

اثر ضد توموری والپروئیک اسید و ۱، ۲۵ دی‌هیدروکسی ویتامین D3 بر سلول‌های سرطانی HL-60

مریم رحیمی

دریافت: ۱۳۹۶/۹/۱۱ / پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۰ / چاپ: ۱۳۹۷/۳/۲۰

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

ایمیل: m.rahimi@malayeru.ac.ir

چکیده. گزارش شده که ۱، ۲۵ دی‌هیدروکسی ویتامین D3 یک شکل فعال ویتامین D رشد تعدادی از سلول‌های سرطانی پوست، پروستات، سینه، کولون و لوسمی را مهار می‌کند. والپروئیک اسید، به عنوان یک مهارکننده قوی هیستون داستیلاز، همچنین نقش مهمی در مهار تکثیر سلول‌های تومور ایفا می‌کند. با این حال، تا کنون هیچ گزارشی در مورد همکاری بین والپروئیک اسید و ۱، ۲۵ دی‌هیدروکسی ویتامین D3 برای اثر ضد سرطانی وجود ندارد. هدف از تحقیق حاضر ارزیابی این بود که آیا دوزهای کم ۱، ۲۵ دی‌هیدروکسی ویتامین D3 سمیت والپروئیک اسید را تقویت می‌کند و آیا این عمل از طریق مکانیزم‌های آپوپتوز انجام می‌گیرد. در این مطالعه سلول‌های HL-60 با غلظت‌های مختلف والپروئیک اسید و ۱، ۲۵ دی‌هیدروکسی ویتامین D3 به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر در ۲۴ ساعت تیمار شدند. درصد زنده بودن سلول‌ها به روش MTT سنجیده شد و سپس برای بررسی نوع مرگ سلولی از رنگ آمیزی Hoechst استفاده شد. مطالعه حاضر نشان داد که ۱، ۲۵ دی‌هیدروکسی ویتامین D3 اثر آنتی توموری والپروئیک اسید را افزایش می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از رنگ آمیزی سلول‌ها نشان داد که والپروئیک اسید و ۱، ۲۵ دی‌هیدروکسی ویتامین D3 باعث القاء آپوپتوز در سلول‌های HL-60 می‌شوند. در کل ترکیب جدید والپروئیک اسید و ۱، ۲۵ دی‌هیدروکسی ویتامین D3 هم افزایی اثر ضد تکثیری و القاء آپوپتوز در روی سلول‌های سرطانی HL-60 را نشان داد.

واژه‌های کلیدی. آپوپتوز، تمایز، ضد تکثیری، لوسمی حاد پرومیلوسیتی، مهارکننده هیستون داستیلاز

Anti-tumor effects of valproic acid and 1, 25 dihydroxy vitamin D3 on HL-60 cancer cells

Maryam Rahimi

Received 10.12.2017/ Accepted 31.12.2017/ Published 10.06.2018

Department of Biology, Faculty of Science, Malayer University, Malayer, Iran

E.mail: m.rahimi@malayeru.ac.ir

Abstract. 1, 25 dihydroxy vitamin D3, an active metabolite of vitamin D3 has been reported to inhibit the growth of number neoplasms such as prostate, breast, colorectal, leukemia and skin cancers. Valproic acid, as a potent histone deacetylase inhibitor, also plays an important role in inhibition of proliferation of tumor cells. However, there are no reports so far on the cooperation between valproic acid and vitamin D3 for anti-leukemic effect. The goal of the present research was to evaluate whether low doses of vitamin D3 potentiate the toxicity of valproic acid and whether this toxic action is mediated via apoptotic mechanisms. In this study HL-60 cells were treated either with different concentrations of valproic acid and vitamin D3 alone and in combination with each other for 24 hours. Cell survival was determined by MTT assay and then Hoechst staining was used to determine the type of death cell. This present study indicates that vitamin D3 potentiates the antitumor effects of valproic acid. Also, the results of staining cells showed that valproic acid and vitamin D3 induced apoptosis in HL-60 cells. In total, the new combination of valproic acid and vitamin D3 showed synergistic anti-proliferative effect and induced apoptosis on HL-60 cancer cells.

Keywords. Acute promyelocytic leukemia, anti-proliferation, apoptosis, differentiation, histone deacetylase inhibitor

ضدسرطانی این ترکیب بر سلول‌های سرطانی سینه و کولون و لوسمی میلو بلاستیک و لوسمی حاد پرومیلوسیتیک نیز بررسی شده است (Shi *et al.*, 2016; Debeb *et al.*, 2010; Harikrishnan *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2010). از آنجایی که تاکنون هیچ گزارشی درباره همکاری بین داروی والپروئیک اسید و ۱، ۲۵ دی هیدروکسی ویتامین D3 برای القای اثر ضد تکثیری بر سلول‌های سرطانی انجام نشده است، مطالعه حاضر برای بررسی ترکیبی اثر هر دو ماده بر سلول‌های سرطانی حاد پرومیلوسیتی صورت گرفته است. در این مطالعه، از این خاصیت والپروئیک اسید برای مهار هیستون داستیلازها به تنهایی و در ترکیب با ۱، ۲۵ دی هیدروکسی ویتامین D3 در سلول‌های HL-60 استفاده شد و همچنین نوع مرگ القایی توسط این مواد نیز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

کشت سلول و آماده‌سازی غلظت‌های مختلف مواد

در این مطالعه تجربی، رده سلولی سرطان حاد پرومیلوسیتی HL60 (NCBI Code: C217) از انستیتو پاستور ایران تهیه شد و در محیط کشت (SIGMA) RPMI1640 در حضور ۱۰ درصد FBS Fetal Bovine Serum (Gibco) و ۱ درصد پنی-سیلین-استرپتومایسین (Gibco) کشت داده شد. ماده ۱، ۲۵ دی-هیدروکسی ویتامین D3 در اتانول مطلق حل شد و داروی والپروئیک اسید از داروخانه تهیه شد. سپس، قرص‌ها با هاون پودر شدند. با توجه به وزن مولکولی دارو و غلظت‌های مورد نظر آن، مقدار لازم وزن شد و در یک میلی لیتر DMSO حل شد و به این صورت محلول‌های اولیه به دست آمد. برای کاستن اثر حلال‌ها بر سلول‌ها جهت رقیق کردن محلول اولیه، در مراحل بعدی از محیط کشت خالی استفاده شد. غلظت‌های مورد استفاده از ۱، ۲۵- دی هیدروکسی ویتامین D3، ۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰ نانومولار (nM) و والپروئیک اسید ۱، ۲ و ۳ میلی مولار (mM) بود.

بررسی درصد سلول‌های زنده

برای بررسی درصد سلول‌های زنده از آزمون MTT استفاده شد. به طور خلاصه، روش MTT بدین صورت انجام گرفت: ابتدا، تعداد مناسب 5×10^5 سلول در هر میلی لیتر و غلظت مواد مورد نظر در خانه‌های یک پلیت ۲۴ خانه تنظیم شد و برای هر غلظت از ماده مورد نظر سه خانه در نظر گرفته شد. بعد از بازه‌های زمانی

یکی از انواع سرطان‌های خون لوسمی حاد پرومیلوسیتی Acute Promyelocytic Leukemia (APL) است. این نوع از لوسمی را اولین بار هماتولوژیست‌های فرانسوی در سال ۱۹۴۹، با عنوان لوسمی همراه با خون‌ریزی شدید گزارش کردند. این نوع سرطان با حضور فراوان سلول‌های نابالغ پرومیلوسیتی در مغز استخوان و جریان خون محیطی همراه است (Zhang *et al.*, 2001). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که ۱، ۲۵ دی هیدروکسی ویتامین D3 با نام متداول کلسیتریول، علاوه بر نقش مهم خود در هوموستازی کلسیم در بدن، تقریباً بر تمام سلول‌ها تأثیر می‌گذارد و یکی از عوامل مهم طبیعی در مبارزه با سلول‌های سرطانی است. مطالعات تجربی نشان داده است که ۱، ۲۵ دی هیدروکسی ویتامین D3 توانایی ورود به سلول‌های سرطانی و القای مرگ سلولی در آنها را دارد (Corcoran *et al.*, 2016; Chirumbolo, 2015). علاوه بر این ۱، ۲۵ دی هیدروکسی ویتامین D3 توانایی تقویت فعالیت ضدتومور تعدادی از داروهای سیتوتوکسیک در مدل‌های *in vivo* را نشان داده است. اما از آنجایی که به کاربردن غلظت‌های بالای کلسیتریول اثر سمی دارند و همچنین باعث به وجود آمدن عوارض جانبی hypercalcemia می‌شود برای مقابله با این محدودیت راه کارهای دیگری را ارائه داده‌اند، از جمله اینکه موادی همراه با غلظت کم کلسیتریول به کار برند تا اثر ضدتوموری آن افزایش یابد. مطالعات قبلی نشان داده است برخی مواد که اثر آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضد تکثیری دارند، توانایی این را دارند که همراه با غلظت‌های کم کلسیتریول توان ضدتوموری آن را افزایش دهند (Wang *et al.*, 2005; Mohseni-Kouchesfahani *et al.*, 2017). اخیراً دانشمندان نشان دادند که والپروئیک اسید Valproic acid که به طور طبیعی در سنبل کوهی *Valeriana officinalis* L. یافت می‌شود و در درمان صرع و انواع خاصی از افسردگی‌ها و پیشگیری از میگرن به کار می‌رود، به واسطه عملکرد مهارکنندگی هیستون داستیلازها در درمان ایدز و سرطان نیز نقش مؤثری دارد (Hicks *et al.*, 2007; Loscher, 2002; Kostrouchova *et al.*, 2011). این ترکیب به سبب اثر مهارکننده هیستون داستیلاز به مثابه عامل ضدسرطان بررسی شده است. محققان نشان داده‌اند که می‌توان به تنهایی یا در ترکیب با شیمی‌درمانی و پرتودرمانی برای القای آپوپتوز در سلول‌های سرطانی از این گیاه استفاده کرد. اثر

تحلیل آماری

جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار 3-INSTANT و آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شده و نمودارها از طریق برنامه EXCEL رسم شدند. $p > 0.05$ معنی‌دار بودن داده‌ها تلقی شد و هر آزمایش دست کم سه مرتبه تکرار شد. داده‌ها نشان‌دهنده $means \pm SD$ از سه آزمایش جداگانه است.

نتایج

اثر ضد تکثیری والپروئیک اسید و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 بر سلول‌های HL-60

اثر والپروئیک اسید و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 به-تنهایی در دامنه‌ای از غلظت‌ها بر سلول‌های HL-60 بررسی شد. همان‌طور که در شکل A1- نشان داده شده است، ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 در یک رفتار وابسته به غلظت با IC_{50} ۵۰ نانومولار در ۲۴ ساعت تکثیر سلول‌های HL-60 را مهار می‌کند. به‌طور مشابهی، همان‌طور که در شکل B1- می‌بینید، والپروئیک-اسید هم وابسته به غلظت با IC_{50} ۳ میلی‌مولار تکثیر سلول-های HL-60 را مهار می‌کند.

هم‌افزایی اثر ضد تکثیری والپروئیک اسید و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 بر سلول‌های HL-60

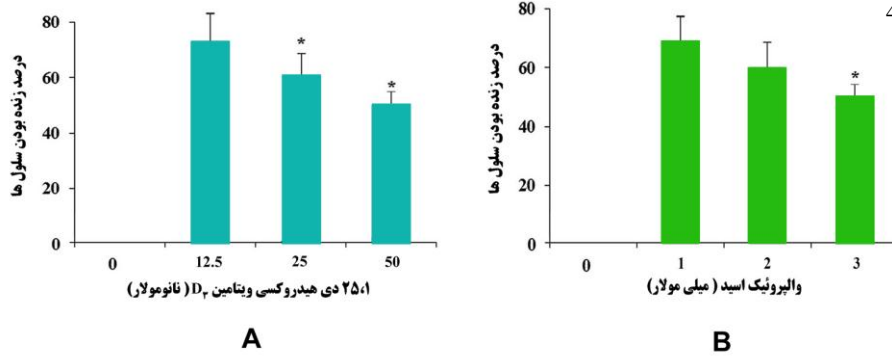
سلول‌های HL-60 به مدت ۲۴ ساعت هم‌زمان با غلظت‌های ۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰ نانومولار ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 و ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار والپروئیک اسید تیمار شدند. همان‌طور که در شکل A۲ نشان داده شده است مقادیر CI در دامنه ۰/۳۴-۰/۵۶ ($CI < 1$) بود که نشان‌دهنده اثر هم‌افزایی ضد توموری ترکیب والپروئیک اسید و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 بر سلول-های HL-60 است. هنگامی که غلظت والپروئیک اسید ۳ میلی‌مولار و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 ۵۰ نانومولار باشد، CI حداقل مقدار است. بنابراین، غلظت‌های مطلوب دو ماده برای اثر هم‌افزایی به دست آمد. سپس، سلول‌های HL-60 با سه میلی‌مولار والپروئیک اسید به همراه ۵۰ نانومولار ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 به مدت ۲۴ ساعت تیمار شدند و میزان مهار تکثیر آنها به‌طور درخور توجهی از $48 \pm 46/34$ درصد برای ۵۰

معین به هر خانه از پلیت‌های ۲۴ خانه ۲۰۰ میکرولیتر محلول MTT با غلظت ۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر (Sigma) افزوده شد و سپس ۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. بعد از این مرحله، پلیت‌ها برای ۵ دقیقه با دور 800 rpm سانتریفوژ شدند. سپس، محیط رویی با احتیاط خارج شد و بعد به هر خانه ۲۰۰ میکرولیتر (Merck) DMSO اضافه شد پس از گذشت ۳۰ دقیقه، محتوای خانه‌ها چندین بار پیتاژ شد تا رسوب داخل سلول‌ها بیرون بریزد. سرانجام میزان جذب نوری (OD) در طول موج ۵۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه الیزا ریدر ثبت شد. سپس، درصد سلول‌های زنده در هر چاهک از تقسیم OD آزمون بر OD کنترل ضرب در صد به دست آمد.

تعیین اثر متقابل والپروئیک اسید و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 بر سلول‌های HL-60

اثر متقابل والپروئیک اسید و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 با استفاده از MTT assay ارزیابی شد. شاخص ترکیبی CI توسط نرم‌افزار CalcuSin محاسبه شد. $CI > 1$ و $CI < 1$ در این نرم‌افزار به ترتیب نشان‌دهنده اثر هم‌افزایی، افزایشی و آنتاگونیستی است (Chou, 2006).

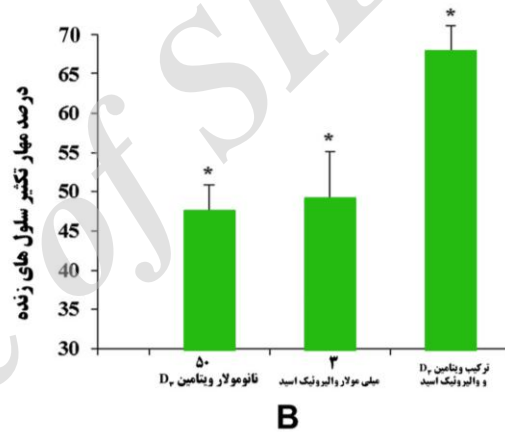
مطالعه ریخت‌شناسی سلول‌های آپوپتوزی با رنگ آمیزی Hoechst به منظور بررسی وقوع مرگ سلولی و تشخیص آنکه مرگ سلولی از نوع آپوپتوزیس است، از میکروسکوپ فلورسینس و رنگ آمیزی Hoechst استفاده شد. در این رنگ آمیزی، سلول‌های طبیعی به صورت رنگ آبی یک‌نواخت دیده می‌شوند، در صورتی که هسته سلول‌های دستخوش آپوپتوزیس به واسطه متراکم شدن کروماتین و قطعه‌قطعه شدن هسته، به‌طور غیرمنظم و به صورت نقاط آبی درخشان قابل مشاهده است. برای تهیه این محلول، ۱ میلی‌گرم رنگ Hoechst در ۱ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر حل شد. بعد از رسوب و شست‌وشوی سلول‌های تیمار شده با غلظت‌های IC_{50} یعنی با غلظت‌های ۶mM والپروئیک اسید و ۵۰nM ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 به تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر با PBS، ۲۵ میکرولیتر از سوسپانسیون سلولی با ۱ میکرولیتر از رنگ هوست مخلوط و ۱۰ میکرولیتر از آن روی لام قرار داده شد. سپس، با میکروسکوپ فلورسانس (Nikon, Japan) مشاهده شد (Rowinsky, 1997).



شکل ۱- اثر والپروئیک اسید و ۲۵،۰۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 به تنهایی بر تکثیر سلول‌های HL-60. سلول‌های HL-60 با غلظت‌های مختلف **A:** ۱۰،۲۵-دی هیدروکسی ویتامین D3 و **B:** والپروئیک اسید به مدت ۲۴ ساعت تیمار شدند. تکثیر سلولی با روش MTT اندازه‌گیری شد. اعداد نشان‌دهنده $\text{means} \pm \text{SD}$ از سه آزمایش جداگانه است.

Fig. 1. The effect of valproic acid and 1, 25-dihydroxyvitamin D3 alone on the proliferation of HL-60 cells. HL-60 cells were treated with different concentrations of **A:** 1, 25-dihydroxyvitamin D3 and **B:** valproic acid for 24 h. Cell proliferation was measured by MTT assay. Values represent the means \pm SD in three separate experiments.

CDI		۲۵،۰۱ دی هیدروکسی ویتامین D ₃ (نانومولار)		
		۱۲/۵	۲۵	۵۰
والپروئیک اسید (میلی مولار)	۱	۰/۵۵	۰/۴۴	۰/۳۵
	۲	۰/۵۸	۰/۴۶	۰/۳۶
	۳	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۳۲



شکل ۲- اثر والپروئیک اسید و ۲۵،۰۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 در ترکیب با یکدیگر بر تکثیر سلول‌های HL-60. **A:** سلول‌های HL-60 به مدت ۲۴ ساعت همزمان با غلظت‌های ۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰ نانومولار ۲۵،۰۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 و ۱، ۲ و ۳ میلی مولار والپروئیک اسید قرار گرفتند و **B:** سلول‌های HL-60 به مدت ۲۴ ساعت با ۳ میلی مولار والپروئیک اسید و ۵۰ نانومولار ۲۵،۰۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 در ترکیب با یکدیگر قرار گرفتند و میزان تکثیر سلول‌ها توسط سنجش MTT بررسی شد. اعداد نشان‌دهنده $\text{means} \pm \text{SD}$ از سه آزمایش جداگانه است.

Fig. 2. The effect of valproic acid and 1, 25-dihydroxyvitamin D3 in combination with each other on the proliferation of HL-60 cells. **A:** HL-60 cells were treated with 1, 25-dihydroxyvitamin D3 (12.5, 25 and 50 nM) and valproic acid (1, 2 and 3 mM) concurrently for 24 h. **B:** HL-60 cells were co-exposed to 50 nM 1, 25-dihydroxyvitamin D3 and 3 mM valproic acid for 24 h, then cell viability was measured by MTT assay. Values represent the means \pm SD of three separate experiments.

برای تعیین اثر والپروئیک اسید به همراه ۲۵،۰۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 در سلول‌های HL-60، تغییرات مورفولوژیکی توسط میکروسکوپ نوری معکوس و میکروسکوپ فلورسنت پس از رنگ آمیزی Hoechst بررسی شد. بخشی از سلول‌های تیمار شده توسط والپروئیک اسید و ۲۵،۰۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 به-تنهایی با میکروسکوپ نوری معکوس، تراکم سلولی و اجسام آپوتوتیک را نشان دادند که از ویژگی‌های مورفولوژیکی مرگ آپتوز هست (شکل ۳A). به‌طور مشابه، نتایج رنگ آمیزی Hoechst نشان داد که هسته‌های سلول‌های کنترل گرد و رنگ

نانومولار ۲۵،۰۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 و $49 \pm 40/23$ درصد برای ۳ میلی مولار والپروئیک اسید به $68 \pm 48/35$ درصد در ترکیب با یکدیگر افزایش پیدا کرد که تأییدکننده اثر هم‌افزایی اثر مهاري والپروئیک اسید و ۲۵،۰۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 بر تکثیر سلول‌های HL-60 است (شکل ۲B).

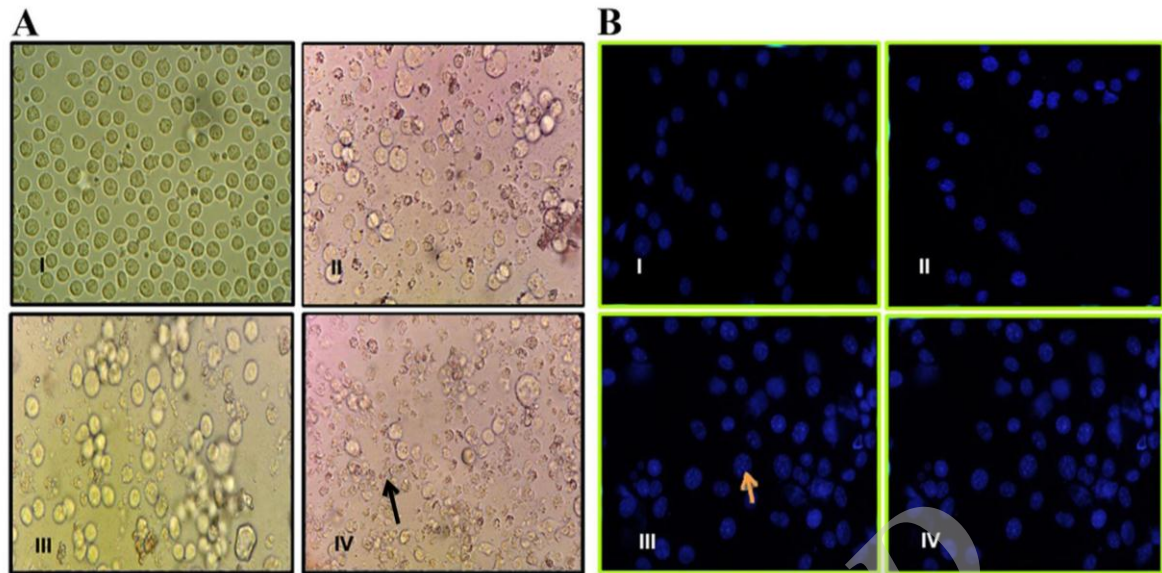
اثر والپروئیک اسید و ۲۵،۰۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 به تنهایی و در ترکیب باهم بر نوع مرگ القا شده در سلول‌های HL-60

بحث

آبی فلورسانس همگنی را نشان می‌دهند. درحالی که سلول‌های تیمارشده با والپروئیک اسید و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 به تنهایی برای ۲۴ ساعت هسته‌های متراکم یا تکه‌تکه‌شده، که مشخصه آپوپتوز سلولی است نشان دادند (شکل ۳B). علاوه بر این، آپوپتوز در گروه ترکیبی بیشتر از هر عامل تنها مشاهده شد.

HL-60 یک رده سلولی سرطان خون است که از بیماران مبتلا به لوسمی حاد پرومیلوسیتی گرفته شده است. در این لوسمی جابه‌جایی کروموزوم (15:17)t صورت می‌گیرد که به الحاق ژن PML (کروموزوم ۱۵) و ژن RAR (کروموزوم ۱۷) و ایجاد ژن الحاقی RAR-PML منجر می‌شود. ژن PML در این سلول‌ها همچون سرکوب‌کننده تومور عمل می‌کند. PML کارسینوزن-های شیمیایی را مهار می‌کند و همچون یک عامل پیش آپتوز عمل می‌کند. هنگامی که این جابه‌جایی کروموزومی ایجاد می‌شود، دیگر پروتئین PML نمی‌تواند به‌طور طبیعی عمل خود را انجام دهد. پروتئین الحاقی RAR-PML فعالیت مهار ژن PML را تخریب می‌کند، بنابراین اجازه تکثیر پرومیلوسیت‌های نابالغ را می‌دهد (Wang et al., 2005; Hikita et al., 2017). در سال‌های اخیر، پروتکل‌های درمانی برای سرطان مطرح شده در مراکز تحقیقاتی بررسی و تجزیه و تحلیل شده‌اند. از پروتکل‌های درمانی که تا به امروز برای این سرطان مورد استفاده قرار گرفته است به‌طور معمول شیمی‌درمانی و پرتودرمانی است. این روش‌ها با نواقصی نیز همراه هستند. علم بیولوژی در روند درمان سرطان بیشتر سعی می‌کند از روش‌هایی استفاده کند که سلول‌های سرطانی به مسیر عادی رشد و نمو و تمایز و در نهایت مرگ برنامه‌ریزی‌شده خود برگردند. براین اساس، یک روش نسبتاً جدید در درمان سلول‌های سرطانی استفاده از ترکیباتی است که به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیبی رشد سلول‌های سرطانی و مرگ برنامه‌ریزی‌شده آنها را اصلاح می‌کنند (Spira et al., 2003; Imran et al., 2017; Kamada et al., 2017). نتایج پژوهش ما نشان داد که ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 و والپروئیک اسید در رفتار وابسته به غلظت در ۲۴ ساعت تکثیر سلول‌های HL-60 را مهار می‌کنند. مقادیر CI نشان‌دهنده اثر هم‌افزایی ضدتوموری ترکیب والپروئیک اسید و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 بر سلول‌های

HL-60 بود. مشاهده شد هنگامی که غلظت والپروئیک اسید ۳ میلی مولار و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 ۵۰ نانو مولار باشد، CI حداقل مقدار است و حداکثر هم‌افزایی را خواهند داشت. به‌طوری که میزان مهار تکثیر سلول‌های HL-60 از ۴۸±۴۶/۳۴ درصد برای ۵۰ نانومولار ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 و ۴۹±۴۰/۲۳ درصد برای ۳ میلی مولار والپروئیک اسید به ۶۸±۴۸/۳۵ درصد در ترکیب با یکدیگر افزایش پیدا کرد که تأییدکننده اثر هم‌افزایی مهار والپروئیک اسید و ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 بر تکثیر سلول‌های HL-60 است. علاوه بر این، نوع مرگ سلول در سلول‌های تیمارشده با سه میلی مولار والپروئیک اسید و ۵۰ نانومولار ۲۵،۱-دی هیدروکسی ویتامین D3 به‌تنهایی از نوع آپوپتوز تشخیص داده شد که آپوپتوز در گروه ترکیبی بیشتر از هر عامل تنها مشاهده شد. اخیراً مشاهده شده که هیستون داستیلازها در سلول‌های سرطانی بیان بالایی دارند که باعث سرکوب نسخه‌برداری ژن‌های سرکوب‌کننده تومور می‌شود و در نهایت تمایز و آپوپتوز را در این سلول‌ها مختل می‌کنند. والپروئیک اسید یک مهارکننده مؤثر هیستون داستیلاز است. اثر ضد سرطانی این ترکیب بر روی سلول‌های نوروبلاستوما، سرطان پستان، گلیوما، سرطان روده بزرگ، هپاتوکارسینوما، سرطان دهانه رحم، اندومتریال، ملانوما، تخمدان، نوروبلاستوما، تراتوکار-سینوما، مدولوبلاستوما و فیبروسار-کوما بررسی شده است. نتایج این تحقیقات نشان داده‌اند که والپروئیک اسید در غلظت‌های ۲ تا ۳ میلی مولار القاکننده شدید مهار رشد، توقف چرخه سلولی، و آپوپتوز است و فعالیت تشکیل کلونی و تومورزایی را به‌صورت وابسته به مقدار و زمان سرکوب می‌کنند که نتایج مطالعه حاضر هم‌راستا با مطالعات مذکور هم‌سو است و آنها را تأیید می‌کند (Duenas et al., 2008; Karagiannis et al., 2006). مطالعات قبلی نشان داده است که فعالیت ضدتوموری والپروئیک اسید وابسته به القای هایپراستیلیسیون هیستون‌های H3 و H4 و توقف بیان CDK4،TP53 و CMYC و افزایش فعالیت P21 است (Li et al., 2005; Chen et al., 2007; She et al., 2016). همچنین مطالعات قبلی نشان داده که ویتامین D3 با نام متداول کلسیتریول دارای توانایی القای تمایز و آپوپتوز در سلول-



شکل ۳- اثر ۳ میلی مولار والپروئیک اسید و ۵۰ نانومولار ۲۵،۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر بر نوع مرگ القا شده در سلول‌های HL-60: تغییرات مورفولوژیکی سلول‌های HL-60 با استفاده از میکروسکوپ نوری معکوس (برگنمایی ۴۰۰): B: تغییرات مورفولوژیکی هسته سلول‌ها بعد از رنگ‌آمیزی با Hockest با استفاده از میکروسکوپ فلورسانس (بزرگنمایی ۴۰۰). فلش‌ها نشان دهنده سلول‌های آپوپتوزیک هستند. I: کنترل، II: ۳ میلی مولار والپروئیک اسید، III: ۵۰ نانومولار ۱، ۲۵- دی هیدروکسی ویتامین D3، IV: ۳ میلی مولار والپروئیک اسید به علاوه ۵۰ نانومولار ۱، ۲۵- دی هیدروکسی ویتامین D3

Fig. 3. The effect of 3 mM valproic acid and 50 nM 1, 25-dihydroxyvitamin D3 alone and in combination with each other on the type of death induced in HL-60 cells. **A:** The morphological changes of HL-60 cells were examined by reverse optical microscope (400 x). **B:** Nucleolus cells morphological changes were investigated under fluorescence microscope after Hoechst-33342 staining (400 x). Arrows indicate apoptotic cells. I: Control, II: 3 mM valproic acid, III: 50 nM 1, 25-dihydroxyvitamin D3, IV: 50 nM 1, 25-dihydroxyvitamin D3 and 3 mM valproic acid.

است که نتایج مطالعه حاضر با مطالعات مذکور هم‌سو است و آنها را تأیید می‌کند. براساس بررسی‌ها و مطالعات انجام‌شده، والپروئیک اسید توان ضدتکثیری ۲۵،۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 را افزایش می‌دهد و در پیش‌گیری و کاهش سرطان مؤثر واقع می‌شود. در این تحقیق، نتایج نشان داد که والپروئیک اسید و ۲۵،۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 موجب آپوپتوز در سلول‌های HL-60 می‌شوند، ولی برای بررسی‌های بیشتر و پی- بردن به سازوکار دقیق، تحقیقات بیشتر و دقیق‌تری لازم است.

سپاسگزاری

نویسنده مقاله از کارشناسان آزمایشگاه سلولی و مولکولی دانشگاه ملایر به سبب راهنمایی و مساعدت در انجام این تحقیق قدردانی می‌نماید.

REFERENCES

Chen, B.A., Zhao, H.H., Gao, C., Shao, Z.Y., Xia, G.H. and Dohner, K. 2007. Effects of sodium valproate on proliferation and apoptosis of human

های سرطانی است و می‌تواند به‌طور مستقیم با مهار (CDK1) Cyclin-dependent kinase و سنتز cyclin‌ها و غیرمستقیم با افزایش رونویسی ژن‌های مهاکننده CDK1 مثل P21 و P27 در القای تمایز و آپوپتوز در سلول‌های سرطانی عمل نماید. اما از آنجایی که غلظت‌های بالای ۲۵،۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 سمی هستند و اثر جانبی دارند، راهکار استفاده از ۲۵،۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 به‌کاربردن موادی همراه آن است که اثر ضدتکثیری ۲۵،۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 را تقویت کند. در مطالعات گذشته نشان داده شد که برخی از مواد که خاصیت ضدتکثیری و التهایی دارند می‌توانند همراه ۲۵،۱- دی هیدروکسی ویتامین D3 توان تمایزی و آپوپتوزی آن را افزایش دهند (Luong & Koeffler, 2005; Christian *et al.*, 2014; Datta- Mitra *et al.*, 2013). مرور منابع علمی نشان داد که اثر والپروئیک اسید به‌همراه ویتامین D3 بر سلول‌های HL-60 بررسی نشده است، درحالی‌که اثر مهار والپروئیک اسید و ویتامین D3 جداگانه روی تکثیر سلول‌های HL-60 گزارش شده

- myelodysplastic syndromes cell line MUTZ-1. – *Ai Zheng*. 26: 1323-1329.
- Chirumbolo, S.** 2015. Vitamin D3 in cancer prevention and therapy: the nutritional issue. – *Horm. Mol. Biol. Clin. Investig.* 23: 71-8.
- Chou, T.C.** 2006. Theoretical basis, experimental design, and computerized simulation of synergism and antagonism in drug combination studies. – *Pharmacol. Rev.* 58: 621-681.
- Corcoran, A., Nadkarni, S., Yasuda, K., Sakaki, T., Brown, G., Kutner, A. and Marcinkowska, E.** 2016. Biological evaluation of double point modified analogues of 1, 25-Dihydroxyvitamin D₂ as potential anti-leukemic agents. – *Int. J. Mol. Sci.* 17: 91-101.
- Datta-Mitra, A., Mitra, A., Ray, R., Raychaudhuri, S.P. and Kundu-Raychaudhuri, S.** 2013. 1, 25-Dihydroxyvitamin D₃-3-bromoacetate, a novel vitamin D analog induces immunosuppression through PI-3K/Akt/mTOR signaling cascade. – *Int. Immuno-pharmacol.* 17: 744-51.
- Debeb, B.G., Xu, W., Mok, H., Li, L., Robertson, F. and Ueno, N.T.** 2010. Differential radiosensitizing effect of valproic acid in differentiation versus self-renewal promoting culture conditions. – *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 76: 889-95.
- Duenas, G.A., Candelaria, M., Perez, P.C., Peza, C.E., Cruz, H.E. and Herrera, L.** 2008. Valproic acid as epigenetic cancer drug: preclinical, clinical and transcriptional effect on solid tumors. – *Cancer Treat. Rev.* 34: 206-222.
- Harikrishnan, K.N., Karagiannis, T.C., Chow, M.Z. and El-Osta, A.** 2008. Effect of valproic acid on radiation-induced DNA damage in euchromatic and heterochromatic compartments. – *Cell Cycle* 7: 468-76.
- Hicks, C.W., Pandya, M.M. and Fernandez, Z.** 2011. Valproate for the treatment of medication-induced impulse-control disorder in three patients with parkinsons disease. – *Parkinsonism Relat. Disord.* 17: 379-381.
- Hikita, K., Hattori, N., Takeda, A., Yamakage, Y., Shibata, R., Yamada, S., Kato, K., Murata, T., Tanaka, H. and Kaneda, N.** 2017. Potent apoptosis-inducing activity of erypoeigin K, an isoflavone isolated from *Erythrina poeppigiana*, against human leukemia HL-60 cells. – *J. Nat. Med.* 18: 1147-9.
- Imran, A., Qamar, H.Y., Ali, Q., Naeem, H., Riaz, M., Amin, S., Kanwal, N., Ali, F., Sabar, M.F. and Nasir, I.A.** 2017. Role of Molecular Biology in Cancer Treatment: A Review Article. – *Iran J. Public Health.* 46: 1475-1485.
- Kamada, R., Kudoh, F., Yoshimura, F., Tanino, K. and Sakaguchi, K.** 2017. Inhibition of Ser/Thr phosphatase PPM1D induces neutrophil differentiation in HL-60 cells. – *J. Biochem.* 162: 303-308.
- Karagiannis, T.C., Kn, H. and El-Osta, A.** 2006. The epigenetic modifier, valproic acid, enhances radiation sensitivity. – *Epigenetics* 1: 131-7.
- Kostrouchova, M., Kostrouch, Z. and Kostrouchova, M.** 2007. Valproic acid molecular lead to multiple regulatory pathways. – *Folia Biological.* 53: 37-49.
- Li, Y.Q., Yin, S.M., Feng, S.Q., Nie, D.N., Xie, S.F., Ma, L.P., Wang, X.J. and Wu, Y.D.** 2010. Effect of valproic acid on apoptosis of leukemia HL-60 cells and expression of h-tert gene. – *Zhongguo Shi Yan Xue Ye Xue Za Zhi.* 18:1445-50.
- Li, X.N., Shu, Q., Su, J.M.F., Perlaky, L., Blaney, S.M. and Lau, C.C.** 2005. Valproic acid induces growth arrest, apoptosis, and senescence in medulloblastomas by increasing histone hyperacetylation and regulation expression of p21Cip1, CDK4, and CMYC. – *Mol. Cancer Ther.* 4: 1912-1922.
- Loscher, W.** 2002. Basic pharmacology of valproate: a review after 35 years of clinical use for the treatment of epilepsy. – *CNS Drugs.* 16: 669-694.
- Luong, Q.T. and Koeffler, P.H.** 2005. Vitamin D compounds in leukemia. – *Hematol. Oncol.* 97: 195-202.
- Mohseni-Kouchesfahani, H., Nabioni, M., Khosravi, Z. and Rahimi, M.** 2017. Honey bee venom combined with 1, 25-dihydroxyvitamin D₃ as a highly efficient inducer of differentiation in human acute myeloid leukemia cells. – *J. Cancer Res. Ther.* 13: 544-549.
- Rogers, C.S., Yedjou, C.G., Sutton, D.J. and Paul, B.T.** 2014. Vitamin D₃ potentiates the antitumorigenic effects of arsenic trioxide in human leukemia (HL-60) cells. – *Exp. Hematol. Oncol.* 3: 9-17.
- Rowinsky, E.K.** 1997. The development and clinical utility of the taxane class of antimicrotubule chemotherapy agents. – *Annu. Rev. Med.* 48: 353-74.
- Shi, M., Ren, X., Wang, X., Wang, H., Liu, G., Yuan, X., Zheng, S., Yu L., Pan, S., Song, G., Guo, Q., Li, L., Zhang, X., Zhang, Z., Ding, H. and Jiang, G.** 2016. A novel combination of oridonin and valproic acid in enhancement of apoptosis induction of HL-60 leukemia cells. – *Int. J. Oncol.* 48: 734-746.
- Spira, A.I. and Carducci, M.A.** 2003. Differentiation therapy. – *Curr. Opin. Pharmacol.* 3: 338-343.
- Wang, Q., Harrison, J.S., Uskokovic, M., Kutner, A. and Studzinski, G.P.** 2005. Translational study of Vitamin D differentiation therapy of myeloid leukemia: Effects of the combination with a p38 MAPK inhibitor and an antioxidant. *Leukemia.* 19: 1812-7.
- Wang, Q., Salman, H., Danilenko, M. and Studzinski, G.P.** 2005. Cooperation between antioxidants and 1,25-dihydroxyvitamin D₃ in induction of leukemia HL60 cell differentiation through the JNK/AP-1/Egr-1 pathway. – *J. Cell Physiol.* 204: 964-74.
- Zhang, T.D., Chen, G.Q., Wang, Z.G., Wang, Z.Y., Chen, S.J. and Chen, Z.** 2001. Arsenic trioxide, a therapeutic agent for APL. – *Oncogene* 20: 7146-7153.

How to cite this article:

Rahimi, M. 2018. Anti-tumor effects of valproic acid and 1,25 dihydroxy vitamin D₃ on HL-60 cancer cells. – *Nova Biologica Rep.* 5: 38-44.

رحیمی، م. ۱۳۹۷. اثر ضد توموری والپروئیک اسید و ۱،۲۵ دی‌هیدروکسی ویتامین D₃ بر سلول‌های سرطانی HL-60. – یافته‌های نوین در علوم زیستی.

۳۸-۴۴:۵