلی از افزایش بیان یکی از دو پروتئین اصلی دخیل در مقاومت دارویی MDR1 و MRP2 مطرح هستند) با سلول‌های والد حساس به دارو، مقایسه شد.

## مواد و روش‌ها

### مواد

محیط کشت RPMI 1640 (Roswell Park Memorial Institute medium 1640) و سرم جنین گاوی (FBS (Fetal Bovine Serum)) از شرکت Gibco کشور استرالیا خریداری شد. تریپان بلو، پنی‌سیلین - استرپتومایسین و واکنشگر برادفورد از شرکت Sigma

غلظت RNA استخراج شده با استفاده از دستگاه ناندراپ مدل Thermo scientific NanoDrop1000 اندازه گیری شد و خلوص RNA با نسبت های ۲۶۰/۲۳۰ و ۲۶۰/۲۸۰ بررسی می شد. RNA به دست آمده بلافاصله در فریزر  $^{\circ}\text{C} -80$  برای بررسی های بعدی نگهداری شد. به منظور بررسی بیان گانگیرین، MRP1، MRP2 و MDR1، واکنش Real Time RT-PCR روی نمونه های RNA با استفاده از کیت One Step SYBR<sup>®</sup> PrimeScript<sup>™</sup> RT-PCR (Takara) دستگاه Real time cycler Mx3000P<sup>™</sup> Stratagen انجام شد. توالی های پرایمرهای مورد استفاده عبارت بودند از توالی فوروارد گانگیرین: 5'-AGC AGC CAA 3'-GGG TAA CTT GA-3'، توالی ریورس گانگیرین: 5'-TAC TTG CTC CTT GGG ACA CC-3' (۱۳)، توالی فوروارد MRP-1: 5'-GTG TTT CTG GTC 3'-AGC CCA ACT-3'، توالی ریورس MRP-1: 5'-TTG GAT CTC AGG ATG GCT AGG-3' (۱۴)، توالی فوروارد MRP-2: 5'-AGC AGC CAT AGA 3'-GCT GGC CCT T-3'، توالی ریورس MRP-2: 5'-AGC AAA ACC AGG AGC CAT GTG CC-3' (۱۵)، توالی فوروارد MDR-1: 5'-CCC ATC ATT GCA 3'-ATA GCA GG-3'، توالی ریورس MDR-1: 5'-TGT TCA AAC TTC TGC TCC TGA-3' (۱۶) و توالی فوروارد بتا اکتین: 5'-TAC TGA AGT GTG ACG 3'-TGG ACA TC-3' و توالی ریورس بتا اکتین: 5'-CAG GAG GAG CAA TGA TCT TGA TCT-3' (۱۷، ۱۸). حجم هر واکنش  $\mu\text{L} 25$  و حاوی  $\mu\text{L} 12/5$  از بافر 2X One Step SYBR<sup>®</sup> RT-PCR،  $\mu\text{L} 1$  از آنزیم PrimeScript<sup>™</sup> 1 step Enzyme Mix II،  $\mu\text{L} 2$  از RNA توتال (۲۵۰ نانوگرم)،  $\mu\text{L} 1$  از آنزیم ریورس ترانسکریپتاز،  $\mu\text{L} 1$  از هر یک از پرایمرها و در نهایت  $\mu\text{L} 7/5$  از آب فاقد RNase بود.

سیکل دمایی به کار برده شده بدین صورت تنظیم شد که در ابتدا مرحله ساخت cDNA در دمای  $^{\circ}\text{C} 42$  برای

آلمان تهیه شدند. آنتی بادی پلی کلونال ضد گانگیرین از شرکت Santa Cruz آمریکا، آنتی بادی ضد بتا اکتین از شرکت Sigma آلمان و آنتی بادی ثانویه کونژوگه با HRP (Horseradish peroxidase) از شرکت Abcam آمریکا خریداری شد. لدر پروتئینی از شرکت Thermo Scientific آلمان خریداری گردید. پرایمرها از شرکت Metabion آلمان، کیت استخراج RNA (TriPure Isolation Reagent Kit) از شرکت Roche آلمان و کیت واکنش Real Time RT-PCR از شرکت Takara ژاپن خریداری شد.

### کشت سلولی

همه رده های سلولی مورد استفاده در این تحقیق تجربی، توسط پروفیسور هرمان لاگه (گروه پاتولوژی مولکولی، دانشگاه چریته، برلین، آلمان) به این آزمایشگاه هدیه شده بودند. رده های سلولی مورد استفاده عبارت بودند از رده سلولی سرطان تخمدان انسانی مقاوم به سیس پلاتین A2780/RCIS به عنوان مدل سلولی که MRP2 را در سطح بالایی بیان می کند و سلول والد حساس به داروی آن یعنی A2780، رده سلولی سرطان معده انسانی مقاوم به دوکسوروبیسین EPG85-257/RDB به عنوان مدل سلولی که MDR1 را در سطح بالایی بیان می کند و سلول والد حساس به داروی آن یعنی EPG85-257. همه رده های سلولی در محیط کشت RPMI-1640 استاندارد حاوی (v/v) ۱۰ درصد FBS، L-گلوتامین ۲ mM و آنتی بیوتیک (استرپتومایسین  $\mu\text{g}/\text{mL} 100$ ، پنی سیلین  $\text{U}/\text{mL} 100$ ) کشت داده شدند. سلول ها در دمای  $^{\circ}\text{C} 37$  و اتمسفر حاوی ۵ درصد  $\text{CO}_2$  رشد داده می شدند.

### انجام واکنش Real Time RT-PCR

سلول ها درون پلیت های ۶ خانه کشت داده شدند و پس از رسیدن به کانفلوئنسی ۷۰ درصد، RNA توتال سلول ها مطابق با پروتوکول کیت Tripure Isolation Reagent استخراج شد. تعیین

مدت ۵ دقیقه انجام شده و بعد از مرحله دناتوراسیون در دمای °C ۹۵ برای مدت ۱۰ ثانیه، مرحله تکثیر توالی هدف در ۴۰ سیکل دمایی شامل °C ۹۵ به مدت ۵ ثانیه، °C ۶۰ به مدت ۳۰ ثانیه و °C ۷۲ به مدت ۳۰ ثانیه انجام می‌شد. در نهایت برای اطمینان از اختصاصی بودن محصول تولید شده، آنالیز منحنی ذوب انجام شد. در هر نمونه میزان بیان هر ژن در مقابل میزان بیان ژن بتاکتین با استفاده از نرم افزار MxPro-Mx3000P نرمالیزه شد و نتایج به صورت نسبت میزان بیان هر ژن در سلول مقاوم به میزان بیان آن در ژن در سلول والد حساس به دارو بیان شد.

#### وسترن بلائینگ

جهت بررسی و مقایسه میزان بیان پروتئین گانگیرین در سلول‌های والد و مقاوم، سلول‌ها با استفاده از بافر NP-40 (Nonidet-P40) لیز و پروتئین آن‌ها جداسازی شد. بدین ترتیب که پس از رسیدن به کانفلوئنتی ۷۰ درصد، سلول‌ها تریسین و شمارش شدند. سپس روی پلیت حاوی  $3 \times 10^6$  سلول،  $100 \mu\text{L}$  بافر لیزکننده سلولی ریخته شد و به مدت ۱۵ دقیقه روی یخ انکوبه شد. لیزات توسط سونیکاتور پروب دار (Bandelin, uw mini20) طی سه سیکل ۲۰ ثانیه‌ای با قدرت ۲۰ درصد و با ۲ دقیقه فاصله بین هر سیکل سونیکیت شد و در نهایت در  $14000 \text{ rpm}$  به مدت ۲۰ دقیقه در °C ۴ سانتریفوژ گردید. محلول رویی با احتیاط برداشته شد، به طوری که با پلیت مخلوط نشود و به یک میکروتیوب دیگر منتقل شد. محلول رویی که حاوی Total Protein بود، در فریزر °C ۲۰- نگهداری شد تا هنگامی که وسترن بلات انجام گرفت. غلظت پروتئین با استفاده از روش برادفورد تعیین شد. ۵۰ میکروگرم پروتئین دناتوره شده و روی ژل ۱۵ درصد SDS-PAGE (Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis) در ولتاژ ۱۱۰۷، در دمای اتاق برای مدت حدود یک ساعت الکتروفورز و سپس به غشاء PVDF (Polyvinylidene fluoride) انتقال داده شد.

پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون با بافر بلاک کننده حاوی BSA (w/v) ۲ درصد، غشاها به مدت یک شب در دمای °C ۴ با آنتی بادی اولیه خرگوشی ضد گانگیرین انسانی در رقت ۱:۲۵۰ یا آنتی بادی اولیه موشی ضد بتاکتین انسانی در رقت ۱:۵۰۰۰ انکوبه شدند. پس از ۲ بار شستشو با PBS (Phosphate-buffered saline)، غشاء با آنتی بادی ثانویه ضد آنتی بادی اولیه خرگوشی یا ضد آنتی بادی اولیه موشی کانژوگه با HRP، به ترتیب در رقت ۱:۲۰۰۰ و ۱:۷۰۰۰ برای مدت یک ساعت انکوبه شدند. پس از ۲ بار شستشو، غشاء‌ها با واکنشگر افزایش کمی لومینه سنس به مدت ۲ دقیقه مجاور شدند و باندها توسط دستگاه ژل داکيومتیشن Syngene نمایان شدند. در نهایت دانسیته باندها با استفاده از نرم افزار ImageJ 1.46r اندازه گیری شد.

#### روش تجزیه و تحلیل آماری داده ها

همه آزمایش‌ها حداقل سه بار تکرار شدند. برای تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (One Way-ANOVA) به همراه Tukey's post-hoc استفاده شد. نتایج به صورت  $\text{Mean} \pm \text{SD}$  ارائه گردید و  $p < 0.05$  و  $p < 0.01$  معنی دار در نظر گرفته شد. تعداد ستاره‌های موجود در هر نمودار نشان دهنده حدود p value است:  $p < 0.001$  (\*\*\*)،  $p < 0.01$  (\*\*)،  $p < 0.05$  (\*).

## یافته ها

میزان کارایی واکنش *Real Time RT-PCR* برای تکثیر ژن‌های مورد مطالعه

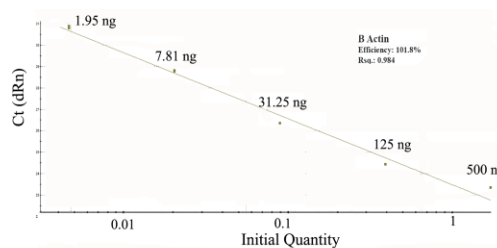
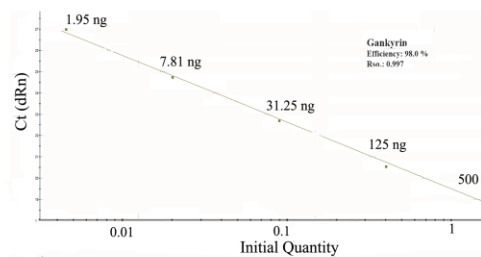
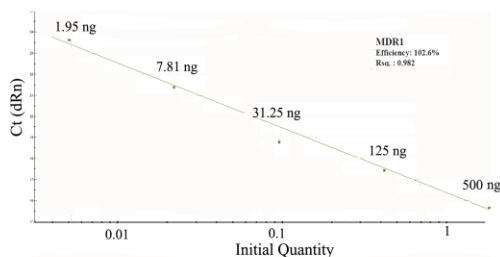
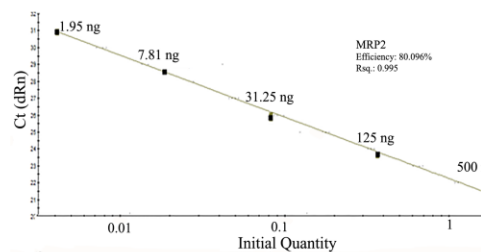
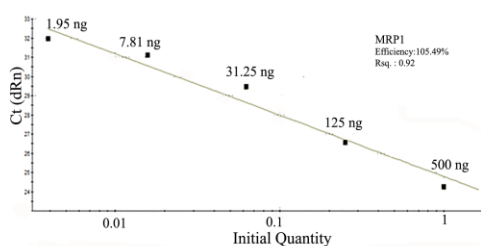
جهت بررسی میزان کارایی واکنش PCR برای تکثیر ژن‌ها برای هر ژن مورد نظر منحنی استاندارد نسبی با استفاده از غلظت‌های ۱ تا  $500 \text{ ng}$  از RNA توتال (رقت‌هایی از RNA با نسبت ۱ به ۴) رسم شد (نمودار شماره ۱). نتایج نشان دادند که واکنش PCR برای ژن‌های MDR1، MRP2، MRP1، گانگیرین و بتا اکتین به ترتیب با کارآیی ۱۰۵/۴۹ درصد، ۸۰/۰۹

میزان بیان گانکیرین در رده های سلولی سرطان تخمدان بررسی میزان تفاوت بیان گانکیرین در سطح mRNA بین دو رده سلولی مقاوم به داروی A2780/RCIS و رده سلول والد غیرمقاوم به داروی آن به روش Real time RT-PCR نشان داد که میزان بیان گانکیرین در رده سلولی مقاوم به صورت معنی داری و در حدود ۵۴ درصد کم تر از میزان بیان آن در رده سلولی والد است (نمودار شماره ۳A). از سوی دیگر، اگر چه نتایج بررسی سطح بیان پروتئین به روش وسترن بلاتینگ نشان داد که سطح بیان پروتئین گانکیرین در رده سلولی A2780/RCIS بیش از رده سلولی A2780 است، اما این تفاوت از لحاظ آماری معنی دار نبود (نمودار شماره ۳B و C).

درصد، ۱۰۲/۶ درصد، ۹۸/۰ درصد و ۱۰۱/۸ درصد در محدوده تحت بررسی انجام شد.

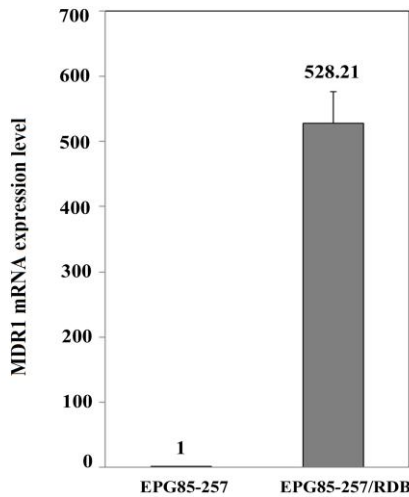
میزان بیان *MRP1* و *MRP2* در رده های سلولی سرطان تخمدان

تفاوت میزان بیان *MRP1* و *MRP2* در سطح mRNA بین رده سلول سرطان تخمدان مقاوم به داروی A2780/RCIS و رده سلول والد غیرمقاوم به داروی آن به روش Real time RT-PCR بررسی شد. نتایج نشان داد که سطح بیان *MRP1* و *MRP2* در سلول A2780/RCIS به ترتیب ۱/۲۹ و ۱۳/۳۲ برابر سطح بیان آن ها در رده سلولی A2780 است (نمودار شماره ۲).



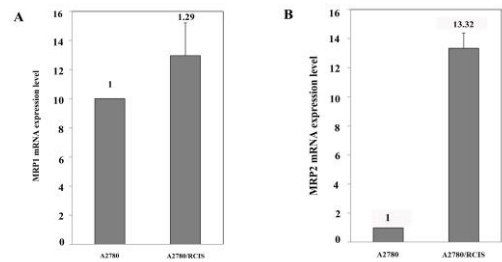
نمودار شماره ۱: منحنی استاندارد نسبی ژن های مورد بررسی در واکنش Real Time RT-PCR. جهت بررسی میزان کارایی واکنش PCR برای تکثیر ژن ها برای هر ژن مورد نظر منحنی استاندارد نسبی با استفاده از غلظت های ۱ تا ۵۰۰ ng از RNA توتال (رقت هایی از RNA با نسبت ۱ به ۴) رسم شد.

ورده سلول والد غیرمقاوم به داروی آن به روش Real time RT-PCR بررسی شد. نتایج نشان داد که رده سلولی مقاوم به دو کسورویسین به طور بسیار قابل توجهی و در حدود ۵۲۸ برابر سلول والد EPG85-257، MDR1 را بیان می کند (نمودار شماره ۴).

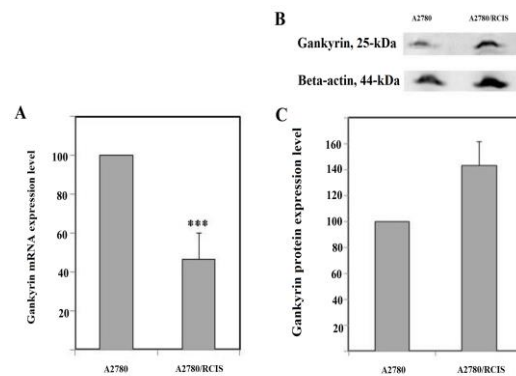


**نمودار شماره ۴:** بررسی میزان بیان پایه MDR1 در mRNA در رده های سلولی سرطان معده با استفاده از روش Real time RT-PCR. سطح بیان هر ژن با استفاده از داده های حاصل از سطح بیان ژن بتا اکتین نرمالیزه شده است. هر ستون در نمودار نمایانگر میانگین  $\pm$  انحراف معیار (SD) حاصل از حداقل سه بار تکرار می باشد.

**میزان بیان گانکیرین در رده های سلولی سرطان معده**  
بررسی میزان تفاوت بیان گانکیرین در سطح mRNA بین دو رده سلولی مقاوم به دارو (EPG85-257/RDB) و رده سلول والد غیرمقاوم به داروی آن به روش Real time RT-PCR نشان داد که میزان بیان گانکیرین در رده سلولی مقاوم در حدود ۳۳ درصد کم تر از میزان بیان آن در رده سلولی والد است (نمودار شماره ۴A). به طور مشابه نتایج بررسی سطح بیان پروتئین گانکیرین به روش وسترن بلائینگ نشان داد که سطح بیان پروتئین گانکیرین در رده سلولی مقاوم به دارو EPG85-257/RDB در حدود ۲۴ درصد کم تر از رده سلولی والد EPG85-257 است. این تفاوت ها از لحاظ آماری معنی دار نبود (نمودار شماره ۵B و C).



**نمودار شماره ۲:** بررسی میزان بیان پایه MRP1 و MRP2 در سطح mRNA در رده های سلولی سرطان تخمدان با استفاده از روش Real time RT-PCR. سطح بیان هر ژن با استفاده از داده های حاصل از سطح بیان ژن بتا اکتین نرمالیزه شده است. هر ستون در نمودار نمایانگر میانگین  $\pm$  انحراف معیار (SD) حاصل از حداقل سه بار تکرار می باشد.



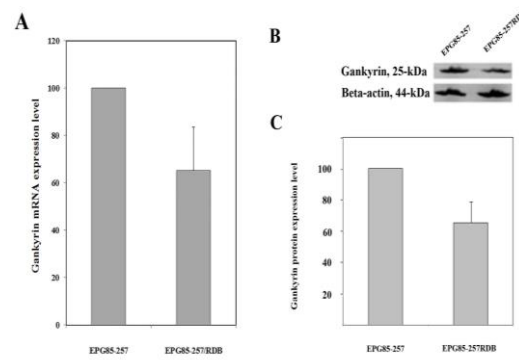
**نمودار شماره ۳:** بررسی میزان بیان پایه گانکیرین در سطح mRNA و پروتئین (A) و پروتئین (B و C) در رده های سلولی سرطان تخمدان. A؛ میزان بیان پایه گانکیرین در سطح mRNA با استفاده از روش Real time RT-PCR انجام شد. سطح بیان هر ژن با استفاده از داده های حاصل از سطح بیان ژن بتا اکتین نرمالیزه شده اند. B و C؛ سطح بیان پروتئین گانکیرین در رده سلولی مقاوم به دارو (A2780/RCIS) و مقایسه آن با میزان بیان این اونکوپروتئین در رده سلولی والد غیرمقاوم به دارو (A2780) با استفاده از تکنیک وسترن بلائینگ انجام شد. دانسیته باندها به کمک نرم افزار ImageJ 1.46r آنالیز شد و میزان بیان گانکیرین در مقابل میزان بیان پروتئین بتا اکتین همان نمونه نرمالیزه شد. هر ستون در نمودار نمایانگر میانگین  $\pm$  انحراف معیار (SD) حاصل از حداقل سه بار تکرار می باشد و \*\*\* نشان دهنده  $p < 0.001$  می باشد.

**میزان بیان MDR1 در رده های سلولی سرطان معده**  
تفاوت میزان بیان MDR1 در سطح mRNA بین رده سلول سرطان معده مقاوم به دارو (EPG85-257/RDB)

شامل مسیر ARF-MDM2-P53 و INK4-CDK-pRb عمل می‌نماید (۲۳). نقش کلیدی افزایش بیان گانکیرین در تومورزایی در بسیاری از سرطان‌های انسانی همانند سرطان‌های ریه، کبد، دهان، مری، معده، کولورکتال، پانکراس، پستان، تخمدان و دهانه رحم نشان داده شده است (۱۳، ۳۳-۲۴). از سوی دیگر، نشان داده شده است که گانکیرین می‌تواند باعث القای مقاومت به درمان با داروهای مورد استفاده در شیمی درمانی شوند، به عنوان مثال می‌توان به القای مقاومت به داروی سورافینیب در درمان کارسینومای هپاتوسلولار توسط گانکیرین اشاره نمود (۳۴).

در مطالعه دیگری در رده سلولی سرطان معده نشان داده شد که بیان گانکیرین در سلول‌های سرطانی نسبت به سلول‌های نرمال افزایش یافته است و این افزایش باعث افزایش رشد و تکثیر سلولی و کاهش آپوپتوز در آن‌ها شده بود. محققان توانستند نشان دهند که کاهش بیان گانکیرین در این سلول‌ها می‌تواند باعث کاهش مقاومت به داروهای ۵-فلوروراسیل و سیس پلاتین می‌شود (۳۵).

شواهدی دال بر وجود ارتباط بین گانکیرین و تنظیم بیان پروتئین‌های MDR وجود دارد. در مطالعه‌ای که با هدف بررسی علت مقاومت برخی از تومورها به آرسنیک تری‌اکساید (AS) انجام گرفته است، دو رده سلولی مقاوم به AS (سلول‌های سرطان‌های کبد HepG2/AS) و معده (SGC7901/AS) مورد ارزیابی قرار گرفتند. بررسی بیان ژن‌های مختلف در این سلول‌های مقاوم و مقایسه آن‌ها با سلول‌های والد نشان داد که میزان بیان ترانسپورترهای ABCB1، ABCC1 و ABCC2 در سلول‌های مقاوم بالاتر از سلول‌های والد بوده است. هم‌چنین میزان بیان پروتئین‌های P53، MDM2 و گانکیرین و نیز میزان فسفریلاسیون Rb در سلول‌های مقاوم افزایش یافته بود. این محققان مطرح نمودند که غیر فعال شدن P53 و Rb به علت حضور گانکیرین و MDM2، احتمالاً علت بروز مقاومت دارویی در این سلول‌ها بوده است (۲۴).



**نمودار شماره ۵:** بررسی میزان بیان پایه گانکیرین در سطح mRNA (A) و پروتئین (B و C) در رده‌های سلولی سرطان معده. A؛ میزان بیان پایه گانکیرین در سطح mRNA با استفاده از روش Real time RT-PCR انجام شد. سطح بیان هر ژن با استفاده از داده‌های حاصل از سطح بیان ژن بنا اکتین نرمالیزه شده اند. B و C؛ سطح بیان پروتئین گانکیرین در رده سلولی مقاوم به دارو (EPG85-257/RDB) و مقایسه آن با میزان بیان این انکوپروتئین در رده سلولی والد غیرمقاوم به دارو (EPG85-257) با استفاده از تکنیک وسترن بلائینگ انجام شد. دانسیته باندها به کمک نرم افزار ImageJ 1.46r آنالیز شد و میزان بیان گانکیرین در مقابل میزان بیان پروتئین بنا اکتین نرمالیزه شد. هر ستون در نمودار نمایانگر میانگین  $\pm$  انحراف معیار (SD) حاصل از حداقل سه بار تکرار می‌باشد.

## بحث

مقاومت دارویی نسبت به داروهای مختلف ضد سرطان یکی از مشکلات اساسی و عمده در درمان سرطان می‌باشد (۲۴). مقاومت دارویی مشاهده شده در سرطان معده و تخمدان حاصل از عوامل مختلفی می‌باشد که به نظر می‌رسد مکانیسم‌های متعددی بیش از آن چیزی که تاکنون شناخته شده‌اند، در بروز آن‌ها دخیل باشد (۲۶، ۲۵). لذا دانستن بهتر این مکانیسم‌ها می‌تواند به پیش‌بینی وقوع مقاومت دارویی کمک نماید و در نهایت منجر به طراحی روش‌های درمانی موثرتر برای بیماران که به درمان‌های معمولی پاسخ نمی‌دهند، شود.

گانکیرین یک پروتئین با ساختار بسیار حفاظت شده در پستانداران است که در سال‌های اخیر به عنوان یک انکوپروتئین شناخته شده است (۲۷، ۸). گانکیرین عمدتاً از طریق تنظیم منفی دو مسیر مهم سرکوبگر تومور



این مطالعه با هدف بررسی میزان بیان اونکوپروتئین گانگیرین در رده های سلولی مقاوم به دارو در مقایسه با رده های سلولی والد غیرمقاوم به دارو انجام شد. به منظور بررسی جامع تر ارتباط با مقاومت دارویی، تلاش شد از رده های سلولی مختلفی که هر کدام به عنوان مدلی از افزایش بیان یکی از دو پمپ اصلی دخیل در مقاومت دارویی به شمار می آیند، استفاده شود. این رده های سلولی شامل A2780/RCIS (مدلی برای ترانسپورتر MRP2) و EPG85-257/RDB (مدلی برای ترانسپورتر MDR1) بودند. سیس پلاتین (Cisplatin) یکی از پرکاربردترین داروهای مورد استفاده در درمان سرطان ها به خصوص در رژیم های چنددارویی است (۳۶). مشاهده شده است که بروز مقاومت به سیس پلاتین در رده سلول سرطان تخمدان انسانی A2780 به علت افزایش بیان پمپ غشایی MRP2 می باشد (۳۷). دو کسورویسیسین (Doxorubicin) که با نام آدریامایسین (Adriamycin) نیز شناخته می شود، از دسته داروهای آنتراسیکلینی است که هنوز هم به عنوان داروهای اصلی ضدسرطان القاکننده مسیرهای آپوپتوز در سلول های سرطانی مختلف می باشند (۳۸). نشان داده شده است که افزایش بیان MDR1 در رده سلول سرطان معده انسان EPG85-257 باعث مقاومت به داروی دو کسورویسیسین می شود (۳۹). در این مطالعه نیز در ابتدا، بیان بالای MRP2 و MDR1 در رده های سلولی مقاوم نسبت به رده های سلولی والد غیرمقاوم به دارو به کمک روش های Real time-RT-PCR نشان داده شد. در ادامه، بررسی میزان بیان ژن گانگیرین در دو سطح mRNA و پروتئین، به ترتیب به کمک روش های Real time-RT-PCR و سترن بلات انجام گرفت.

نتایج نشان دادند که سطح بیان mRNA گانگیرین در رده سلولی A2780/RCIS به صورت معنی داری کم تر از سطح بیان mRNA گانگیرین در رده سلولی A2780 بود. در حالی که، میزان بیان پروتئین گانگیرین در رده سلولی A2780/RCIS، بیش تر از بیان این پروتئین

در رده سلولی A2780 بود، ولی این افزایش بیان گانگیرین به صورت معنادار مشاهده نشد. از آنجا که سلول مقاوم به داروی سیس پلاتین A2780/RCIS ترانسپورتر MRP2 را به میزان بسیار بیش تری از سلول والد بیان می کند، این نتایج پیشنهاد می کند که ارتباط معکوسی بین میزان بیان دو ژن MRP2 و گانگیرین وجود دارد. در مطالعه دیگری نشان داده شده است که کاهش میزان بیان گانگیرین باعث افزایش حساسیت رده سلولی SGC7901/VCR (سلول آدنوکارسینوما معده مقاوم به وین کریستین) به داروهای ضدسرطان می شود و هم چنین توانایی این سلول ها را در صدور آدریامایسین به خارج از سلول کاهش می دهد. آن ها نشان دادند که بیان ژن P28GANK باعث کاهش بیان MDR1 شد، در حالی که اثری روی میزان بیان MRP2 نداشت (۲۵).

نتایج این تحقیق نشان دادند که میزان بیان گانگیرین در رده های سلولی EPG85-257/RDB در سطح mRNA و پروتئین، کم تر از میزان بیان آن در رده های سلولی والد حساس به داروی آن ها (EPG85-257) می باشد. از آن جا که سلول های مقاوم به داروی دو کسورویسیسین (EPG85-257/RDB) و آدریامایسین (MCF7/ADR) ترانسپورتر MDR1 را به میزان بسیار بیش تری از سلول والد بیان می کند، این نتایج پیشنهاد می کند که ارتباط معکوسی بین میزان بیان دو ژن MDR1 و گانگیرین وجود دارد. محققان در مطالعه دیگری به بررسی مکانیسم اثر گانگیرین در کاهش مقاومت دارویی در سلول های استئوکارسینوما پرداختند. آن ها مشاهده کردند که افزایش بیان گانگیرین در سلول مقاوم به سیس پلاتین Saos2/CDDP نسبت به سلول های والد حساس به دارو وجود دارد. هم چنین القای بیان گانگیرین در سلول های Saos2 باعث بروز مقاومت آن ها به داروهای وابسته و غیروابسته به MDR1 می شد و در جهت مقابل، مهار بیان گانگیرین در سلول های Saos2/CDDP باعث افزایش حساسیت آن ها به داروهای شیمی درمانی می شد. بیان ژن گانگیرین موجب مهار آپوپتوز القاء

ناشی از افزایش بیان ترانسپورت‌های دارویی وجود دارد. لذا این فرضیه مطرح می‌شود که افزایش بیان ترانسپورت‌های دارویی بیان و عملکرد برخی اونکوپروتئین‌ها را کاهش می‌دهند. این فرضیه می‌تواند انقلابی در دانسته‌های قبلی راجع به فنوتیپ مقاومت دارویی ایجاد کند، بدین شرح که افزایش بیان پمپ‌ها اگر چه باعث کاهش اثر دارو بر سلول توموری می‌شود، اما با مهار اونکوپروتئین‌ها می‌تواند فنوتیپ مهاجم و تومورزای سلول را مهار نماید و از پیشرفت سرطان جلوگیری کند.

### سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد- مشهد- ایران به خاطر حمایت مالی برای از این پروژه (گرانته شماره ۹۱۰۹۹۰) تشکر می‌کنند. نتایج این مقاله بخشی از پایان‌نامه دانشجویی سرکار خانم مریم طاهری در دوره کارشناسی ارشد بوده است.

### References

1. Choi CH. ABC transporters as multidrug resistance mechanisms and the development of chemosensitizers for their reversal. *Cancer Cell Int* 2005; 5: 30.
2. Ozben T. Mechanisms and strategies to overcome multiple drug resistance in cancer. *FEBS Letters* 2006; 580(12): 2903-2909.
3. Palakurthi S, Yellepeddi VK, Vangara KK. Recent trends in cancer drug resistance reversal strategies using nanoparticles. *Expert Opin Drug Deliv* 2012; 9(3): 287-301.
4. Krzywda S, Brzozowski AM, Higashitsuji H, Fujita J, Welchman R, Dawson S, et al. The crystal structure of gankyrin, an oncoprotein found in complexes with cyclin-dependent kinase 4, a 19 S proteasomal ATPase regulator, and the tumor suppressors Rb and p53. *J Biol Chem* 2004; 279(2): 1541-1545.
5. Nakamura Y, Nakano K, Umehara T, Kimura M, Hayashizaki Y, Tanaka A, et al. Structure of the oncoprotein gankyrin in complex with S6 ATPase of the 26S proteasome. *Structure* 2007; 15(2): 179-189.
6. Qin JM, Fu XY, Li SJ, Liu SQ, Zeng JZ, Qiu XH, et al. Gene and protein expressions of p28GANK in rat with liver regeneration. *World J Gastroenterol* 2003; 9(11): 2523-2527.
7. Higashitsuji H, Higashitsuji H, Itoh K, Sakurai T, Nagao T, Sumitomo Y, et al. The oncoprotein gankyrin binds to MDM2/HDM2, enhancing ubiquitylation and degradation of p53. *Cancer Cell* 2005; 8(1): 75-87.

8. Dawson S, Apcher S, Mee M, Higashitsuji H, Baker R, Uhle S, et al. Gankyrin is an ankyrin-repeat oncoprotein that interacts with CDK4 kinase and the S6 ATPase of the 26 S proteasome. *J Biol Chem* 2002; 277(13): 10893-10902.
9. Ying H, Xiao ZX. Targeting retinoblastoma protein for degradation by proteasomes. *Cell Cycle* 2006; 5(5): 506-508.
10. Hickman ES, Moroni MC, Helin K. The role of p53 and pRB in apoptosis and cancer. *Curr Opin Genet Dev* 2002; 12(1): 60-66.
11. Wang G, Rong J, Zhou Z, Duo J. Novel gene P28GANK confers multidrug resistance by modulating the expression of MDR-1, Bcl-2 and Bax in osteosarcoma cells. *Mol Biol (Mosk)* 2010; 44(6): 1010-1017.
12. Keshelava N, Zuo JJ, Waidyaratne NS, Triche TJ, Reynolds CP. p53 mutations and loss of p53 function confer multidrug resistance in neuroblastoma. *Med Pediatr Oncol* 2000; 35(6): 563-568.
13. Ortiz CM, Ito T, Tanaka E, Tsunoda S, Nagayama S, Sakai Y, et al. Gankyrin oncoprotein overexpression as a critical factor for tumor growth in human esophageal squamous cell carcinoma and its clinical significance. *Int J Cancer* 2008; 122(2): 325-332.
14. Horibe S, Nagai J, Yumoto R, Tawa R, Takano M. Accumulation and photodynamic activity of chlorin e6 in cisplatin-resistant human lung cancer cells. *J Pharm Sci* 2011; 100(7): 3010-3017.
15. Tanaka N, Kimura H, Faried A, Sakai M, Sano A, Inose T, et al. Quantitative analysis of cisplatin sensitivity of human esophageal squamous cancer cell lines using in-air micro-PIXE. *Cancer Sci* 2010; 101(6): 1487-1492.
16. Zhao X, Yang L, Hu J. Down-regulation of miR-27a might inhibit proliferation and drug resistance of gastric cancer cells. *Journal of Experimental & Clinical Cancer Research: CR* 2011; 30(1): 55.
17. Kalalinia F, Elahian F, Hassani M, Kasaeian J, Behravan J. Phorbol ester TPA modulates chemoresistance in the drug sensitive breast cancer cell line MCF-7 by inducing expression of drug efflux transporter ABCG2. *Asian Pac J Cancer Prev* 2012; 13(6): 2979-2984.
18. Kalalinia F, Elahian F, Mosaffa F, Behravan J. Celecoxib Up Regulates the Expression of Drug Efflux Transporter ABCG2 in Breast Cancer Cell Lines. *Iran J Pharm Res* 2014; 13(4): 1393-1401 (Persian).
19. Tang S, Yang G, Meng Y, Du R, Li X, Fan R, et al. Overexpression of a novel gene gankyrin correlates with the malignant phenotype of colorectal cancer. *Cancer Biol Ther* 2010; 9(2): 88-95.
20. Lage H. Molecular analysis of therapy resistance in gastric cancer. *Digestive diseases (Basel, Switzerland)* 2003; 21(4): 326-338.
21. Ozols RF, O'Dwyer PJ, Hamilton TC. Clinical reversal of drug resistance in ovarian cancer. *Gynecol Oncol* 1993; 51(1): 90-96.
22. Yuan C, Li J, Mahajan A, Poi MJ, Byeon JJ, Tsai MD. Solution structure of the human oncogenic protein gankyrin containing seven ankyrin repeats and analysis of its structure--function relationship. *Biochemistry* 2004; 43(38): 12152-12161.
23. Lozano G, Zambetti GP. Gankyrin: an intriguing name for a novel regulator of p53 and RB. *Cancer Cell* 2005; 8(1): 3-4.
24. Chen X, Zhang M, Liu LX. The overexpression of multidrug resistance-associated proteins and gankyrin contribute to arsenic trioxide resistance in liver and

- gastric cancer cells. *Oncology Reports* 2009; 22(1): 73-80.
25. Li X, Zhang Y, Xiong C, Jin H, Jing B, Zhang Y, et al. Overexpression of a new gene P28GANK confers multidrug resistance of gastric cancer cells. *Cancer Invest* 2009; 27(2): 129-139.
  26. Man JH, Liang B, Gu YX, Zhou T, Li AL, Li T, et al. Gankyrin plays an essential role in Ras-induced tumorigenesis through regulation of the RhoA/ROCK pathway in mammalian cells. *J Clin Invest* 2010; 120(8): 2829-2841.
  27. Meng Y, He L, Guo X, Tang S, Zhao X, Du R, et al. Gankyrin promotes the proliferation of human pancreatic cancer. *Cancer Lett* 2010; 297(1): 9-17.
  28. Li J, Knobloch TJ, Kresty LA, Zhang Z, Lang JC, Schuller DE, et al. Gankyrin, a biomarker for epithelial carcinogenesis, is overexpressed in human oral cancer. *Anticancer Res* 2011; 31(9): 2683-2692.
  29. Kim YH, Kim JH, Choi YW, Lim SK, Yim H, Kang SY, et al. Gankyrin is frequently overexpressed in breast cancer and is associated with ErbB2 expression. *Exp Mol Pathol* 2013; 94(2): 360-365.
  30. Song X, Wang J, Zheng T, Song R, Liang Y, Bhatta N, et al. LBH589 Inhibits proliferation and metastasis of hepatocellular carcinoma via inhibition of gankyrin/STAT3/Akt pathway. *Mol Cancer* 2013; 12(1): 114.
  31. Zhang J, Yang Y, Zhang Z, He Y, Liu Z, Yu Y, et al. Gankyrin plays an essential role in estrogen-driven and GPR30-mediated endometrial carcinoma cell proliferation via the PTEN/PI3K/AKT signaling pathway. *Cancer Lett* 2013; 339(2): 279-287.
  32. Gao L, Xie H, Dong L, Zou J, Fu J, Gao X, et al. Gankyrin is essential for hypoxia enhanced metastatic potential in breast cancer cells. *Mol Med Rep* 2014; 9(3): 1032-1036.
  33. Liu Y, Zhang J, Qian W, Dong Y, Yang Y, Liu Z, et al. Gankyrin is frequently overexpressed in cervical high grade disease and is associated with cervical carcinogenesis and metastasis. *PloS One* 2014;9(4): e95043.
  34. Sakurai T, Yada N, Hagiwara S, Arizumi T, Minaga K, Kamata K, et al. Gankyrin induces STAT3 activation in tumor microenvironment and sorafenib resistance in hepatocellular carcinoma. *Cancer Sci* 2017; 108(10): 1996-2003
  35. Zeng YC, Sun D, Li WH, Zhao J, Xin Y. Gankyrin promotes the proliferation of gastric cancer and is associated with chemosensitivity. *Tumour Biol* 2017; 39(6): 1010428317704820.
  36. Scanlon KJ, Kashani-Sabet M. Elevated expression of thymidylate synthase cycle genes in cisplatin-resistant human ovarian carcinoma A2780 cells. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1988; 85(3): 650-653.
  37. Aird RE, Cummings J, Ritchie AA, Muir M, Morris RE, Chen H, et al. In vitro and in vivo activity and cross resistance profiles of novel ruthenium (II) organometallic arene complexes in human ovarian cancer. *Br J Cancer* 2002; 86(10): 1652-1657.
  38. Arola OJ, Saraste A, Pulkki K, Kallajoki M, Parvinen M, Voipio-Pulkki LM. Acute doxorubicin cardiotoxicity involves cardiomyocyte apoptosis. *Cancer Res* 2000; 60(7): 1789-1792.
  39. Lage H, Jordan A, Scholz R, Dietel M. Thermosensitivity of multidrug-resistant human gastric and pancreatic carcinoma cells. *Int J Hyperthermia* 2000; 16(4): 291-303.