



بررسی اثر نانو ذرات نقره و سیلیس بر همولیز سلول‌های خونی انسان: خلاصه سیاستی

سمیه رحیمی مقدم^{۱*}، صفورا جوان^۱، احمد قاسمی^۲، محمد حسن آبادی^۱، فاطمه مهرافشان^۱

۱. مرکز تحقیقات سلامت محیط کار، دانشگاه علوم پزشکی نیشابور، نیشابور، ایران
۲. استادیار بیوشیمی بالینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

چکیده

مقدمه:

گسترش سریع کاربرد نانومواد در حوزه‌های مختلف، علیرغم مزایای فراوان، چالش‌های جدی را برای سیاست‌گذاران در زمینه ایمنی و نظارت ایجاد کرده است. فقدان چارچوب‌های سیاستی جامع و پروتکل‌های ارزیابی خطر مدون در سطح کلان، به‌ویژه در حوزه سلامت، می‌تواند منجر به تصمیم‌گیری‌های ناکافی و بروز مخاطراتی برای سلامت جامعه شود. این خلاصه سیاستی با هدف ارائه شواهد علمی برای کمک به تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر و تدوین دستورالعمل‌های ایمنی مبتنی بر شواهد برای نانومواد تهیه شده است. بدین منظور، سمیت دو نانوذره پرکاربرد نقره (AgNPs) و سیلیس (SiO₂-NPs) بر سلول‌های خونی انسان در یک مطالعه آزمایشگاهی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج اصلی نشان داد که نانوذرات سیلیس سمیت سلولی و همولیز بیشتری نسبت به نانوذرات نقره ایجاد می‌کنند (مقدار IC₅₀ برای نانوذرات نقره ۵۸/۰۴۶۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر و برای نانوذرات سیلیس ۴۰/۴۰۷۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر به‌دست آمد). این اثرات به غلظت و زمان مواجهه وابسته بودند. بر اساس این یافته‌ها و بررسی ملاحظات اجرایی، این خلاصه سیاستی مجموعه‌ای از گزینه‌های سیاستی شامل تدوین استانداردها و پروتکل‌های دقیق برای استفاده ایمن، آموزش متخصصان و آگاهی‌رسانی عمومی، حمایت از تحقیقات بیشتر و ایجاد برنامه‌های پایش و ارزشیابی مستمر را برای مدیریت بهتر ایمنی نانومواد در سطوح مختلف پیشنهاد می‌کند.

کلمات کلیدی: نانوذرات، سلول‌های خونی، سمیت

نوع مقاله: خلاصه سیاستی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۳

*نویسنده مسئول: سیمیه رحیمی
مقدم، مرکز تحقیقات سلامت محیط
کار، دانشگاه علوم پزشکی نیشابور،
نیشابور، ایران

تلفن: ۰۹۱۵۳۵۳۲۸۱۸

پست الکترونیک:
s.rahimimoghadam@gmail.com



مقدمه

توسعه و به کارگیری فناوری نانو و نانومواد در حوزه های گوناگون از جمله پزشکی (مانند کاهش عفونت های میکروبی پوست، درمان زخم های سوختگی و جلوگیری از تجمع باکتری ها روی تجهیزات پزشکی مانند پروتزها)، داروسازی، لوازم آرایشی، حمل و نقل، انرژی و کشاورزی، آن ها را به جزئی جدایی ناپذیر از پیشرفت صنعتی و اجتماعی تبدیل کرده است. با این حال، این گسترش سریع و ورود روزافزون نانومواد به زندگی بشر، چالش های قابل توجهی را برای سیاست گذاران و نهادهای نظارتی در سطح کلان ایجاد کرده است، به ویژه در حوزه سلامت. فقدان چارچوب های سیاستی و نظارتی جامع و متناسب با سرعت پیشرفت این فناوری، می تواند منجر به بروز کمبودها و خطاهایی در تصمیم گیری های سیاسی کلان مرتبط با ایمنی و کاربرد این مواد شود و سلامت جامعه را با مخاطراتی مواجه سازد (۱، ۲).

علیرغم مزایای بالقوه فراوان، خطرات احتمالی نانوذرات برای سلامت انسان (۳) ایجاب می کند که درک دقیقی از خواص آن ها و تأثیراتشان بر سیستم های بیولوژیک، پیش از تجاری سازی و استفاده گسترده، وجود داشته باشد. این امر به ویژه در کاربردهای پزشکی و بالینی، که مستلزم تماس مستقیم نانومواد با بدن انسان است، اهمیتی دوچندان می یابد. در حال حاضر، یکی از کمبودهای اساسی در سطح سیاست گذاری سلامت، عدم وجود پروتکل های ارزیابی خطر و دستورالعمل های شفاف برای استفاده ایمن از نانومواد در حوزه پزشکی است. بررسی دقیق سمیت نانومواد نه تنها برای اهداف علمی و روشن سازی مکانیسم های عملکردی آن ها، بلکه مهم تر از آن، برای تسهیل تدوین سیاست های مبتنی بر شواهد و کاربرد ایمن و مسئولانه آن ها در بالین حیاتی است و می تواند به جلوگیری از تکرار خطاهای گذشته در مواجهه با فناوری های نوظهور کمک کند (۴-۷).

به عنوان مثال، نانوذرات نقره به دلیل خواص ضد میکروبی گسترده، به وفور در محصولات مصرفی و بهداشتی به کار می روند. با این حال، اطلاعات جامعی در مورد سمیت

درازمدت آن ها در انسان در دست نیست و سیاست های فعلی نظارت بر تولید و مصرف این محصولات، ممکن است توانایی کافی برای مدیریت خطرات ناشی از مواجهه مداوم جامعه با این نانوذرات را نداشته باشند. این نانوذرات به دلیل اندازه نانومتری خود به راحتی می توانند به بافت ها، سلول ها و مولکول های بیولوژیکی نفوذ کنند (۸). استفاده گسترده و کنترل نشده از آن ها، بدون پشتوانه ارزیابی های دقیق و جامع، می تواند خطرات قابل توجهی برای سلامت انسان و حیوانات ایجاد کند. کبد، به عنوان بزرگ ترین غده بدن و با توجه به نقش کلیدی آن در متابولیسم و دفع مواد خارجی، به طور ویژه در معرض آسیب ناشی از مواجهه مکرر با نانوذرات نقره قرار دارد، و کمبود توجه کافی در سیاست گذاری های سلامت به این ارگان هدف، نگران کننده است (۹، ۱۰).

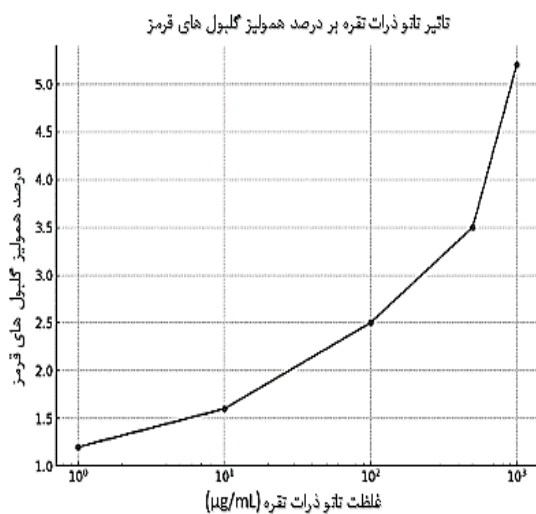
مورد دیگر، سیلیس بلورین است که توسط آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC)^۱ به عنوان یک ماده سرطان زای گروه ۱ طبقه بندی شده است (۱۱). با این وجود، نانوذرات سیلیس به طور گسترده در تشخیص و درمان سرطان، توسعه نانوداروها و کاربردهای تصویربرداری مورد استفاده قرار می گیرند (۱۲، ۱۳). این تناقض ظاهری، ضرورت بازنگری و تدوین سیاست های دقیق و افتراقی را برای نانومواد، حتی آن هایی که شکل غیرنانوی آن ها خطرات شناخته شده ای دارد، آشکار می سازد. نبود چنین سیاست هایی می تواند منجر به تصمیم گیری های ناکافی در خصوص مجوزدهی و کاربرد این مواد در حوزه حساس پزشکی شود.

این خلاصه سیاستی، با هدف پر کردن بخشی از این خلاء اطلاعاتی و کمک به تصمیم گیری های آگاهانه تر در سطح کلان، به بررسی و مقایسه اثر غلظت های مختلف دو نانوماده پرکاربرد، یعنی نانوذرات نقره و سیلیس، بر زنده ماندن سلول های ردهی Jurkat^۲ به عنوان مدل لنفوسیت های T انسانی و همچنین میزان همولیز در نمونه های خون محیطی انسان پرداخته است. هدف اصلی از این ارزیابی، دستیابی به درک دقیق تری از ایمنی این نانوذرات در کاربردهای زیست پزشکی و ارائه شواهد علمی لازم به

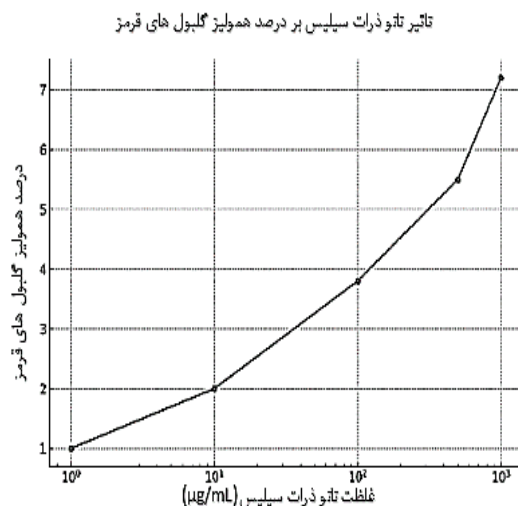
^۱ International Agency for Research on Cancer



نقره و سیلیس در غلظت های ۱ تا ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر اثرات همولیتیک وابسته به غلظت ایجاد می کنند. با افزایش غلظت، درصد همولیز به طور قابل توجهی افزایش یافت، به طوری که در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر، بیشترین درصد همولیز برای نانوذرات نقره $(1/275848 \pm 7/040624)$ و سیلیس $(5/283822 \pm 1/14933)$ مشاهده شد. در غلظت های پایین، نانوذرات نقره همولیز بیشتری ایجاد کردند، اما در غلظت های بالا تفاوت معناداری بین دو نانوذره دیده نشد.



شکل ۱- تأثیر نانو ذرات نقره بر درصد همولیز گلبول های قرمز



شکل ۲- تأثیر نانو ذرات سیلیس بر درصد همولیز گلبول های قرمز

نهادهای سیاست گذار (مانند وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی یا سایر نهادهای مرتبط منطقه ای/کشوری) برای تدوین دستورالعمل ها و استانداردهای مبتنی بر شواهد است. امید است نتایج این مطالعه بتواند به بهبود شناخت سیاست گذاران از پتانسیل های درمانی و خطرات احتمالی این نانوذرات کمک کرده و زمینه را برای تصمیم گیری های دقیق تر و ایمن تر در راستای حفظ و ارتقای سلامت جامعه فراهم آورد.

روش

شواهد اصلی ارائه شده در این خلاصه سیاستی، حاصل یک مطالعه آزمایشگاهی هدفمند برای ارزیابی و مقایسه سمیت دو نانوماده پرکاربرد (نقره و سیلیس) بر سلول های انسانی است. این بررسی با هدف تولید داده های پایه برای شناسایی خطرات بالقوه سلامت و کمک به تدوین سیاست های ایمنی نانومواد در کاربردهای زیست پزشکی انجام گرفت.

رویکرد مطالعه شامل دو بخش اصلی بود. در بخش اول ارزیابی تأثیر غلظت های مختلف نانوذرات نقره و سیلیس بر زنده ماندن رده سلولی Jurkat (به عنوان مدل لنفوسیت های T انسانی) در بازه های زمانی مختلف (۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) با استفاده از سنجش استاندارد MTT صورت گرفت. در بخش دوم بررسی اثرات این نانوذرات بر همولیز گلبول های قرمز در نمونه های خون محیطی انسانی که از افراد سالم داوطلب تهیه شده بود.

برای اطمینان از اعتبار نتایج، تنها سلول های با رشد پایدار و نمونه های خون از افراد سالم فاقد شرایط مداخله گر وارد مطالعه شدند. تمامی مراحل پژوهش پس از اخذ تأییدیه از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی نیشابور انجام پذیرفت. داده های به دست آمده با استفاده از روش های آماری توصیفی و تحلیلی، از جمله محاسبه شاخص سمیت سلولی (IC₅₀)، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند تا تفاوت های معنادار در اثرات نانوذرات مختلف شناسایی شوند. این تحلیل ها مبنایی برای درک بهتر میزان سمیت نسبی این نانوذرات و ارائه توصیه های سیاستی مرتبط با مدیریت ریسک آن ها فراهم می آورد.

یافته ها

نتایج بررسی همولیز گلبول های قرمز نشان داد که نانوذرات



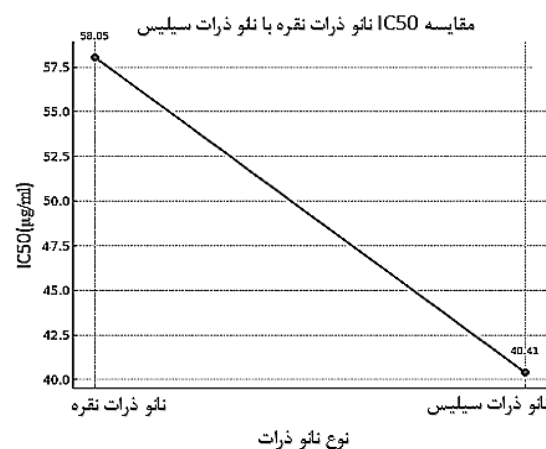
و تغییر در بیان پروتئین‌ها شوند (۱۸، ۱۹). این یافته‌ها بر لزوم درک مکانیسم‌های سلولی سمیت نانوذرات برای توسعه کاربردهای زیست‌پزشکی ایمن‌تر تأکید می‌کنند.

نتایج این مطالعه نشان داد که سمیت نانوذرات سیلیس برای رده سلولی Jurkat و میزان همولیز خون با افزایش غلظت و مدت زمان مواجهه افزایش می‌یابد. در غلظت‌های پایین (۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، سمیت معناداری مشاهده نشد، اما در غلظت‌های بالاتر، مرگ سلولی افزایش یافت. مطالعه Barkhordari و همکاران نشان داد که نرخ مرگ سلولی در مواجهه با نانوذرات SiO₂ به‌طور معناداری با افزایش غلظت و مدت زمان مواجهه افزایش می‌یابد (۱۴). این یافته‌ها تأکید می‌کنند که غلظت و مدت زمان مواجهه به‌طور معناداری بر سمیت نانوذرات تأثیر می‌گذارند و برای ارزیابی خطرات مواجهه با نانوذرات در محیط‌های بالینی و زیست‌محیطی ضروری هستند.

با این حال، کاربرد گسترده نانوذرات در صنایع دارویی، پزشکی، کشاورزی و سایر بخش‌های صنعتی نیازمند توجه بیشتر به ایمنی و سلامت انسان و بررسی اثرات سمی نانوذرات بر سلول‌ها، به‌ویژه در سطح سلولی-میکروسکوپی، است. مطالعات آینده باید با هدف روشن‌سازی مکانیسم‌های مولکولی دقیقی که نانوذرات نقره و سیلیس از طریق آنها اثرات سمی خود را اعمال می‌کنند، به‌ویژه در رده‌های سلولی مرتبط با سلامت انسان، انجام شوند. علاوه بر این، بررسی اصلاحات سطحی نانوذرات و سیستم‌های هدفمند برای تحویل دارو ممکن است به کاهش سمیت و افزایش اثربخشی زیست‌پزشکی آنها کمک کند. درک این مکانیسم‌ها برای توسعه درمان‌های ایمن‌تر و مؤثرتر مبتنی بر نانوذرات ضروری خواهد بود.

در این بخش، ملاحظات اجرایی و موانع بالقوه برای اجرای هر یک از گزینه‌های مطرح شده به تفکیک سطوح مختلف برنامه‌ریزی و اجرای خدمات سلامت، شامل افراد دریافت‌کننده خدمت، افراد ارائه‌دهنده خدمت، واحد/سازمان ارائه‌دهنده خدمت و نظام سلامت در سطح کلان، بررسی می‌شود. همچنین پیشنهادهایی در زمینه برنامه پایش و ارزشیابی ارائه می‌گردد.

در بررسی سمیت سلولی بر روی رده سلولی Jurkat، هر دو نانوذره در غلظت‌های ۱ تا ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر و بازه‌های زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت اثرات سمیت وابسته به غلظت و زمان نشان دادند. پس از ۷۲ ساعت تیمار، نانوذرات نقره و سیلیس به ترتیب ۸۷٪ و ۹۵٪ سمیت در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر ایجاد کردند. مقادیر IC₅₀ برای نانوذرات نقره و سیلیس به ترتیب ۵۸/۰۴۶۷ و ۴۰/۴۰۷۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر محاسبه شد، که نشان‌دهنده سمیت بیشتر نانوذرات سیلیس بود.



شکل ۳- مقایسه IC₅₀ نانوذرات نقره با نانو ذرات سیلیس

بحث

نتایج آزمون MTT نشان داد که نانوذرات نقره و سیلیس سطوح متفاوتی از سمیت سلولی را بر اساس ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، غلظت و مدت زمان مواجهه نشان می‌دهند. این یافته‌ها با مطالعات پیشین هم‌خوانی دارد (۱۴-۱۶). نانوذرات می‌توانند از طریق جذب پوستی، بلع یا استنشاق وارد جریان خون شده و با سلول‌های خونی

تعامل کنند، که ممکن است منجر به عوارضی مانند همولیز، ترومبوز و مرگ سلولی شود (۱۵-۱۷). مرگ سلولی احتمالاً ناشی از نفوذپذیری بالای غشای سلولی است که به نانوذرات اجازه می‌دهد به لیپیدها و پروتئین‌ها متصل شده و آسیب سلولی ایجاد کنند. افزایش سمیت با گذشت زمان ممکن است به دلیل اتصال بیشتر نانوذرات به پروتئین‌های سطحی یا داخل سلولی باشد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که نانوذرات SiO₂ می‌توانند موجب القای تمایز سلولی، التهاب



برای افراد دریافت کننده خدمت، افزایش آگاهی از خطرات نانو ذرات و نحوه مواجهه ایمن با آنها از طریق برنامه های آموزشی و اطلاع رسانی عمومی ضروری است. ارائه دستورالعمل های شفاف و قابل فهم نیز می تواند به کاهش مواجهه با نانو ذرات در محیط های کاری و زندگی روزمره کمک کند. با این حال، مقاومت افراد در پذیرش تغییرات رفتاری و کمبود منابع آموزشی از موانع بالقوه در این سطح محسوب می شوند.

در سطح افراد ارائه دهنده خدمت، آموزش متخصصان و کارشناسان بهداشت در زمینه ارزیابی خطرات نانو ذرات و روش های کاهش مواجهه از اهمیت بالایی برخوردار است. توسعه دوره های تخصصی برای پزشکان و پژوهشگران در حوزه سمیت نانو ذرات نیز می تواند به بهبود دانش و مهارت های آنها کمک کند. اما کمبود زمان و منابع مالی برای برگزاری دوره های آموزشی و نیاز به به روز رسانی مداوم دانش از چالش های پیش رو در این سطح هستند.

برای واحدها و سازمان های ارائه دهنده خدمت، تدوین و اجرای پروتکل های ایمنی برای استفاده از نانو ذرات در محیط های کاری و صنعتی و نصب تجهیزات نظارتی برای اندازه گیری سطح مواجهه با نانو ذرات و کنترل آن از اقدامات کلیدی است. با این حال، هزینه های بالای تجهیزات و نیروی انسانی مورد نیاز برای نظارت و چالش های فنی در اجرای پروتکل های ایمنی از موانع اصلی در این سطح به شمار می روند.

در سطح کلان نظام سلامت، تدوین سیاست های ملی و بین المللی برای استفاده ایمن از نانو ذرات و حمایت از تحقیقات گسترده در زمینه اثرات نانو ذرات بر سلامت انسان و محیط زیست از اولویت های اصلی است. اما نیاز به هماهنگی بین المللی برای تدوین استانداردهای جهانی و محدودیت های مالی و زمانی برای اجرای سیاست های کلان از چالش های مهم در این سطح محسوب می شوند.

برای برنامه پایش و ارزشیابی، ایجاد سیستم های نظارتی مستمر برای ارزیابی سطح مواجهه با نانو ذرات و اثرات آن بر سلامت، انجام مطالعات طولی (longitudinal) برای بررسی اثرات بلندمدت نانو ذرات بر سلامت انسان و توسعه شاخص های عملکردی برای ارزیابی اثربخشی سیاست های اجرا شده پیشنهاد می شود.

با توجه به شرایط موجود در نظام سلامت ایران و توافق نظر خبرگان، اولویت های زیر برای اجرای گزینه های سیاستی پیشنهاد می شود: در کوتاه مدت، افزایش آگاهی عمومی و آموزش کارشناسان بهداشت در زمینه خطرات نانو ذرات؛ در میان مدت، تدوین و اجرای پروتکل های ایمنی برای استفاده از نانو ذرات در محیط های کاری؛ و در بلندمدت، حمایت از تحقیقات گسترده و تدوین سیاست های ملی و بین المللی برای استفاده ایمن از نانو ذرات. این گزینه ها با هدف کاهش خطرات ناشی از مواجهه با نانو ذرات و بهبود سلامت عمومی در سطوح مختلف اجرایی پیشنهاد شده اند.

جدول ۱- بررسی گزینه های سیاستی برای مدیریت ایمنی و کاهش خطرات نانو ذرات در حوزه سلامت و محیط زیست

نام گزینه	جنبه های ارزیابی یافته به دست آمده از مطالعات مرور نظام مند و یا سایر شواهد پژوهشی موجود	مزایا	معایب	هزینه ها و هزینه اثربخشی	در خصوص مزایا و معایب بالقوه (عدم اطمینان)	عناصر کلیدی گزینه (چرا و چگونه کار می کند)	دیدگاه تجارب و ذینفعان
ایجاد نظارت و استانداردهای دقیق در استفاده از نانو ذرات	نیاز به ارزیابی دقیق سمیت نانو ذرات در مراحل تولید، توزیع و استفاده	کاهش خطرات سلامت ناشی از مواجهه با نانو ذرات	نیاز به تجهیزات و نیروی انسانی متخصص	هزینه های اولیه برای تجهیزات و نیروی انسانی	اثربخشی بلندمدت نیاز به ارزیابی مداوم دارد.	نظارت دقیق و تدوین استانداردها باعث کاهش مواجهه و افزایش ایمنی می شود.	سازمان های دولتی و غیردولتی از نظارت استقبال می کنند، اما ممکن است نگرانی هایی در مورد هزینه ها وجود داشته باشد.



آموزش و توانمندسازی کارشناسان و متخصصان سلامت	نیاز به افزایش آگاهی و دانش متخصصان در زمینه خطرات نانو ذرات	بهبود توانایی متخصصان در ارزیابی و مدیریت خطرات نانو ذرات	نیاز به زمان و منابع مالی برای برگزاری دوره های آموزشی	هزینه های برگزاری دوره های آموزشی و کارگاه ها	اثربخشی آموزش ها ممکن است نیاز به ارزیابی مداوم داشته باشد.	آموزش ها باعث افزایش دانش و تغییر رفتار متخصصان می شوند.	متخصصان و کارشناسان از آموزش ها استقبال می کنند، اما ممکن است مقاومت اولیه وجود داشته باشد.
آگاهی رسانی عمومی و رسانه ای	نیاز به افزایش آگاهی عمومی در مورد خطرات و فواید نانو ذرات	کاهش مواجهه غیر ضروری با نانو ذرات و افزایش ایمنی عمومی	نیاز به همکاری مستمر با رسانه ها و تولید محتوای آموزشی	هزینه های تولید و انتشار محتوای آموزشی	آگاهی رسانی ممکن است نیاز به ارزیابی مداوم داشته باشد.	اطلاع رسانی عمومی باعث افزایش آگاهی و تغییر رفتار جامعه می شود.	جامعه و رسانه ها از آگاهی رسانی استقبال می کنند، اما ممکن است چالش هایی در جذب مخاطب وجود داشته باشد.
تحقیقات بیشتر در زمینه اثرات سمی نانو ذرات	نیاز به درک بهتر مکانیسم های سمیت نانو ذرات و اثرات بلند مدت آنها	توسعه سیاست های مبتنی بر شواهد برای استفاده ایمن از نانو ذرات	نیاز به زمان و منابع مالی برای انجام تحقیقات گسترده	هزینه های تحقیقاتی و زمان بردن	نتایج تحقیقات ممکن است بلند مدت باشند و نیاز به پیگیری داشته باشند.	تحقیقات به بهبود دانش و تدوین سیاست های مؤثر کمک می کنند.	محققان و سیاست گذاران از تحقیقات استقبال می کنند، اما ممکن است محدودیت های مالی وجود داشته باشد.
تدوین پروتکل ها و دستورالعمل های اجرایی	نیاز به استانداردهای دقیق برای استفاده ایمن از نانو ذرات پزشکی و صنعت	کاهش خطرات سلامت و افزایش ایمنی در استفاده از نانو ذرات	نیاز به هماهنگی بین المللی و تدوین پروتکل های جامع	هزینه های تدوین و اجرای پروتکل ها	پروتکل ها ممکن است نیاز به ارزیابی مداوم داشته باشد.	پروتکل ها باعث استاندارد سازی و کاهش خطرات می شوند.	سازمان های بهداشتی و صنعتی از استاندارد سازی استقبال می کنند، اما ممکن است چالش هایی در اجرا وجود داشته باشد.

نتیجه گیری

این مطالعه اثرات سیتوتوکسیک و همولیتیک قابل توجه نانو ذرات نقره و سیلیس را بر روی سلول های خونی انسان ورده سلولی Jurkat نشان می دهد. نتایج حاکی از آن است که هر دو نوع نانو ذره باعث افزایش همولیز در سلول های خونی به صورت وابسته به غلظت می شوند، به طوری که نانو ذرات نقره در غلظت های پایین تر اثر همولیتیک بارزتری از خود نشان می دهند. با این حال، با افزایش غلظت، نانو ذرات سیلیس نیز فعالیت همولیتیک بیشتری از خود نشان می دهند که بیانگر تمایز قابل توجه بین این دو نوع نانو ذره در غلظت های بالاتر است. این یافته ها پیامدهای مهمی برای توسعه کاربردهای زیست پزشکی، به ویژه در

زمینه تحویل دارو و درمان سرطان دارند. اگرچه نانو ذرات نقره و سیلیس نویدبخش استفاده بالینی هستند، اما اثرات سیتوتوکسیک و همولیتیک آنها بر لزوم ارزیابی دقیق زیست سازگاری و خطرات بالقوه آنها تأکید می کند. درک عمیق تر از مکانیسم های زیربنایی این اثرات سمی برای تبدیل یافته های آزمایشگاهی به کاربردهای بالینی ایمن و مؤثر ضروری است.

ملاحظات اخلاقی و کد اخلاق

این پژوهش با تایید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی نیشابور به شماره IR.NUMS.REC.1402.004 انجام شد.



References:

1. Friedman A, Blecher K, Sanchez D, Tuckman-Vernon C, Gialanella P, Friedman JM, et al. Susceptibility of Gram-positive and-negative bacteria to novel nitric oxide-releasing nanoparticle technology. 2011;2(3):217-21.
2. Hirano SJEh, medicine p. A current overview of health effect research on nanoparticles. 2009;14(4):223-5.
3. Nel A, Xia T, Madler L, Li NJs. Toxic potential of materials at the nanolevel. 2006;311(5761):622-7.
4. Andreescu S, Gheorghiu M, Özel RE, Wallace KN. Methodologies for toxicity monitoring and nanotechnology risk assessment. Biotechnology and nanotechnology risk assessment: minding and managing the potential threats around US: ACS Publications; 2011. p. 141-80.
5. El-Ansary A, Al-Daihan SJJoT. On the toxicity of therapeutically used nanoparticles: an overview. 2009;2009.
6. Ray PC, Singh AK, Senapati D, Fan Z, Yu HJBNARiF, Biomedical, Sciences H. Toxicity and Environmental Risks of Nanomaterials: An Update. 2013;733-48.
7. Lewinski N, Colvin V, Dreze R. Cytotoxicity of nanoparticles. small. 2008;4(1):26-49.
8. Mathias FT, Romano RM, Kizys MM, Kasamatsu T, Giannocco G, Chiamolera MI, et al. Daily exposure to silver nanoparticles during prepubertal development decreases adult sperm and reproductive parameters. 2015;9(1):64-70.
9. Kuntz E, Kuntz H-DJHT, Therapy AHMBDC. Drug-induced liver damage. 2008:555-78.
10. Shariatzadeh MA, Maleki PJJAR. Evaluation of the protective effect of Nigella sativa oil on liver in NMRI male mice following silver nanoparticles toxicity. 2020;33(3):252-64.
11. Raju B, Rom WN. Silica, Some Silicates, Coal Dust and Para-Aramid Fibrils: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 68. JSTOR; 1998.
12. Ye Y, Liu J, Xu J, Sun L, Chen M, Lan MJTiV. Nano-SiO₂ induces apoptosis via activation of p53 and Bax mediated by oxidative stress in human hepatic cell line. 2010;24(3):751-8.
13. Kioni PN, Gao Y, Tang Z, Gatebe E, Wanyika H. Synthesis and characterization of ordered mesoporous silica nanoparticles with tunable physical properties by varying molar composition of reagents. 2011.
14. Barkhordari A, Hekmatimoghaddam H, Jebali A, Fallahzadeh H. The cytotoxic effects of SiO₂ nanoparticles on human blood mononuclear cells. SSU_Journals. 2012;20(1):10-8.
15. Brunner TJ, Wick P, Manser P, Spohn P, Grass RN, Limbach LK, et al. In vitro cytotoxicity of oxide nanoparticles: comparison to asbestos, silica, and the effect of particle solubility. Environmental science & technology. 2006;40(14):4374-81.
16. Uygur B, Graig G, Mason M, Ng A-K. Cytotoxicity and Genotoxicity of Silver Nanoparticles 2009.
17. Aillon KL, Xie Y, El-Gendy N, Berkland CJ, Forrest ML. Effects of nanomaterial physicochemical properties on in vivo toxicity. Advanced drug delivery reviews. 2009;61(6):457-66.
18. Peters K, Unger RE, Kirkpatrick CJ, Gatti AM, Monari E. Effects of nano-scaled particles on endothelial cell function in vitro: studies on viability, proliferation and inflammation. Journal of Materials Science: Materials in Medicine. 2004;15:321-5.
19. Yang X, Liu J, He H, Zhou L, Gong C, Wang X, et al. SiO₂ nanoparticles induce cytotoxicity and protein expression alteration in HaCaT cells. Particle and fibre toxicology. 2010;7(1):1-12.



Investigating the Effect of Silver and Silica Nanoparticles on the Hemolysis of Human Blood cells: A Policy Brief

Somayeh Rahimimoghadam^{*1}, Safoura Javan¹, Ahmad Ghasemi², Mohamad Hasanabadi¹, Fatemeh Mehrafshan¹

1. Workplace Health Research Center, Neyshabur University of Medical Sciences, Neyshabur, Iran
2. Assistant Professor of Clinical Biochemistry, School of Medicine, Gonabad University of Medical Sciences

Type of Article Policy Brief	Abstract
Received: 08/04/2025 Accepted: 03/06/2025 *Corresponding Author: Somayeh Rahimimoghadam, Workplace Health Research Center, Neyshabur University of Medical Sciences, Neyshabur, Iran TEL: 09153532818 Email: (s.rahimimoghadam@gmail.com)	Introduction: The rapid expansion of nanomaterial applications across various fields, despite their numerous benefits, has posed significant challenges for policymakers concerning safety and oversight. The absence of comprehensive policy frameworks and codified risk assessment protocols at the macro level, particularly within the health sector, may result in inadequate decision-making and present risks to public health. This policy brief aims to provide scientific evidence to support more informed decision-making and the development of evidence-based safety guidelines for nanomaterials. For this purpose, the toxicity of two widely used nanoparticles, silver (AgNPs) and silica (SiO₂-NPs), on human blood cells was investigated and compared in a laboratory study. The main findings demonstrated that silica nanoparticles induce greater cytotoxicity and hemolysis compared to silver nanoparticles (the IC₅₀ value for silver nanoparticles: 58.0467 µg/ml, for silica nanoparticles: 40.4074 µg/ml). These effects were concentration- and time-dependent. Based on these findings and a review of implementation considerations, this policy brief proposes a set of policy options, including the development of precise standards and protocols for safe use, training of specialists and public awareness campaigns, support for further research, and the establishment of continuous monitoring and evaluation programs for better management of nanomaterial safety at various levels. Keywords: Nanoparticles, Human Blood Cells, Toxicity
► Please cite this article as: Rahimimoghadam S, Javan S, Ghasemi A, Hasanabadi M, Mehrafshan F. Investigating the Effect of Silver and Silica Nanoparticles on the Hemolysis of Human Blood cells: A Policy Brief. J Neyshabur Univ Med Sci 2024;12(1):1-8.	