بررسی سمیت نانو ذرات نقره بر روی سلول‌های فیبروبلاست رده ی L929 به روش MTT

دکتر حسین شاهون [#1] رویا حامدی [2] دکتر پانته آ گلگون نیا [3] زهرا یادگاری [4]

۱- استادیار بخش جراحی فک و صورت، دانشکده دندانپزشکی دانشگاه شاهد
۲- دانشجوی رشته دندانپزشکی دانشگاه شاهد
۳- دندانپزشک
۴- کارشناس ارشد ایمونولوژی -آزمایشگاه بیولوژی سلولی و مولکولی دهان دانشکده ی دندانپزشکی دانشگاه شهید بهشتی

خلاصه:

سابقه و هدف: نانو ذرات نقره با دارا بودن خواص ضد میکروبی بسیار قوی، مقبولیت بالایی در پزشکی و دندانپزشکی یافته‌اند. اما علی رغم کاربردهای وسیع، اطلاعات کافی در رابطه با تاثیر آنها بر روی سلامت انسان وجود ندارد و مواردی مبنی بر سمیت آنها گزارش شده است. این مطالعه با هدف بررسی سمیت نانوذرات نقره بر روی سلول‌های فیبروبلاست رده‌ی L929 به روش MTT انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه‌ی تجربی- آزمایشگاهی، نانو ذرات نقره را با غلظت های ۵،۱۰،۲۰،۳۰،۴۰،۵۰ ppm بر روی ۱۰,۰۰۰ سلول فیبروبلاست رده ی L929 اثر داده، سپس وایتالیتی سلول‌ها در زمان های ۲ ، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت با استفاده از روش MTT (سمیت مواد مورد نظر) مورد ارزیابی قرار گرفت و با استفاده از دستگاه ELISA READER میزان جذب نوری سنجیده و میزان آن ثبت شد. سپس داده‌های بدست آمده با آزمون ANOVA تحلیل گردید.

یافته‌ها: در تمامی گروه‌ها میزان فعالیت حیاتی سلول‌ها بعد از ۲۴ ساعت حداقل بود، اما در زمان های ۴۸ و ۷۲ ساعت میزان فعالیت حیاتی سلول‌ها افزایش یافت و این افزایش در فعالیت حیاتی بعد از ۴۸ ساعت از لحاظ آماری معنی‌دار بود. ($P < ۰/۰۵$) همچنین غلظت‌های بالاتر از ppm۲۰ در زمان‌های ۲۴،۲و ۴۸ساعت برای فیبروبلاست‌ها سمی گشت که این یافته نیز از لحاظ آماری معنی‌دار بود. ($P < ۰/۰۵$)

نتیجه گیری: نتایج مطالعه نشان داد نانو ذرات نقره در غلظت‌های کمتر از ppm۲۰ و بعد از گذشت ۷۲ ساعت فاقد اثر توکسیک می‌باشند.

کلید واژه ها: نانو ذرات نقره, سمیت, سلول‌های فیبروبلاست رده‌ی L929 ، میزان جذب نوری.

وصول مقاله: ۹۰/۲/۸ اصلاح نهایی: ۹۰/۳/۱۸ پذیرش مقاله: ۹۰/۵/۲۷

مقدمه:

خواص ضدمیکروبی نقره، سال‌های مدیدی است که شناخته شده است. [۱-۳] اما اخیراً به دلیل ساخته شدن آن به صورت نانوذرات، سطح تماس افزایش یافته و خاصیت ضدمیکروبی آن تا بیش از ۹۹ درصد افزایش پیدا کرده است.[۴-۶] پارتیکل‌های نانوسیلور، خوشه‌هایی از اتم‌های نقره به قطر ۱۰۰-۱نانومتر هستند.[۷-۹] که با اتصال به پروتئین حاوی گوگرد در سطح غشا باکتری‌ها، وارد آنها شده و با تغییر در مورفولوژی و نفوذپذیری غشا و تاثیر در زنجیره‌ی تنفسی و تقسیم سلولی در نهایت منجر به مرگ سلولی می گردد.[۱۰-۱۳] البته علاوه بر خواص ضد

#نویسنده مسئول مکاتبات: حسین شاهون - دانشکده دندانپزشکی دانشگاه شاهد - تهران: بلوار کشاورز – خیابان ایتالیا غربی . کدپستی: ۱۴۱۵۶۳۵۱۱۱
تلفن: ۸۸۹۶۷۶۱۸ Email:Shahoonh@yahoo.com

[Downloaded from mail.jrds.ir on 2026-10-16]

باکتریایی، خواص ضد قارچی و ضد ویروسی قوی نیز دارند و لذا مقبولیت بالایی در پزشکی یافته‌اند. اما علی رغم کاربردهای وسیع، اطلاعات کافی در رابطه با عدم تاثیر سو آنها بر روی سلامت انسان وجود ندارد و تناقضاتی در زمینه سازگاری زیستی این ذرات گزارش شده است [۱۴-۱۶]، خصوصا بعد از استفاده‌ی سیستمیک، پارتیکل‌های نانوذرات به قدر کافی کوچک هستند که می توانند از کوچکترین مویرگهای موجود در بدن و نیز غشاهای بیولوژیکی عبور کرده و روی فیزیولوژی هر نوع سلول در بدن موثر باشند[۱۷] اخیرا گزارشاتی مبنی بر سمیت آنها بر بافت‌های کبدی، طحال، کلیه و نیز دستگاه تناسلی یافته اند.[۱۸] و حتی مشخص شده است نانوذرات نقره کمتر از ۸۰ نانومتر از سد مغزی عبور می‌کنند.[۱۹-۲۱] سلول‌های فیبروبلاست L929 که در این مطالعه استفاده گردید، از پرکاربردترین رده‌ی سلولی نامیرا جهت ارزیابی سایتوتوکسیسیتی است که به علت ثبات نسبی خصوصیات سلول‌ها در نسل‌های مختلف باعث بالا رفتن اعتبار و تکرار پذیری نتایج نسبت به رده‌ی سلولی اولیه می‌گردد. همچنین این رده سلولی در استاندارد جهانی ISO 10993:5 برای مواد دندانپزشکی جهت انجام تست سیتوتوکسیسیته توصیه گردیده است.[۱]

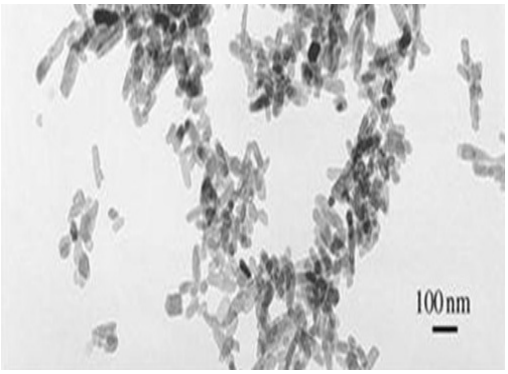
بنابراین این مطالعه با هدف بررسی سمیت نانوذرات نقره در غلظت‌های ۵،۱۰،۲۰،۳۰،۴۰،۵۰ ppm بر روی سلول‌های فیبروبلاست رده‌ی L929 بعد از گذشت زمان‌های ۷۲ و۲،۲۴،۴۸ ساعت صورت گرفت.

مواد و روش ها:

مطالعه به روش تجربی انجام شد. مراحل انجام تحقیق به شرح زیر بود:

۱- تهیه و استریل کردن نانو ذرات نقره

در این مطالعه از نانو ذرات نقره با ابعاد زیر ۱۰۰ نانومتر و میله‌ای شکل (شکل ۱) با خلوص ۹۹ درصد ساخت شرکت آلمانی NANOSHEL(Batch No#20090621) استفاده شد. جهت استریل کردن پارتیکل‌ها، از نور ماورای بنفش به مدت ۲۴ ساعت استفاده گردید.



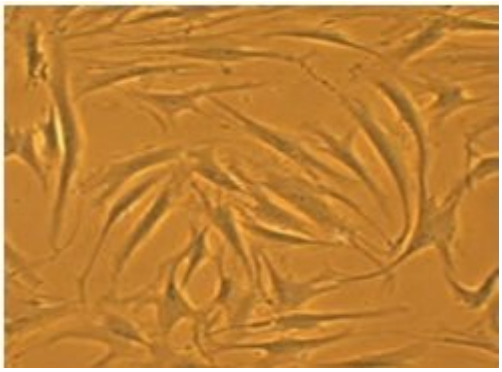
شکل ۱-TEM(Transmission electron micrograph) از پارتیکل های نانوسیلور با مقیاس ۱۰۰نانومتر

۲- کشت سلول های فیبروبلاست رده ی L929

کرایوتیوب سلولی تهیه شده از انستیتوپاستور ایران دربرگیرندهٔ سلول‌های فیبروبلاست ردهٔ سلولی L929 موش پس از خارج شدن از وضعیت منجمد درفلاسک‌های مخصوص کشت سلولی کشت داده شدند (شکل۲). جهت کشت این سلول‌ها از محیط کشت DMEM (Grand Island,NY) همراه با ۱۰۰میلی‌لیتر ازآنتی بیوتیک های پنی سیلین (Sigma, USA) استرپتومایسین (Sigma, USA) استفاده شد.

علاوه بر محیط کشت، از FBS[(Fetal Bovine (Serum)] (GIBCO, USA) جهت غنی‌سازی محیط به نسبت ۱۰درصد در محیط کشت استفاده گردید که در این حالت محیط کشت کامل گفته می‌شود. پس از اطمینان از حیات سلولی با استفاده از رنگ تریپان بلو، سلول‌ها توسط لام نئوبار شمارش شدند. تعداد۱۰,۰۰۰سلول به صورت یک لایه درون هر چاهک از پلیتهای ۹۶ خانه‌ای قرار داده شد. برای هر کدام از غلظت‌های مواد مورد آزمایش حداقل سه چاهک از ۴ پلیت (برای زمان‌های مختلف ۲ ساعت، ۲۴ ساعت، ۴۸ ساعت و ۷۲ ساعت) اختصاص داده شد و۳ چاهک نیز برای گروه کنترل در نظر گرفته شد.

[Downloaded from mail.jrds.ir on 2026-10-16]



شکل۲- سلول‌های فیبروبلاست رده‌ی L929 کشت شده در فلاسک (بزرگنمایی۲۰۰ میکروسکوپ الکترونی)

۳- قرارگیری نانو ذرات نقره در مجاورت سلول های فیبروبلاست رده یL929

در هر چاهک پلیت ۹۶ خانه‌ای کشت سلولی تعداد۱۰۴سلول فیبروبلاست رده‌ی L929 قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون (فشار ۵ درصد CO_2 , رطوبت ۹۸درصد , دمای ۳۷ درجه)، محیط کشت روئی تخلیه گردید. سپس نانو ذرات نقره با غلظت‌های۵، ۱۰،۲۰،۳۰،۴۰،۵۰ ppm در محیط کشت در چاهک‌های پلیت۹۶ خانه روی سلول‌ها اثر داده شد و در سه چاهک کنترل محیط کشت کامل به عنوان یک ماده صدرصد غیر توکسیک ریخته شد.

۴- ارزیابی وایتالیتی سلول های فیبروبلاست رده ی L929:

وایتالیتی سلول‌ها در زمان‌های۲, ۲۴, ۴۸, ۷۲ ساعت پس از مجاورت با نانو سیلور با استفاده از تست MTT مورد سنجش قرار گرفت. به این ترتیب که بعد از گذشت زمان های موردنظر محیط‌های کشت سلولی را از انکوباتور(فشار CO_2 ۵ درصد، رطوبت ۹۸درصد ,دمای ۳۷ درجه) خارج کرده و یک دهم حجم روئی سلول‌ها به هر چاهک محلول (Dimethylthiazol-2yl 2-5 diphenyl tetrazolium bromide)MTT اضافه شد و پلیت به مدت ۴ساعت در انکوباتور قرار گرفت.

پس ازسپری شدن ۴ساعت, پلیت را بیرون آورده و با کشیدن محیط روئی به چاهک‌ها ایزوپروپانل اسیدی اضافه گشت تا کریستال های بنفش رنگ فومارازون ایجاد شده در سلول‌هایی که زنده مانده‌اند، حل شده و مایع رنگی یکنواختی ایجاد شود. این مایع رنگی را به چاهک‌های پلیت الایزا منتقل و جذب آن با استفاده از دستگاه ELISA READERدر طول موج ۵۷۰ نانومتر با فیلتر رفرانس ۶۲۰ خوانده شد و با استفاده از آزمون ANOVA جذب نوری چاهک‌های نانوذرات نقره مورد قضاوت آماری قرار گرفت.

یافته‌ها:

تحقیق روی ۶ گروه تجربی و ۱ گروه شاهد مجموعاً ۷ گروه و روی ۲۱ نمونه صورت گرفت و در آن غلظت های۵،۱۰،۲۰،۴۰،۳۰،۵۰ ppm از نانوذرات نقره به مدت ۲ ، ۲۴ ،۴۸ و۷۲ ساعت با سلول‌های فیبروبلاست رده ی L929 مجاورت داده شد. میزان و انحراف معیار فعالیت حیاتی سلول‌ها و درصد سایتوتوکسیسیته نسبت به گروه کنترل بر حسب زمان‌های پیگیری به تفکیک غلظت‌های مختلف نانوذرات نقره در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

درصد حیات سلولی از تقسیم میانگین میزان جذب غلظت مورد نظر به میانگین جذب گروه کنترل در همان زمان ضربدر ۱۰۰بدست آمد و با کم کردن این عدد از ۱۰۰ میزان درصد توکسیسیته بدست آمد.

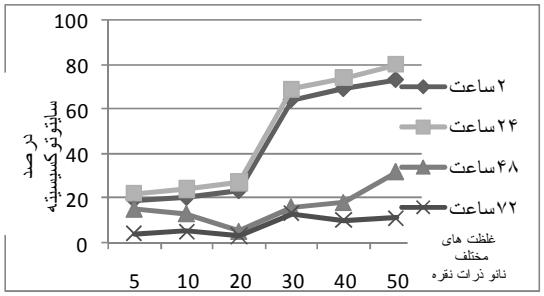
در تمامی گروه‌های غلظتی میزان فعالیت حیاتی سلول‌ها بعد از گذشت ۲۴ ساعت حداقل بود، اما بعد از ۴۸ ساعت میزان فعالیت حیاتی سلول‌ها افزایش یافت و تحلیل آماری نشان داد که این افزایش در فعالیت حیاتی سلول‌ها بعد از ۴۸ ساعت از لحاظ آماری معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$) و کمترین میزان فعالیت حیاتی سلول‌ها مربوط به غلظت ۵۰ ppm بعد از گذشت ۲۴ ساعت است که برابر۰/۰۰۰۳± ۰/۰۳ بود. (جدول ۱).

[Downloaded from mail.jrds.ir on 2026-10-16]

جدول۱- میزان و انحراف معیار فعالیت حیاتی سلول ها و درصد های سایتوتوکسیسیته نسبت به گروه کنترل بر حسب زمان های پیگیری به تفکیک غلظت های مختلف نانوذرات نقره

زمان / غلظت نانو نقره	۲ ساعت		۲۴ ساعت		۴۸ ساعت		۷۲ ساعت	
	میزان	درصد	میزان	درصد	میزان	درصد	میزان	درصد
کنترل	۰/۱± ۰/۰۰۱	-	۰/۱۶ ± ۰/۰۰۳	-	۰/۱۸ ± ۰/۰۰۳	-	۰/۲۱ ± ۰/۰۱۶	-
۵	۰/۷۹ ± ۰/۰۰۵	۱۹	۰/۱۳ ± ۰/۰۱۲	۲۲	۰/۱۶± ۰/۰۰۲	۱۵	۰/۲ ± ۰/۰۲۲	۴
۱۰	۰/۸ ± ۰/۰۳۱	۲۰	۰/۱۲ ± ۰/۰۲۴	۲۴	۰/۱۶ ± ۰/۰۱۳	۱۳	۰/۲ ± ۰/۰۰۰۵	۵
۲۰	۰/۷۷ ± ۰/۰۱۸	۲۳	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	۲۷	۰/۱۷ ± ۰/۰۰۹	۵	۰/۲۰۵ ± ۰/۰۰۳	۳
۳۰	۰/۵۶ ± ۰/۰۲۲	۶۴	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۱	۶۹	۰/۱۵± ۰/۰۲	۱۶	۰/۱۸ ± ۰/۰۴	۱۳
۴۰	۰/۲۱ ± ۰/۰۰۲۵	۶۹	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۰۴	۷۴	۰/۱۵ ± ۰/۰۲	۱۸	۰/۱۹ ± ۰/۰۰۵	۱۰
۵۰	۰/۲۷ ± ۰/۰۰۵	۷۳	۰/۰۳ ± ۰/۰۰۰۳	۸۰	۰/۱۳ ± ۰/۰۱	۳۲	۰/۱۹ ± ۰/۰۴۳	۱۱

همچنین نتایج نشان داد که در غلظت‌های بالاتر از ۲۰ ppm و بعد از گذشت زمان‌های ۲،۲۴ و ۴۸ ساعت از مجاورت ذرات با سلول‌های فیبروبلاست، درصد سایتوتوکسیسیته افزایش یافت و آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که این افزایش توکسیسیته از لحاظ آماری معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$)، ولی درزمان ۷۲ ساعت هیچ تفاوت معنی‌داری در میانگین فعالیت حیاتی سلول‌ها بین گروه‌های غلظتی وجود نداشت (نمودار۱).



نمودار۱- مقایسه‌ی درصدهای سایتوتوکسیک بر حسب زمان‌های پیگیری به تفکیک غلظت های مختلف نانوذرات نقره

بحث:

نتیجه پژوهش نشان داد که در تمامی گروه‌های غلظتی حداکثر درصد سایتوتوکسیسیته بعد از گذشت ۲۴ ساعت است و بعد از ۴۸ ساعت سایتوتوکسیسیته کاهش می‌یابد و تحلیل آماری نشان داد که این کاهش در سایتوتوکسیسیته سلول‌ها بعد از ۴۸ ساعت از لحاظ آماری معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$) و بیشترین درصد سایتوتوکسیسیته مربوط به غلظت ۵۰ ppm بعد از گذشت ۲۴ ساعت می‌باشد. همچنین بعد ازگذشت زمان های ۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت از مجاورت ذرات با سلول‌های فیبروبلاست در غلظت‌های بالاتر از ۲۰ ppm، درصد سایتوتوکسیسیته افزایش می‌یابد و آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که این افزایش توکسیسیته از لحاظ آماری معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$)، ولی درزمان ۷۲ ساعت هیچ تفاوت معنی‌داری در میانگین فعالیت حیاتی سلول‌ها بین گروه‌های غلظتی وجود نداشت.

توجیهی که برای کاهش توکسیسیته وجود دارد این است که در ساعات اولیه مجاورت نانوسیلور با سلول‌ها ذرات آن از یکدیگر جدا بوده و دارای بیشترین اثر توکسیسیته است و در

[Downloaded from mail.jrds.ir on 2026-10-16]

حداکثر میزان توکسیسیته نیز فقط ۲۰درصدسلول‌ها بعد از گذشت ۲۴ ساعت زنده ماندند. اما با گذشت زمان ذرات به صورت مجتمع در آمده و از سمیت آنها کاسته شد. بنابراین درصدی از سلول‌ها که زنده مانده‌اند شروع به تکثیر می‌کنند و تکثیر آنها باعث مصرف گلوکز محیط و تولید اسید می‌شود که این امر خود به تجمع بیشتر نانوذرات کمک نموده و به دنبال تجمع بیشتر ذرات، از سمیت آن بیشتر کاسته می شود به طوری که بعد از ۷۲ ساعت، درصد سلول‌های زنده بالای ۷۰درصد می باشد. [۲۲]

Caoو همکاران در سال ۲۰۱۰ در مطالعه‌ای سازگاری زیستی نانوکامپوزیت‌های نقره/چیتوزان را بر روی سلول‌های فیبروبلاست L929 با استفاده از تست ۳- (۴و۵ دی متیل تیازول)۲و۵ دی فنیل تترازولیوم بررسی کردند و نشان دادند که ترکیب نانوکامپوزیت نقره/چیتوزان جهت تکثیر و اتصال سلول های فیبروبلاست L929 مفید می باشد. [۲۳] همچنین در مطالعه‌ی Tsenq و همکاران نیز که در سال ۲۰۰۵ انجام شد، سازگاری زیستی نانوکامپوزیت‌های سیلور پلی‌اورتان متکی بر آب در غلظت‌های ۱۵ تا ۷۵ ppm ارزیابی گردید، آنها نشان‌دادند که ذرات نانوسیلور در غلظت ۳۰ppm بیشترین خاصیت اکسیداتیو را داشته و منجر به کاهش فعالیت پلاکت‌ها و مونوسیت‌ها شده اما در مورد فیبروبلاست‌ها و سلول‌های اندوتلیال منجر به افزایش اتصال این سلول‌ها شده است.[۲۴] نتایج حاصل از این دو تحقیق با نتیجه‌ی مطالعه‌ی اخیر تفاوت دارد و بیانگر عدم توکسیک بودن این ذرات برای فیبروبلاست‌ها می‌باشد که ناشی از استفاده کردن از ذرات نانوسیلور به شکل نانو کامپوزیت می‌باشد. نانوکامپوزیت عبارت است از یک ماده‌ی دوفازی یا ترکیب ذرات در زمینه‌ی پلیمری، فلزی یا سرامیکی که منجر به تغییر در خواص مکانیکی مواد می شود. با توجه به اینکه در مطالعه‌ی اخیر از ذرات نانوسیلور به شکل کلوئیدال استفاده گردید می‌توان علت اختلاف نتایج را به آن نسبت داد.[۲۴]

همچنین مطالعه‌ای توسط شاهون و همکاران در سال ۲۰۱۱ صورت گرفت و در آن سازگاری زیستی اشکال میله‌ای-Nano HAرا در غلظت‌های ۱۵.۵تا۸۰۰۰ ppm ، بر روی سلول‌های فیبروبلاست رده‌ی L ۹۶۹ و بعد از گذشت ۲ ،۲۴ ، ۴۸ و۷۲ ساعت با استفاده از تست MTT مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که با افزایش غلظت و نیز زمان، میانگین فعالیت حیاتی سلول‌ها کاهش می‌یابد ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد.[۲۵] که با نتایج مطالعه‌ی اخیر متفاوت است و نشان دهنده‌ی آن است که ذرات نانو هیدروکسی آپاتیت نسبت به ذرات نانوسیلور سازگاری زیستی بیشتری دارد.

اما در مطالعه‌ای که توسط Zhang FQ و همکاران در سال ۲۰۱۰ انجام شد و سایتوتوکسیسیته ۶ نوع از پارتیکل‌های غیر آلی با بیس ذرات نانوسیلور (با ابعاد زیر ۱۰۰ نانومتر و میله‌ای شکل) بر روی فیبروبلاست‌های منشا گرفته از لثه‌ی خرگوش با استفاده از تست MTT بعد از ۲۴ ساعت بررسی شد، نتایج نشان داد که این ذرات هیچ خاصیت سمی در غلظت‌های پایین‌تر از ۲۵ ppm ندارند و ذرات نانوسیلور با حامل زیرکونیم فسفات نسبت به بقیه کمترین اثر توکسیک را دارند.[۲۶] با وجود این که در مطالعه‌ی اخیر از ذرات نانوسیلور با بیس آب استفاده گردید، اما نتایج ما نیز در تایید نتیجه‌ی فوق نشان داد که ذرات نانوسیلور در غلظت‌های بالاتر از۲۰ ppm بر روی فیبروبلاست‌ها، توکسیک می‌باشد. لازم به ذکر است که در مطالعه‌ی Hsu SH و همکاران تنها سمیت نانوذرات بعد از ۲۴ ساعت مورد بررسی قرار گرفت.[۲۴]

محسن زاده و همکاران در سال ۲۰۱۰ به بررسی اثر سایتوتوکسیسیته‌ی پارتیکل‌های نانوسیلور (با ابعاد زیر ۱۰۰ نانومتر و کروی شکل در غلظت‌های ۰/۰۰۵ ،۰/۰۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۵ و ۱۰ ppm بر روی سلول‌های تک هسته‌ای خون محیطی در سه زمان۲۴،۴۸،۷۲ ساعت با استفاده از تست MTT پرداختند و نشان دادند که تا غلظت‌های کمتر از ۱۰ppm سمیتی برای سلول‌ها وجود ندارد.[۲۷] اما نتایج حاصل از مطالعه‌ی اخیر نشان داد که بعد از گذشت۲ ،۲۴و۴۸ ساعت غلظت‌های بالاتر از ۲۰ppm برای فیبروبلاست‌ها توکسیک است و این می‌تواند ناشی از حساس‌تر بودن سلول‌های تک هسته‌ای خون محیطی نسبت به فیبروبلاست‌ها

[Downloaded from mail.jrds.ir on 2026-10-16]

به ذرات نانوسیلور باشد که می‌تواند ناشی از فاگوسیت این ذرات توسط مونوسیت‌ها باشد.[۲۴] نتایج مطالعه‌ی Kim S و همکاران در سال ۲۰۱۱ نیز نشان داد که سایتوتوکسیسیته ی القا شده توسط پارتیکل های نانوسیلور به دلیل استرس اکسیداتیو حاصل از یون‌های نقره می باشد که با تجمع در سیتوپلاسم و هسته‌ی سلول‌ها منجر به تولید رادیکال‌های آزاد می شود[۲۸] ، همچنین شکل ذرات به کار رفته در مطالعه ی نظری مقدم و همکاران کروی بوده که با مطالعه ی اخیر متفاوت است در واقع می‌توان نتیجه گیری کرد که سلول‌ها به اشکال کروی ذرات نانوسیلور نسبت انواع میله‌ای آن حساس‌تر بوده ، زیرا شکل ذرات بر روی سطح تماس ذرات و مقدار یون‌های نقره‌ی آزاد شده موثر می‌باشد. [۷]

نتیجه‌گیری:

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که غلظت‌های بالاتر از ۲۰ ppm نانوسیلور در زمان های۲ ،۲۴ و۴۸ ساعت برای فیبروبلاست‌ها سمی است و بعد از گذشت ۷۲ ساعت این ذرات فاقد اثر توکسیک می‌باشند ،که می تواند به دلیل تجمع ذرات نانوسیلور با گذشت زمان باشد که منجر به کاهش توکسیسیته‌ی ذرات می‌گردد.

همچنین با مقایسه‌ی نتایج حاصل از این مطالعه با مطالعات دیگر می‌توان به این نتیجه رسید که این ذرات در شکل خارج سلولی سمیت کمتری داشته، همچنین استفاده کردن از اشکال میله‌ای نسبت اشکال کروی و نیز نانوکامپوزیت‌های نقره نسبت به فرم کلوئیدال آن دارای سازگاری زیستی بیشتری می‌باشد.

پیشنهادات:

در زمینه‌ی سازگاری زیستی ذرات نانوسیلور تناقض‌هایی وجود دارد که می‌تواند ناشی از ویژگی‌های خاص ذرات مورد استفاده (اندازه، شکل، غلظت نانوذرات به کار رفته، نوع ترکیب سورفاکتانت و پایدارکننده حامل ذرات) و نوع سلول مورد بررسی و تفاوت در روش‌های بکار رفته باشد و با توجه به اهمیت موضوع پیشنهاد می‌شود تا مطالعات بیشتری نظیر بررسی واکنش‌های ایمونولوژیکی و مولکولی و هم چنین بررسی سایتوتوکسیسیته این ماده در مدل های in vivo توسط محققین دیگر انجام و پی‌گیری شود.

******

References:

1-Liesje S, Bart D , Paul V, Benny F, Pyck G.The Antibacterial Activity of Biogenic Silver and Its Mode of Action. J Microbial Biotechnology. 2011may; 31(2):113-189

2-Liu J, Sonshine DA, Shervani S, Hurt RH.Controlled Release of Biologically Active Silver from Nanosilver Surfaces. J ACS Nano. 2010 Jul; 23; 4(11):6903-13.

3-Chaloupka K, Malan Y, Seifalian A. Nanosilver as a New Generation of Nano Product in Biomedical Applications. J Trends Biotechnology. 2010 sep; 28; 3(11):345-501.

4-Sotiriou GA, Pratsinis SE.Antibacterial Activity of Nanosilver Ions and Particles. J Environ Sci Technol. 2010 jan; 15; 44(14):5649-54.

5-Medina C, Santos MJ, Radomski A.Nanoparticles: Pharmacological and Toxicological Significance. J Pharmacol. 2007Aug; 150:552–558.

6-Maynard M, Michelson N. Analysis-Consumer Products-Nanotechnology Project. J ACS Nano. 2009 may; 28; 3(11):345-501

7-Kim JS, Kuk E, Yu KN, Kim JH,Park SJ,Lee HJ,et al. Antimicrobial Effects of Silver Nano Particles. J Nano medicine. 2007 Mar;3(1):95-101.

8-Morones JR, Elechiguerra JL, Yacaman MJ. The Bactericidal Effect of Silver Nanoparticles.J Nanotechnology. 2005 Oct;16(10):2346-53. Epub 2005 Aug 26.

9-Lee HY, Park HK, Lee YM, Kim K, Park SB. A Practical Procedure for Producing Silver Nano Coated Fabric and its Antibacterial Evaluation for Biomedical Applications .J Chem Commun. 2007 jul; 28:2959–2961

[Downloaded from mail.jrds.ir on 2026-10-16]

10-Vigneshwaran N, Kathe AA, Varadarajan PV,Nachane RP, Balasubramanya RH. Functional Finishing of Cotton Fbrics Using Silver Anoparticles. J Nanosci Nanotechnology. 2007sep;7:1893–1897.

11- Colleen M,Santoro, Nicole L,Duchsherer, David W.. Antimicrobial Efficacy and Ocular Cell Toxicity from Silver Nanoparticles.J Nanobiotechnology. 2007 May; 3(2): 55–65.

12-Woo K, Hye Ch. Antibacterial Activity and Mechanism of Action of the Silver Ion in Staphylococcus Aurous and Escherichia Coli. J ADA. 2008; 74(7): 217–247

13-Carlson C, Hussain SM, Schrand AM, Braydich-Stolle LK, Hess KL, Jones RL , et al. Unique Cellular Interaction of Silver Nanoparticles: Size-Dependent Generation of Reactive Oxygen Species.J Phys Chem B. 2008 Oct; 30;112(43):13608-19.

14- Cinar S, Gündül G, Mavis B, Colak U.Synthesis of Silver Nanoparticles by Oleylamine-Oleic Acid Reduction and its Use in Making Nanocable by Coaxial Electrospinning.J Nanosci Nanotechnol. 2011 Apr;11(4):3669-79

15-kim TN, Fex q Ql, Kim JQ,Wu J,Wanq H, Chen GC,et al. Antimicrobial Effects of Metal Ions in Hydroxyapatite. J Materials Science. 1998 Mar; 9(3) 129-34.

16-Rai M,Yadav A,Gade A.Silver Nanoparticles and Ant Bacterial as a New Generation of Antimicrobials. J Biotechnology Advances. 2009; 27(1): 76-83

17-Sharma VK, Yngard RA, Lin Y.Silver Nanoparticles: Green Synthesis and Their Antimicrobial Activities. J Adv Colloid Interface Sci. 2009 Jan;145(1-2):83-96.

18- Woo Kyung Jung, Hye Cheong Koo, Ki Woo Kim, Sook Shin, So Hyun Kim, Yong Ho Park. Antibacterial Activity and Mechanism of Action of the Silver Ion in Staphylococcus Aurous and Escherichia Coli. J ADA. 2008; 74(7): 2171–217

19-Petica A, Gavariliu S, Lungu M, Buruntea N, Panzaru C. Colloidal Silver Solutions with Antimicrobial Properties. J Material Science and Engineering. 2008; 15(2):22-27

20- Shrivastava S, Jung woo. Characterization of Enhanced Antibacterial Effects of Nano Silvernanoparticles. J Nanotechnology. 2007; 18 (25):103– 225

21- Panacek A, Kvítek L, Prucek R, Kolar M, Vecerova R, Pizúrova N, et al. Silver Colloid Nano Particles: Synthesis, Characterization, and Their Anti Bacterial Activity. J PhysChem. 2006 Aug; 110(33):16248–53

22- Anand M, Bell PW, Fan X, Enick RM, Roberts CB. Synthesis and Steric Stabilization of Silver Nanoparticles in Neat Carbon Dioxide Solvent Using Fluorine-Free Compounds. J Phys Chem B. 2006 Aug ;110(30):14693-701

23-Cao XL, Cheng C, Ma YL, Zhao CS.Preparation of Silver Nanoparticles with Antimicrobial Activities and the Researches of their Biocompatibilities. J Sci Mater Med. 2010 Oct;21(10):2861-8. Epub 2010 Jul 22.

24-Hsu SH,Tsenq HJ. Lin YC. The Biocompatibility and Antibacterial Properties of Waterborne Polyurethane-Silver Nanocomposites. J Biomaterials. 2010; 31(26):6796-808

25-Shahoon H, Hamedi R,Yadegari Z,Valai N.Evaluation of Hydroxyapatite Nano Particles, on the Human Peripheral Blood Mononuclear Cells:An In Vitro Study. J Medwell. 2010; 5(12):764-768

26-Zhang FQ, She WJ, Fu YF.Comparison of the Cytotoxicity In Vitro Among Six Types of Nano-Silver Base Inorganic Antibacterial Agents. J Biomaterials. 2005 Nov;40(6):504-7.

27-Mohsenzadeh S, Nazarymoghaddam K. Evaluation of Cytotoxisity of Nanosilver Particles on Monocytes of White Blood Cells. [Dissertation] Dental Faculty of Shahed University of Medical Science;2010

28-Kim S, Choi JE, Choi J,Chung KH, Park K, Yij J, etal. Oxidative Stress-Dependent Toxicity of Silver Nanoparticles In Human Hepatoma Cells .J Toxicol Invitro. 2009 Sep;23(6):1076-84. Epub 2009 Jun 7.

[Downloaded from mail.jrds.ir on 2026-10-16]