

مطالعه آزمایشگاهی: ارزیابی و مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میزان شارژ سطحی و سمیت سلولی نانوکامپوزیت های لیپیدی برای حمل اسید های نوکلئیک در سرطان استخوان

فاطمه برزگری فیروزآبادی^۱، شهربانو عربان^{۲*} محمد حسن شیخها^۳، سید مهدی کلانتر^۴، آمنه جاوید^۵

مقاله پژوهشی

مقدمه: هدف از این مطالعه، بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، میزان شارژ سطحی و سمیت سلولی فرمولاسیون های مختلف نانوکامپوزیتی جهت طراحی نانو سامانه لیپیدی با حداکثر میزان بارگیری برای اسیدهای نوکلئیک در سرطان استخوان بود. **روش بررسی:** برای انجام این مطالعه، با استفاده از DPPC، کلسترول، DSPE-mPEG و DOTAP شش نوع لیپوزوم با ترکیبات متفاوت طراحی و سنتز شدند. سپس نانو سامانه های ساخته شده از نظر اندازه ذرات، بار سطحی، سمیت سلولی و میزان بارگیری miRNA-143 در دو رده سلولی از رده های سلولی سرطان استخوان انسان ارزیابی شدند. از نرم افزار SPSS و آزمون های ANOVA و Student t-test برای آنالیز آماری نتایج آزمایشات و ارزیابی آنها استفاده شد. **نتایج:** تمام نانو سامانه ها مونودیسپرس بودند. از بین سامانه ها، فرمول F6 دارای کمترین میزان سمیت و بیشترین میزان بارگذاری miRNA-143 بود که به علت وجود میزان مناسبی از فسفولیپید DOTAP و DSPE-mPEG در ساختار لیپوزوم می باشد. **نتیجه گیری:** فرمولاسیون لیپوزومی با درصد مناسب از فسفولیپید کاتیونی DOTAP می تواند به عنوان یک حامل درمانی موفق برای حمل miRNA در فرایندهای درمانی جهت درمان انواع سرطان ها به ویژه انواع متاستاتیک استفاده شود.

واژه های کلیدی: miRNA، نانوکامپوزیت، ژن درمانی، سمیت سلولی

ارجاع: برزگری فیروزآبادی فاطمه، عربان شهربانو، شیخها محمد حسن، کلانتر سید مهدی، جاوید آمنه. مطالعه آزمایشگاهی: ارزیابی و مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میزان شارژ سطحی و سمیت سلولی نانوکامپوزیت های لیپیدی برای حمل اسید های نوکلئیک در سرطان استخوان. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد ۱۳۹۷؛ ۲۶ (۳): ۸۵-۲۷۵

۱ و ۲- گروه علوم جانوری، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳- مرکز تحقیقات زیست فناوری، پردیس بین الملل، دانشگاه علوم پزشکی خدمات بهداشتی و درمانی شهید صدوقی یزد، ایران

۴- گروه ژنتیک، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی خدمات بهداشتی و درمانی شهید صدوقی یزد، ایران

۵- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

* (نویسنده مسئول): تلفن ۰۹۱۲۱۲۶۲۷۲۳، پست الکترونیکی: sh_oryan@yahoo.com؛ کد پستی: ۸۹۱۵۱۱۶۵۸۴

مقدمه

هر ساله بیش از دوازده میلیون نفر از مردم سراسر دنیا به بیماری کشنده سرطان مبتلا شده و بیش از هفت میلیون نفر جان خود را از دست می دهند. سرطان هزاران سال پیش شناسایی شده و بیش از پنجاه سال است که دانشمندان به طور گسترده ای در این زمینه تحقیق می کنند. اما هنوز دارویی برای درمان آن به دست نیامده است. تنها در صورتی که سرطان در مراحل اولیه تشخیص داده شود تا حدودی قابل درمان و کنترل است (۱). بر اساس تخمین IARC، سرطان متداول ترین علت مرگ و میر هم در کشورهای پیشرفته و هم در کشورهای در حال توسعه است (۲). در کشورهای توسعه یافته، بیش از ۱۰ درصد از کل هزینه های مراقبت های پزشکی مربوط به سرطان است و بیشتر درمان های متداول، غیر اختصاصی است و راندمان محدودی دارد (۲،۳).

استئوسارکوم یا استئوژنیک سارکوم، Osteosarcoma osteogenic sarcoma یکی از شایع ترین تومورها یا سرطان های بدخیم اولیه استخوان است. سرطان استخوان زمانی اتفاق می افتد که سلول های استخوان ساز دچار مشکل شوند. هر ساله در ایالات متحده، این سرطان به شکل تومور استخوانی در بیش از دو هزار نفر تشخیص داده می شود. این سرطان در کودکان و نوجوانان شایع تر است و در افراد بزرگ سال به خصوص هرچه پیرتر می شوند، کمتر دیده می شود اما دلیل بر این نیست که اصلاً برای بزرگسالان اتفاق نیفتد. سرطان استخوان متاستاتیک در بزرگسالان شایع تر است. این نوع سرطان از یک ناحیه سرطانی دیگر به استخوان ها شیوع می یابد. از آن جایی که این سرطان جمعیت کودک و نوجوان جامعه را درگیر می کند لذا بررسی و درمان این بیماری حائز اهمیت خواهد بود (۴).

در حال حاضر از داروهای شیمیایی و پرتو درمانی جهت کند کردن سیر بیماری استفاده می شود که درمان قطعی نیست و عوارض جانبی خاص خود را دارد و بقایای سلول های سرطانی باقیمانده می توانند منجر به عود مجدد بیماری و

متاستاز گردند. در روش های شیمی و پرتو درمانی علاوه بر سلول های سرطانی، سلول های سالم نیز از بین می روند (۵،۶). نقص در فرآیند آپوپتوزیس علت بسیاری از بیماری ها از جمله سرطان است بنابراین به نظر می رسد دستیابی به روش های درمانی پروآپوپتوتیک هدفمند که فقط سلول های سرطانی را برای آپوپتوزیس هدف قرار دهد روشی مناسب برای درمان سرطان باشد (۷،۸). البته این مسیر طولانی بوده و در حال حاضر نیز بررسی هایی در جهت یافتن هر چه بیشتر ژن ها و مسیرهای درگیر در فرآیند مرگ سلولی و دست یابی به روش های درمانی جدیدتر ادامه دارد.

ژن درمانی یک روش درمانی از دسته روش های درمانی بیولوژیک است که طی آن با ترمیم و رفع عیب ژن، بیماری را درمان می کنند. در ژن درمانی سعی می شود با وارد کردن قطعات اولیگو یا پلی نوکلئوتید به سلول های بدن، درمان های ژنتیکی انجام دهند. در این روش باید به توان ژن را به سلامت از موانع طبیعی که در سلول وجود دارد مثل غشاء سلول، تخریب ژنوم توسط نوکلئازها و غیره عبور داده و به محل اثر آن ژن رساند. در این زمینه تحقیقات زیادی انجام شده که در هر کدام کاستی هایی وجود داشته است. در ژن درمانی انتخاب حامل با کارایی ترانسفکشن بالا و حداقل سمیت بسیار مهم می باشد. در گذشته از حامل های ویروسی جهت انتقال ژن استفاده می شد. هر چند این وکتورهای ویروسی کارایی بالایی برای انتقال ژن داشتند ولی به دلیل خطرات استفاده از آن ها و هم چنین احتمال آنکوژن بودن آن ها و هزینه بالا و محدودیت در اندازه اسید نوکلئیک قابل حمل، امروزه توجه محققان به سمت حامل های غیر ویروسی از جمله لیپوزوم ها جلب شده است که زیست سازگاری بالاتری نسبت به حامل های ویروسی داشته اما بیان ژن پایینی دارند (۹،۱۰).

لیپوزوم ها و زیکول هایی با دو لایه لیپید هستند که می توانند توسط مولکول های مختلف شامل miRNA ها بارگیری شوند. اگر در سنتز لیپوزوم ها لیپیدهای کاتیونی به کار برده شوند، بار منفی اسیدهای نوکلئیک جبران شده و ذرات دارای بار خالص

حلال‌های مورد استفاده در این مطالعه دارای گرید آنالیتیکال بوده‌اند.

رده‌های سلولی و محیط کشت

رده سلولی: در این مطالعه رده های سلولی MG-63 و SaOs2 (Sarcoma osteogenic) که از رده‌های سلولی سرطان استخوان انسان هستند به عنوان سلول های هدف مورد استفاده قرار گرفت. سلول‌ها از بانک سلولی انستیتو پاستور ایران به صورت کشت تک لایه تهیه شد. سلول‌ها در ترکیبی از محیط کشت سلولی DMEM و سرم FBS به نسبت ۹۰ به ۱۰ کشت داده شد و پس از انجام سه بار پاساژ موفقیت آمیز آزمایش‌های مورد نظر روی آن‌ها انجام گرفت.

سنتز فرمولاسیون نانو لیپوزومی یکنواخت

شش نوع لیپوزوم با ترکیبات متفاوت طراحی و سنتز شدند. فاز لیپیدی شامل: (DPPC:CHOL:DOTAP:PEG) بود. DPPC و کلسترول همراه با درصد‌های مختلف DSPE- (2000) mPEG (۰ تا ۵) در مقادیر مختلف DOTAP (۰،۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) در کلروفورم حل گردید. سپس فاز آلی محلول حاصل با استفاده از دستگاه تبخیرکننده دوار در دمای حدود ۵۵ درجه و با دور تقریبی ۱۵۰ rpm، حذف و فیلم نازک لیپیدی تشکیل شد.

هم چنین جهت اطمینان از حذف کامل حلال، فیلم نازک لیپیدی چندین دقیقه با گاز نیتروژن هوادهی گردید و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه یخچال قرار گرفت. سپس فیلم نازک با حجم مناسبی از بافر PBS هیدراته شد. برای کاهش اندازه لیپوزوم‌های MLV و تشکیل SUV از روش سونیکاسیون استفاده گردید. برای اطمینان از کاهش سایز، سامانه‌های ساخته شده سه بار به ترتیب از فیلترهای ۰/۴۵ و ۰/۲۲ نانومتری عبور داده شدند.

تعیین سایز و اندازه

محدوده توزیع اندازه ذرات و هم چنین پیک اندازه ذرات با استفاده از (DLS) (Dynamic Light Scattering) تعیین می‌شود که بدین منظور از دستگاه نانو سایزر Brookhaven

مثبت می‌شوند، که جذب سلولی را تسهیل می‌کند. این استراتژی به طور موفقیت آمیز استفاده می‌شود تا مقلدهای miRNA در مدل‌های پرکلینیکی سرطان و برای حمل miRNAها به منظور درمان عمل کنند (۱۱). حامل‌های لیپیدی می‌توانند ژن‌ها را از تجزیه حفظ و موجب افزایش ثبات آن‌ها در گردش خون شوند (۱۲). از میان انواع لیپوزوم‌ها، لیپوزوم‌های کاتیونی به علت راندمان بالا در انتقال ژن، استفاده از ترکیبات زیست تجزیه پذیر در ساختارشان که پاسخ ایمنی بر علیه آنها را به حداقل می‌رساند و روش ساخت ساده، حامل‌های ایده‌آلی به نظر می‌رسند (۱۳و۱۰).

در استفاده‌های کلینیکی از لیپوزوم‌های کاتیونی، محدودیت‌هایی به علت بروز سمیت وجود دارد از این رو بسیار مهم است که برای به حداقل رساندن سمیت سامانه، غلظت لیپید کاتیونی مورد استفاده و ترکیب اجزای سامانه طراحی شده جهت توانمندی بالا در بارگذاری ژن، بهینه گردد. هدف از این مطالعه، طراحی نانو سامانه لیپیدی با حداکثر میزان بارگیری برای اسیدهای نوکلئیک در سرطان مغز استخوان می‌باشد.

روش بررسی

کلسترول و 3-di-oleoyl-2-DOTAP[1, trimethylammonium- propane (chloride salt)] به ترتیب از شرکت‌های Sigma Aldrich (St. Louis, MO, USA) و Avanti Polar Lipids (AL, USA) خریداری شدند. پلی‌اتیلن گلیکول (DistearoylPhosphoethanolamine (PE 18:0/ (DSPE-mPEG 2000, PEG2000, DSPE-18:0 و فسفولیپید (DPPC (1,2- Dipalmitoyl-sn-glycero-3 phosphocholine) از شرکت Lipoid GmbH (Germany) تهیه شدند. محیط کشت DMEM از شرکت گیبکو این ویترو جن (Karlsruhe, Germany) تهیه شد. محلول پارافرمالدئید ۴ درصد و دی متیل سولفوکسید (DMSO) از موسسه علمی ترموفیشر (Waltham, Massachusetts, USA) و سیگما – آلدریج (St Louis, MO) بودند. تمامی مواد شیمیایی دیگر و

گردیدند. برای تایید میزان بارگذاری از ژل آگارز الکتروفورز (۲درصد) همراه با اتیدیوم بروماید (۳۰ دقیقه الکتروفورز در ۸۰ ولت) استفاده گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS(ver 21) استفاده گردید. و آزمون‌های ANOVA و Student t-test برای آنالیز آماری نتایج آزمایشات و ارزیابی آنها استفاده شد. معنی داری نتایج بر حسب $P\text{-value} < 0.05$ سنجیده شد.

ملاحظات اخلاقی

در این تحقیق ملاحظات اخلاقی مورد تایید معاونت پژوهشی پردیس بین الملل دانشگاه علوم پزشکی یزد قرار گرفته است. کد اخلاق IR.SSU.MEDICINE.REC.1395.5

نتایج

مشخصه یابی فیزیکوشیمیایی فرمولاسیون های لیپوزومی

وزیکول‌های لیپوزومی با استفاده از DPPC، کلسترول، DSPE-mPEG و DOTAP تهیه شدند و مشخصه‌یابی گردیدند (جدول ۱). بر طبق نتایج با افزایش میزان DOTAP شارژ سطحی نانو ذرات افزایش یافته است. مولکول DOTAP با دارا بودن گروه عاملی مثبت، موجب ایجاد شارژ مثبت در ساختار لیپوزوم می‌شود. در همه موارد، شاخص پراکندگی کمتر از ۰/۳ است که نشان‌دهنده آگلومره نبودن است (۱۴). پگیلاسیون شاخص پراکندگی را کاهش داده است که به دلیل افزایش در نیروی دافعه ذرات با شارژ مثبت است.

هم چنین ممانعت فضائی ایجاد شده مانع از تجمع ذرات شده است. پگیلاسیون، پتانسیل زتا را بهبود داده است و ذرات را با تجمع کم حفظ کرده است. نتایج نشان دهنده توزیع یکسان اندازه نانوذرات ساخته شده برای هر شش فرمول است. با توجه به تاثیر پگیلاسیون بر روی سایز ذرات، فرمول F6 که حاوی ۳۰٪ DOTAP و ۳٪ PEG در ساختار خود است نسبت به فرمول F5 که حاوی ۳۰٪ DOTAP و ۵٪ PEG است از نظر اندازه ذرات بهینه ترمی باشد.

Instruments Corp استفاده گردید. همه اندازه‌گیری‌ها چهار مرتبه تکرار شد.

تعیین پتانسیل زتا

میزان بار سطحی و پتانسیل زتا نانولیپوزوم‌ها با استفاده از دستگاه زتا سایزر (Brookhaven Instruments Corp (Germany) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری گردید.

بررسی زنده‌مانی سلولی در اثر تماس با فرمولاسیون های مختلف نانو حامل

در این روش، تمام مراحل آزمایش از ابتدای کشت سلولی تا بررسی نتایج با فتومتر، در یک میکروپلیت ۹۶ خانه ای انجام شد. لذا تکرارپذیری، دقت و حساسیت آزمایش بالاست. این سنجش در دوره های زمانی ۴۸ و ۷۲ ساعت انجام پذیرفت. پلیت‌های حاوی رده های سلولی MG-63 و SaOs2 در معرض تیمارهایی از شش فرمول نانولیپوزومی ساخته شده (F1-F6) قرار گرفتند. در طول تیمار تمام پلیت‌ها در انکوباتور قرار داده شدند. بعد از اتمام هر دوره ۲۰ میکرولیتر محلول MTT با غلظت ۵ میلی گرم در میلی لیتر به هر چاهک اضافه شد و بعد از ۳ ساعت انکوباسیون محلول درون چاهک‌ها به طور کامل دور ریخته شد و ۱۵۰ میکرولیتر DMSO به هر چاهک اضافه شد و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۷۰ نانومتر توسط دستگاه الایزا ریدر اندازه‌گیری گردید.

$$100 \times \frac{\text{میانگین جذب نوری در محیط کشت-میانگین جذب نوری در گروه آزمون}}{\text{میانگین جذب نوری در محیط کشت-میانگین جذب نوری در گروه کنترل}}$$
 درصد زنده‌مانی سلولی

بررسی میزان توانایی بارگیری miRNA توسط نانوسامانه‌ها

به منظور بررسی میزان بارگذاری اسیدهای نوکلئیک توسط فرمولاسیون‌های مختلف ساخته شده (F1-F6) برای استفاده در درمان استئوسارکوما، از miR-143 (Micro RNA-) به عنوان مدل استفاده شد. بعد از آماده شدن لیپوزوم‌های SUV، نسبت یکسانی از لیپوزوم‌ها به miRNA-143 (۱-۱۸۰ میکروگرم بر میلی گرم) در دمای محیط به مدت ۳۰ دقیقه انکوبه گردید. جهت افزایش مدت زمان پایداری و یکنواختی بیشتر سایز محصولات، نانولیپوزوم‌ها قبل از انکوبه شدن با miRNA-143 توسط دستگاه اکسترودر

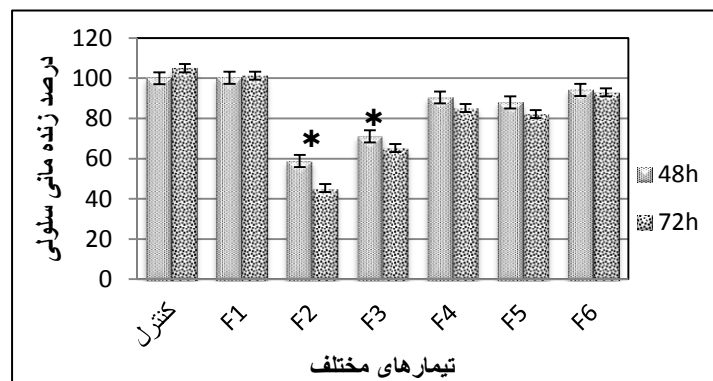
جدول ۱: مشخصه یابی فرمولاسیون های مختلف نانو سامانه

فرمولاسیون	DOTAP%	PEG%	پتانسیل زتا (mv)	سایز (nm)	شاخص پراکندگی
F1	۰	۰	-۲۴/۳۳ ± ۰/۸۳	۱۴۸/۴ ± ۲/۴	۰/۲۹۷ ± ۰/۰۱
F2	۵۰	۰	+۳۸/۲۳ ± ۰/۳۳	۱۲۵/۲۲ ± ۲/۳	۰/۲۳۰ ± ۰/۰۲۴
F3	۴۰	۰	+۳۴/۲۱ ± ۰/۲۳	۱۳۰ ± ۱/۳	۰/۲۰۲ ± ۰/۰۲
F4	۳۰	۰	+۲۱/۸۷ ± ۱/۴۳	۱۱۴/۶۷ ± ۱/۶۰	۰/۱۲۸ ± ۰/۰۱
F5	۳۰	۵	+۲۹/۳۲ ± ۱/۰۲	۱۱۹/۵۲ ± ۰/۸	۰/۱۰۷ ± ۰/۰۱
F6	۳۰	۳	+۲۷/۲۴ ± ۰/۲۱	۱۰۰/۲۳ ± ۰/۳۶	۰/۱۰۹ ± ۰/۰۳

درصد زنده مانی سلولی

نتایج تست MTT در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است. یافته ها نشان می دهد که هر چه میزان فسفولیپید کاتیونی DOTAP در ساختار بالاتر باشد سمیت سامانه نیز بیشتر است. ایجاد خاصیت کاتیونی لیپوزوم ها در این مطالعه مدیون حضور این فسفولیپید می باشد. میزان سمیت ایجاد شده به ترتیب $F2 > F3 > F4, F5, F6 > F1$ می باشند. فرآیند پگیلاسیون باعث افزایش اندازه نانو لیپوزوم های ساخته شده می گردد (۱۵،۱۶). در نتیجه برای کنترل این امر، میزان حضور PEG در ساختار نانولیپوزوم ها بهینه و در حد ۳٪ نگه داشته شد.

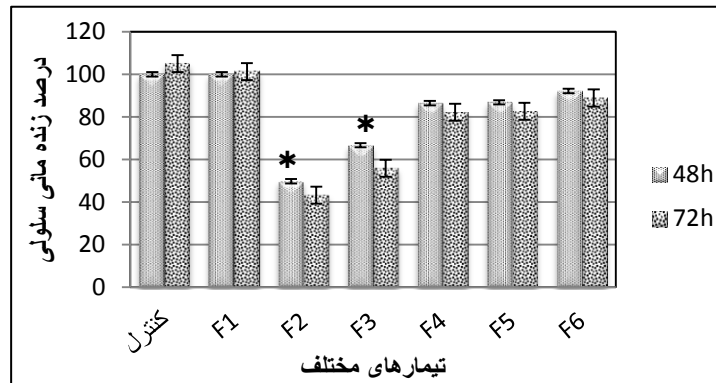
میزان سمیت فسفولیپید کاتیونی DOTAP موجود در سامانه های ساخته شده بر روی هر دو رده سلولی مورد مطالعه نشان داد که رده سلولی SaOs2 حساسیت بیشتری دارد ($p < 0.05$). این خواص در زمان ۷۲ ساعته نیز تایید شده است. طبق نتایج با در نظر گرفتن شارژ سطحی، اندازه نانو لیپوزوم های ساخته شده و میزان سمیت سامانه ها در هر دو رده سلولی، فرمول F6 به عنوان یک حامل غیر ویروسی، مناسب ترین سامانه جهت حمل miRNA-143 بوده و توانایی بیشتری برای حمل اسیدهای نوکلئیک در کاربردهای ژن درمانی برای سرطان استئوسارکوما دارد.



شکل ۱: مقایسه سمیت فرمولاسیون های مختلف (F1 تا F6) بر روی رده سلولی MG63 پس از ۴۸ و ۷۲ ساعت.

فرمول های F2 و F3 که به ترتیب بیشترین میزان فسفولیپید DOTAP را در ساختار خود داشتند کمترین درصد زنده مانی را نشان می دهند. میزان سمیت سامانه با میزان فسفولیپید کاتیونی DOTAP رابطه مستقیم دارد.

* نشان دهنده معنی داری در سطح ۹۵٪ است ($p < 0.05$)



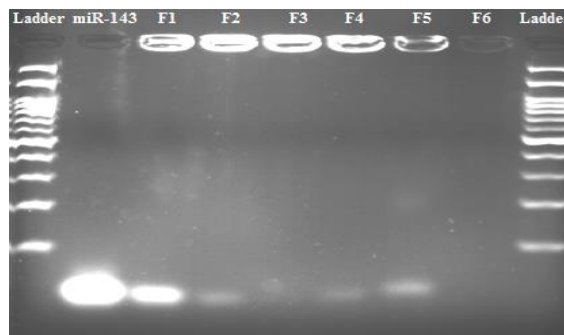
شکل ۲: مقایسه سمیت فرمولاسیون های مختلف (F1 تا F6) بر روی رده سلولی SaOs2 پس از ۴۸ و ۷۲ ساعت.

فرمول های F2 و F3 که به ترتیب بیشترین میزان فسفولیپید DOTAP را در ساختار خود داشتند کمترین درصد زنده مانی را نشان می دهند. میزان سمیت سامانه با میزان فسفولیپید کاتیونی DOTAP رابطه مستقیم دارد. * نشان دهنده معنی داری در سطح ۹۵٪ است ($p < 0.05$).

نمودار ۳ نشان می دهد فرمول F6 بیشترین کارایی را در بارگیری miRNA143 - داشته است. علاوه بر شارژ مثبت لیپوزوم کاتیونی و ایجاد پیوند فیزیکی بین ژن و لیپوزوم، احتمالاً حضور پلی اتیلن گلیکول در ساختار لیپوزوم هم تا حدودی در عدم حرکت miRNA در طول ژل تاثیرگذار بوده است.

بهینه سازی بارگذاری miRNA با ژل آگارز الکتروفورز

با فرض این که با به دام افتادن miRNA-143 توسط نانو سامانه، توانایی حرکت miRNA بر روی ژل الکتروفورز از بین رفته و در نتیجه در چاهک بماند، لیپوزوم های سنتز شده (F1-F6) با نسبت یکسان ۱۸۰/۱ miRNA-143 (نسبت نانو سامانه به miRNA) در دمای محیط انکوبه شدند.



شکل ۳: بهینه سازی میزان بارگذاری miRNA توسط نانو لیپوزومها با ژل آگارز الکتروفورز

فرمول F6 به طور کامل miRNA-143 را به دام انداخته است. ردیف اول 100bp DNA Ladder، ردیف ۲ mirRNA آزاد، ردیف ۳ فرمول F1، ردیف ۴ فرمول F2، ردیف ۵ فرمول F3، ردیف ۶ فرمول F4، ردیف ۷ فرمول F5، ردیف ۸ فرمول F6، ردیف ۹ 100bp DNA Ladder.

برای درمان سرطان هنوز دارویی برای درمان کامل سرطان به دست نیامده است و در حال حاضر هنوز یکی از علل عمده مرگ و میر در جهان است. با این که بسیاری از عوامل مولکولی این بیماری شناخته شده است اما به دلیل اینکه عوامل

بحث

سرطان بیماری ای است که در آن سلولها به دلایل مختلفی شروع به رشد و تقسیم بی رویه می کنند و بی وقفه سلول غیر عادی می سازند (۱). با وجود تلاش های بی وقفه دانشمندان

سهولت در ورود به سلول تاثیر بگذارد (۱۸). لذا هدف از انجام این مطالعه طراحی و سنتز نانوسامانه لیپیدی فرمول شده ای است که به تواند بیشترین بازده را در انتقال ژن در فرایند ژن درمانی با حداقل سمیت داشته باشد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که فرمول F6 دارای کمترین میزان سمیت در کنار بیشترین میزان بارگذاری- 143miRNA است. در راستای نتایج این مطالعه Hsu و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که لیپوزوم های کاتیونی LNP- DP1 پتانسیل بالایی برای حمل miRNA در استراتژی های جدید درمانی جهت سرطان کبد در موش دارا می باشند (۱۹). در توافق با یافته های این پژوهش در مطالعه ای که توسط Pramanik و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد، نشان داده شد که بارگیری miRNA های مهار کننده تومور مانند miR-34a توسط لیپوزوم هایی مرکب از لیپیدهای کاتیونی ۲،۱- دیولئویل-۳- متیل آمونیوم پروپان (DOTAP) و لیپیدهای همکار (۲،۱- دیولئویل-sn-گلیسر-۳-فسفاتانول آمین-N-)، کلسترول و DSPE-PEG بسیار قابل توجه بوده است (۲۰).

در مطالعه ای Campbell و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که وجود بیش از ۱۰٪ فسفولیپید DOTAP در ساختار لیپوزوم منجر به کاهش سایز و همگن سازی ذرات می گردد (۲۱). Wu و همکاران طی تحقیق که در سال ۲۰۱۱ انجام شد، نشان دادند که لیپوپلکس های کاتیونی می توانند سیستم حمل نوید بخشی برای miRNA در درمان سرطان ریه باشند (۲۲).

تمام فسفولیپیدهای کاتیونی سمی می باشند (۲۳) ولی می توان میزان سمیت آن ها را با استفاده از فسفولیپیدهای خنثی مثل DPPC در فرمول کاهش داد به طوری که میزان سمیت کاهش یابد ولی میزان بارگیری اسیدهای نوکلئیک کاهش چشم گیری پیدا نکند (۸). در میان فسفولیپیدهای کاتیونی، DOTAP دارای کمترین سمیت است (۲۴، ۲۵). که به علت وجود دو باند استری در ساختار DOTAP می باشد (۲۶، ۲۷).

نتایج این مطالعه هم چنان نشان داد که سلول های SaOs2 در مقایسه با سلول های MG-63 حساسیت بیشتری

مستقیم و غیر مستقیم زیادی در ایجاد سرطان نقش دارند درمان کامل بسیار دشوار و در بسیاری از موارد غیر ممکن است (۲، ۳). پزشکان سال ها قبل از اینکه مفهوم آپوتوز را بدانند با استفاده از درمان های سنتی سبب آپوتوز سلول های توموری می شده اند. اگرچه هر دو روش شیمی و پرتو درمانی سبب مرگ گسترده سلول های توموری می شوند، اما این روش ها به طور غیرقابل تشخیصی سلول های نرمال را می کشند. بنابراین ایجاد پروتکل های درمانی پروآپوتوتیک هدفمند یا توسعه داروهای القا کننده آپوتوز که تومور را هدف قرار می دهند بدون این که سبب اختلالات شدید در ساختارهای نرمال شوند، از دهه ۱۹۹۰ در دست اقدام قرار گرفته و روش های جدیدی را برای درمان موفق سرطان فراهم کرده اند (۱۷). پیشرفت در زمینه آشنایی با ژن ها و اعمال تغییرات در آنها این امکان را برای دانشمندان فراهم کرده است که برای مقابله یا پیش گیری از بیماری، مواد ژنتیکی فرد را تغییر دهند. ژن درمانی شیوه درمان جدیدی است که برای مقابله با بیماری، ماده ژنتیکی DNA یا RNA را به سلول های فرد وارد می کند.

استفاده از ژن درمانی برای درمان انواع مختلف سرطان و بیماری های دیگر در پژوهش های بالینی در دست بررسی است. در ژن درمانی انواع متفاوتی از اسیدهای نوکلئیک مانند پلاسمید، DNA، miRNA، و siRNA می توانند استفاده شوند. در این روش باید بتوان ژن را به سلامت از موانع طبیعی که در سلول وجود دارد مثل غشاء سلول، تخریب ژنوم توسط نوکلئازها و غیره عبور داده و به محل اثر آن ژن رساند (۱، ۴). امروزه بخش عظیمی از تحقیقات پزشکی، زیست شناسی و تحقیقات شیمیایی به تولید یک ساختار غیر ویروسی کارآمد برای انتقال ژن اختصاص یافته است. در میان ساختارهای موجود، لیپوزوم های کاتیونی به دلیل داشتن ساختاری ساده و خود سامانده از ارزش به سزایی برخوردارند. خصوصیات فیزیک و شیمیایی لیپوزوم های کاتیونی از قبیل سایز، شارژ سطحی و نسبت لیپید به اسید نوکلئیک می تواند بر میزان پایداری، درصد بارگیری ساختار لیپوزوم از اسید نوکلئیک،

حضور PEG در ساختار نانولیپوزومها بهینه و پگیلاسیون تا حد ۳٪ نگه داشته شد.

نتیجه گیری

این مطالعه نانو لیپوزوم پگیله فرموله شده‌ای را پیشنهاد می‌دهد که دارای شارژ سطحی مناسب بوده و سایز نانو ذرات در محدوده ۱۰۰ نانومتر و به صورت مونودیسپرس می‌باشند. میزان دوز دارویی برای درمان سرطان را کاهش و شاخص درمانی را همراه با بهبود اثرات سمیت سلولی بروی رده سلولی های SaOs2 و MG-63 از رده های سلولی استئوسارکوما افزایش داده است. در آخر می‌توان اذعان نمود با توجه به مزایای بی شمار این سیستم نسبت به مشابه‌های کاتیونی خود می‌توان امید داشت با مطالعه بیشتر بر روی این ساختار و رفع نواقص آن در آینده‌ای نه چندان دور این ساختار یکی از ایمن‌ترین و پایدارترین ساختارهای غیر ویروسی برای انتقال ژن به شمار آید. هدف اصلی از علم نانو بیوتکنولوژی هم چیزی جز مشاهده بهتر و دقیق‌تر پدیده‌های زیستی و الهام‌گیری از آن‌ها در طراحی سیستم‌های کارآمدتر در علم پزشکی نمی‌باشد.

سپاسگزاری

مطالعه حاضر با حمایت‌های پردیس بین الملل دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد انجام شده است، بدین وسیله نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

تعارض در منافع: نویسندگان مقاله اظهار می‌دارند که در نوشتن مقاله سهم یکسان داشته و هیچ گونه تعارضی دز منافع ندارند.

در مقابل سمیت ناشی از فسفولیپید کاتیونی از خود نشان دادند و بعد از تیمار با فرمول های مختلف نانو سامانه (F1-F6) درصد زنده مانی کمتری داشتند. این نتایج با یافته‌های Kim و همکاران در سال ۲۰۱۵ مطابقت دارد که نشان داد ورود لیپوزومها به سلول و بازده ترانسفکشن علاوه بر ترکیب لیپیدی لیپوزوم به رده سلولی که در معرض آن قرار گرفته نیز بستگی دارد (۲۸).

در بررسی میزان بارگیری miRNA-143 توسط فرمولاسین های مختلف نانو سامانه، نتایج نشان دهنده قابلیت بیشتر فرمول F6 در مقایسه با سایر فرمولها است که به علت وجود میزان مناسبی از فسفولیپید DOTAP و PEG در ساختار لیپوزوم می باشد. هر چند میزان فسفولیپید کاتیونی DOTAP در فرمولهای F2 و F3 بیشتر و در نتیجه شارژ سطحی آنها نیز بیشتر است ولی همانطور که نتایج نشان می‌دهد به دنبال افزایش درصد حضور این فسفولیپید در ساختار لیپوزوم میزان سمیت سامانه نیز افزایش می‌یابد در این صورت استفاده از آن‌ها برای کاربردهای *In vivo* با مشکل روبرو می‌شود. بنابراین بر طبق یافته‌ها فرمول F6 مناسب ترین میزان شارژ در کنار سمیت پایین را دارا است.

پگیلاسیون نانو سامانه زنجیره‌ها را متصل می‌کند که این امر موجب بهبود ترانسفکشن لیپوزومها شده (۲۹،۳۰) و هم چنین زیست سازگاری بیومواد و پایداری درون تن اولیگونوکلوئیدها را بهبود می‌بخشد. پگیلاسیون میزان حذف توسط سیستم ماکروفاژی را کاهش می‌دهد (۱۵،۱۳) البته طول زنجیره PEG باید بهینه شود زیرا فرایند پگیلاسیون دارای خاصیت دوگانه بوده و در غلظت های بالا باعث افزایش اندازه نانو لیپوزوم های ساخته شده می‌گردد در نتیجه برای کنترل این امر، میزان

References

1- Haghirsadat F, Amoabediny G, Naderinezhad S, Forouzanfar T, Helder MN, Zandieh-Doulabi B. *Preparation of PEGylated cationic*

nanoliposome-siRNA complexes for cancer therapy. Artif Cells, Nanomedicine Biotechnol Taylor &

- Francis 2017; 4: 1-9.
- 2- Torre LA, Bray F, Siegel RL, Ferlay J, Lortet-Tieulent J, Jemal A. *Global cancer statistics*. CA Cancer J Clin 2012; 65: 87-108.
- 3- Naderinezhad S, Amoabediny G, Haghirsadat F. *Co-delivery of hydrophilic and hydrophobic anticancer drugs using biocompatible pH-sensitive lipid-based nano-carriers for multidrug-resistant cancers*. RSC Adv 2017; 7: 29916 - 30512.
- 4- Creixell M, Peppas NA. *Co-delivery of siRNA and therapeutic agents using nanocarriers to overcome cancer resistance*. Nano Today 2012; 7(4): 367-79.
- 5- Sun N, Liu Z, Huang W, Tian A, Hu S. *The research of nanoparticles as gene vector for tumor gene therapy*. Crit Rev Oncol Hematol 2014; 89(3): 352-7.
- 6- Li N, Zhao L, Qi L, Li Z, Luan Y. *Polymer assembly: promising carriers as co-delivery systems for cancer therapy*. Prog Polym Sci 2016; 58: 1-26.
- 7- Russo A, Terrasi M, Agnese V, Santini D, et al. *Apoptosis: a relevant tool for anticancer therapy*. Ann Oncol 2006; 17(7): 115-23.
- 8- Nowsheen S, Yang E. *The intersection between DNA damage response and cell death pathways*. Exp Oncol 2012; 34(3): 243-54.
- 9- Hiroki T, Nanae H, Miho H, Naoko A, Nobuhiro N, Hiroaki S, et al. *Bcl-2 family inhibition sensitizes human prostate cancer cells to docetaxel and promotes unexpected apoptosis under caspase-9 inhibition*. Oncotarget 2014; 5: 11399-412.
- 10- Scholz C, Wagner E. *Therapeutic plasmid DNA versus siRNA delivery: common and different tasks for synthetic carriers*. J Control Release 2012; 161(2): 554-65.
- 11- Wang L, Shi ZM, Jiang CF, Liu X, Chen QD, Qian X, et al. *MiR-143 acts as a tumor suppressor by targeting N-RAS and enhances temozolomide-induced apoptosis in glioma* Oncotarget 2014; 5(14): 5416- 27.
- 12- Chen Y, Gao D-Y, Huang L. *In vivo delivery of miRNAs for cancer therapy: Challenges and strategies*. Adv Drug Deliv Rev 2015; 81: 128-41.
- 13- Yang J, Liu H, Zhang X. *Design, preparation and application of nucleic acid delivery carriers*. Biotechnol Adv 2014; 32(4): 804-17.
- 14- Bao Y, Jin Y, Chivukula P, Zhang J, Liu Y, Liu J, et al. *Effect of PEGylation on biodistribution and gene silencing of siRNA/lipid nanoparticle complexes*. Pharm Res 2013; 30(2): 342-51.
- 15- Huang Y, Chen J, Chen X, Gao J, Liang W. *PEGylated synthetic surfactant vesicles (Niosomes): novel carriers for oligonucleotides*. J Mater Sci Mater Med 2008; 19(2): 607-14.
- 16- Russ V, Günther M, Halama A, Ogris M, Wagner E. *Oligoethylenimine-grafted polypropylenimine dendrimers as degradable and biocompatible synthetic vectors for gene delivery*. J Control Release 2008; 132(2): 131-40.
- 17- Zhang S, Yin J, Li X, Zhang J, Yue R, Diao Y, et al. *Jacarethyperol A induced apoptosis in leukaemia cancer cell through inhibition the activity of Bcl-2 proteins*. BMC Cancer 2014; 14: 689-700.
- 18- Xu C, Wang J. *Delivery systems for siRNA drug*

- development in cancer therapy*. Asian J Pharm Sci 2015; 10(1): 1-12.
- 19- Hsu SH, Yu B, Wang X, Lu Y, Schmidt CR, Lee RJ, et al. *Cationic lipid nanoparticles for therapeutic delivery of siRNA and miRNA to murine liver tumor*. Nanomedicine 2013; 9(8): 1169-80.
- 20- Pramanik D, Campbell NR, Karikari C, Chivukula R, Kent OA, Mendell JT, et al. *Restitution of tumor suppressor microRNAs using a systemic nanovector inhibits pancreatic cancer growth in mice*. Mol Cancer Ther 2011; 10(8): 1470-80.
- 21- Campbell RB, Balasubramanian SV, Straubinger RM. *Phospholipid-cationic lipid interactions: Influences on membrane and vesicle properties*. Biochim Biophys Acta-Biomembr 2001; 1512(1): 27-39.
- 22- Wu Y, Crawford M, Yu B, Mao Y, Nana-Sinkam SP, Lee LJ. *MicroRNA delivery by cationic lipoplexes for lung cancer therapy*. Mol pharm 2011; 8(4): 1381-9.
- 23- Ashizawa AT, Cortes J. *Liposomal delivery of nucleic acid-based anticancer therapeutics: BP-100-1.01*. Expert Opin Drug Deliv 2015; 12(7): 1107-20
- 24- Khatri N, Baradia D, Vhora I, Rathi M, Misra A. *Development and Characterization of siRNA Lipoplexes: Effect of Different Lipids, In Vitro Evaluation in Cancerous Cell Lines and In Vivo Toxicity Study*. Aaps Pharmscitech 2014; 15(6): 1630-43.
- 25- Haghirsadat F, Amoabediny G, Sheikhha MH, Forouzanfar T, Helder MN, Zandieh-doulabi B. *A novel approach on drug delivery: Investigation of new nano-formulation of liposomal doxorubicin and biological evaluation of entrapped doxorubicin on various osteosarcomas cell lines*. Cell J 2017; 19: 55-65.
- 26- Amoabediny G, Haghirsadat F, Naderinezhad S, Helder MN, Akhoundi Kharanaghi E, Mohammadnejad Arough J, et al. *Overview of preparation methods of polymeric and lipid-based (noisome, solid lipid, liposome) nanoparticles: A comprehensive review*. Int J Polym Mater Polym Biomater 2018; 67(6): 383-400.
- 27- Balazs DA, Godbey WT. *Liposomes for Use in Gene Delivery*. J Drug Deliv 2011; 2011: 1-12.
- 28- Kim BK, Hwang GB, Seu YB, Choi JS, Jin KS, Doh KO. *DOTAP/DOPE ratio and cell type determine transfection efficiency with DOTAP-liposomes*. Biochim Biophys Acta Biomembr 2015; 1848(10): 1996-2001.
- 29- Bose J, Arai Y, Chan Ahn J, Park H, Lee SH. *Influence of cationic lipid concentration on properties of lipid-polymer hybrid nanospheres for gene delivery*. Int J Nanomedicine 2015; 10: 5367-82.
- 30- Haghirsadat F, Amoabediny G, Helder MN, Naderinezhad S, Sheikhha MH, Forouzanfar T, et al. *A comprehensive mathematical model of drug release kinetics from nano-liposomes, derived from optimization studies of cationic PEGylated liposomal doxorubicin formulations for drug-gene delivery*. Artif Cells, Nanomed Biotech 2017; 4 :1-9

Laboratory study: evaluation and comparison of physicochemical properties, level of surface charge and cytotoxicity of lipid nanocomposites for carrying nucleic acid in bone cancer

Fatemeh Barzegari Firouzabadi¹, Shahrbanoo Oryan^{†2},
Mohammad Hasan Sheikhha³, Seyed Mehdi Kalantar⁴, Ameneh Javed⁵

Original Article

Introduction: The aim of this study was to investigate the physico-chemical properties, surface charge and cytotoxicity of nanocomposite formulations for the design of lipid nano-systems with maximum loading for nucleic acids in bone marrow cancer.

Methods For this study, six types of liposomes with different compositions were synthesized using DPPC, cholesterol, DSPE-mPEG (2000) and DOTAP. Then, nanosystems were evaluated for particle size, surface charge, cytotoxicity and loading rate of miRNA in two MG-63 and SaOs2 cell lines, which are human cell bone marrow cell lines.

Results: All nano-systems were monodisperse. Among the systems, the F6 formula has the lowest toxicity and the highest load of miRNA-143, due to the presence of a suitable amount of DOTAP and PEG phospholipid in the liposome structure.

Conclusion: Liposomal formulation with a suitable percentage of DOTAP cationic phospholipid can be used as a successful carrier for the transport of miRNA in the gene therapy process for the treatment of various cancers, especially metastatic types.

Keywords: miRNA, Nanocomposite, Gene therapy, Cell cytotoxicity.

Citation: Barzegari Firouzabadi F, Oryan S, Sheikhha MH, Kalantar SM, Javed A. **Laboratory study: evaluation and comparison of physicochemical properties, level of surface charge and cytotoxicity of lipid nanocomposites for carrying nucleic acid in bone cancer.** J Shahid Sadoughi Uni Med Sci 2018; 26(3): 275-85

^{1,2}Department of Animal Biology, Faculty of Biological Science, Kharazmi University, Tehran, Iran

³Biotechnology Research Center, International Campus, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

⁴Reproductive & Genetic Unit, Research and Clinical Center for Infertility, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

⁵Biology Department, Science Faculty, Science & Art University, Yazd, Iran

*Corresponding author: Tel: 09121262723, email: sh_oryan@yahoo.com