NCMBJ
Review article

New Cell Mol Biotech
j.12/45 , 2022

Scan online to view this article

A Review of Strategies Based on the Effectiveness of Nanoparticles in the Detection, Prevention and Treatment of Covid 19

Mahdiyeh Moghimipour [1], Nadia Mahmoudi Khatir [1*], Zahra Nazem Bokaei [2], Farzaneh Sabbagh [3]

1. Department of Biotechnology, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran.
2. Department of Plant Sciences , Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
3. Department of chemical engineering, Chungbuk national university, Cheongju, Chungbuk 28644, Republic of Korea

Abstract

Nanoparticles have a great impact in various fields of medicine and therapy, including biosensors, imaging and smart drug delivery. SARS-Covid 2 is a coating virus and has particle-like properties with a diameter of 140-160 nm. The synthesized nanoparticles are very similar to the virus and will easily interact with its proteins. Therefore, nanoparticle solutions, including antiviral mechanisms to prevent the growth, proliferation and penetration of the virus, the production of masks, vaccines, is a good option to combat the virus. Due to the impact and prevalence of the Covid-19 disease and its risks to the health of people around the world, after the first days of identifying the virus, researchers sought ways to diagnose the disease in individuals, as well as its prevention and treatment. So far, vaccination has been the best way to fight against the Covid-19. In the meantime, nanoparticles due to their special properties could have many uses, including diagnosis, vaccine and drug production. In this paper, we examine the implementations of nanoparticles against the Covid-19.

Keywords: Coronavirus, Covid-19, SARS-Covid 2, Vaccine, Nanoparticles, Drug, . Iau Science .

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

Corresponding author:
Department of Biotechnology, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
Email: n.khatir@alzahra.ac.ir

مجله تازه های بیوتکنولوژی سلولی مولکولی
دوره ۱۲ - شماره۴۵ - زمستان ۱۴۰۰
NCMBJ
مقاله مروری

برای مشاهده این مقاله به صورت آنلاین اسکن کنید

مروری بر راهبردهای مبتنی‌بر اثربخشی نانوذرات در تشخیص، پیشگیری و درمان کووید ۱۹

مهدیه مقیمی پور[۱]، نادیا محمودی خطیر*[۱]، زهرا ناظم بکایی[۲]، فرزانه صباغ[۳]

۱. گروه بیوتکنولوژی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران
۲. گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران
۳. گروه مهندسی شیمی، دانشگاه چانگ باک، چانگ باک، جمهوری کره

چکیده

نانوذرات تأثیر بسزایی در حوزه‌های مختلف پزشکی و درمانی از جمله حسگرهای زیستی، تصویربرداری و دارورسانی هوشمند دارند. سارس-کووید ۲ ویروس پوششی است و دارای خواص ذره مانندی به قطر ۶۰-۱۴۰ نانومتر است. نانوذرات سنتز شده شباهت بسیاری به ویروس دارند و به راحتی با پروتئین های آن بر هم کنش خواهند داشت. بنابراین راهکارهای در نظر گرفته با نانوذرات از جمله مکانیسم ضد ویروسی جهت جلوگیری از رشد، تکثیر و نفوذ ویروس، تولید ماسک، واکسن،گزینه مناسبی برای مقابله با ویروس است. نظر به تأثیر و همه‌گیری بیماری کووید و خطرهای آن برای سلامت کل افراد دنیا پس از اولین روزهای شناسایی این ویروس پژوهشگران به‌دنبال راه‌هایی برای تشخیص این بیماری در افراد و هم‌چنین پیشگیری و درمان آن گشتند. تاکنون واکسیناسیون بهترین راه برای مقابله با کووید بوده است. در این بین نانوذرات به‌دلیل خواص ویژه خود توانستند استفاده‌های زیادی اعم از تشخیص، طراحی واکسن و تولید دارو داشته باشند. در این مقاله به بررسی کاربردهای نانوذرات در مقابله با کووید می‌پردازیم.

واژه‌های کلیدی: کرونا ویروس، کووید ۱۹، سارس-کووید ۲، واکسن، نانوذرات، دارو، Iau Science.

مقدمه

کرونا[۱] یک بیماری ویروسی با توانایی انتقال بالا است که بافت ریه و اندام‌های تنفسی را درگیر می‌کند و علائمی مانند آنفولانزا ایجاد می‌کند و در صورت التهاب بالا مرگ براثر ازکارافتادن دستگاه تنفسی رخ می‌دهد. آنالیزهای اخیر ژنتیکی نشان می‌دهند که ژنوم ویروس سارس-کووید-۲[۲] ۹۶٪ با ویروس کرونای خفاش[۳] که میزبان آن خفاش نعل اسبی[۴] است هم-پوشانی دارد. هم‌چنین در آزمایش‌های صورت گرفته بر روی هفت نوع مورچه‌خوار پولک‌دار[۵] مشخص شد؛ این جانوران به ویروسی بسیار شبیه سارس-کووید-۲ مبتلا بودند. این اطلاعات دانشمندان را به منشاء احتمالی ویروس کرونا نزدیک می‌کند (۱). شکل ۱ نمایی شماتیک از ویروس کرونا را نشان می‌دهد. مبارزه با پاندمی نیازمند رویکردهای همه‌جانبه است اولین قدم برای مبارزه با ویروس تشخیص آن است.

نویسنده مسئول:
گروه بیوتکنولوژی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران
پست الکترونیکی: n.khatir@alzahra.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۱

[1] COVID-19

[2] Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2)
[3] BatCoV RaTG13
[4] Rhinolophus affinis
[5] Pangolin

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

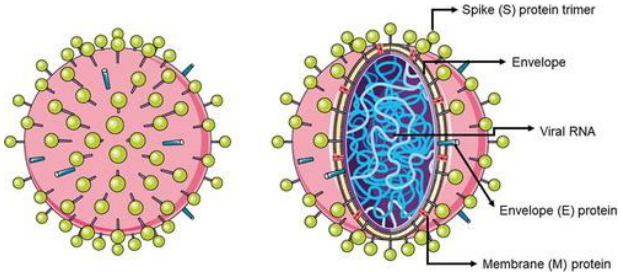
[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

توسعه روش‌های آزمایش سریع[6] می‌تواند با شناسایی افراد مبتلا، در کنترل این همه‌گیری کمک کند. روش‌های تشخیصی باید ارزان و همچنین سریع و به‌طور گسترده در دسترس باشند در مرحله بعد باید داروهایی برای مقابله با اثرهای ویروس و کم کردن التهاب تولید شوند و در آخر تولید واکسن می‌تواند از ابتلای افراد جدید به عفونت‌های شدید ویروس جلوگیری کند و احتمال مرگ را کاهش دهد و منجر به ایمنی همگانی شود. تصاویر گرفته‌شده با میکروسکوپ الکترونی از سارس-کووید-۲ نشان می‌دهد که ویروس قطری در رنج ۶۰-۱۴۰نانومتر دارد. با توجه‌به خواص ذاتی، مورفولوژی و محدوده اندازه سارس-کووید-۲، استراتژی‌های مبتنی‌بر نانوذرات[7] یک رویکرد مناسب برای مقابله با این ویروس ارائه می دهند. اکثر روش های تشخیص ار-ان-ا[8] ویروسی بر اساس واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز رونویسی معکوس[9] انجام می‌شود. اگرچه RT-PCR[10] به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان روش استاندارد تشخیص کرونا شناخته می‌شوند، برخی مشکلات در استفاده از آن وجود دارد که باید موردتوجه قرار گیرد، از جمله این موارد می‌توان به بازده استخراج پایین، استفاده از فرآیندهای وقت‌گیر و پاسخ مثبت کاذب ناشی از آلودگی اشاره کرد. در مورد بهبود روش‌های تشخیص ویروس، به‌دلیل اندازه فوق‌العاده کوچک نانوذرات نه تنها در روش‌های ار-تی-پی- سی- ار بلکه در سایر روش‌های تشخیص ویروس مانند روش ایمونوسوربنت مرتبط با آنزیم[11] و ایزوترمال حلقه رونویسی معکوس[12] استفاده شده‌اند.

مکانیسم ضدویروسی نانوذرات

مکانیسم‌های ضد ویروسی نانوذرات اتصال، نفوذ، تکثیر و رشد ویروس‌ها را مورد هدف قرار می‌دهد. از دیگر مکانیسم‌های احتمالی نانوذرات غیرفعال کردن ویروس به‌صورت مستقیم یا غیر مستقیم، جلوگیری از اتصال ویروس‌ها به سلول‌های میزبان و مسدود کردن تکثیر ویروس است. این مکانیسم‌ها با توجه نوع و شکل نانوذرات متفاوت خواهد بود (۳). از دیگر مکانیسم‌های اصلی و مستقیم فعالیت ضد ویروسی با واسطه نانوذرات با عمل میدانی موضعی[13] علیه گیرنده‌های سطح ویروس مرتبط است (۴).

در این مکانیسم، نانوذرات جذب شده در سطح سلول می توانند پتانسیل غشاء را تا حد زیادی تغییر دهند. مکانیسم ضد ویروسی غیرمستقیم نانوذرات شامل مسدود کردن نفوذ ویروس به داخل سلول به‌دلیل تغییر پتانسیل غشایی است. در مجموع، مکانیسم‌های اصلی فعالیت ضد ویروسی نانوذرات شامل برهم‌کنش با gp۱۲۰، اتصال رقابتی بین ویروس و نانوذرات برای سلول میزبان، تداخل با اتصال ویروسی، مهار اتصال و نفوذ ویروس به سلول میزبان، اتصال به غشای پلاسمایی است. غیر فعال‌سازی ذرات ویروسی قبل از ورود و تعامل با دی-ان-ا دو رشته‌ای و/یا اتصال با ذرات ویروسی است (۶،۵). در حالی‌که نانوذرات فلزی با ذرات ویروسی تعامل دارند، تکثیر ویروس مسدود می‌شود (شکل ۲).



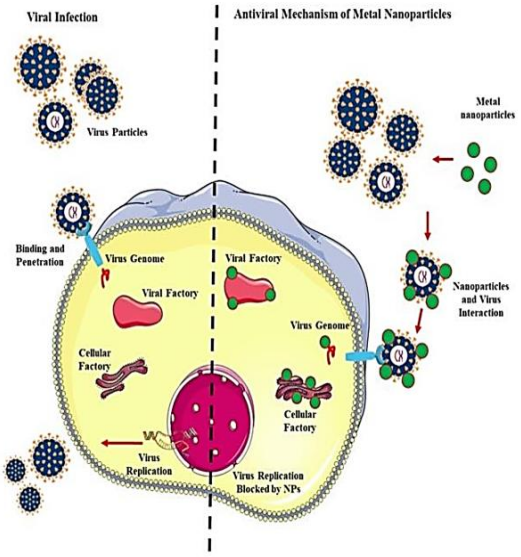
شکل ۱. نمایی شماتیک از ساختار ویروس کرونا (۲)

مکانیسم احتمالی فعالیت ضد ویروسی نانوذرات غیر سمی مانند طلا از تکثیر ویروس ممانعت می‌کند و از انتشار ذرات ویروسی به داخل سلول میزبان جلوگیری به‌عمل می آورد. این مهار می‌تواند توسط نانوذرات به‌عنوان مسدودکننده آنزیم نورآمینیداز[14] عمل کند که اتصال بین هماگلوتینین[15] روی ویروس نتاج و

[6] Rapid test
[7] Nano Particles(NP)
[8] Ribonucleic acid (RNA)
[9] Reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR)
[10] Reverse transcription polymerase chain reaction
[11] Enzyme-linked immune-sorbent assay (ELISA)
[12] Loop-mediated isothermal amplification(LAMP)
[13] local-field action
[14] Neuraminidase enzyme
[15] Hemagglutinin

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

گیرنده اسید سیالیک روی سلول میزبان را قطع می‌کند. در این صورت نانوذرات از این مرحله شکاف جلوگیری کرده و با آزادسازی ظاهر ویروس از سلول‌های میزبان آلوده و پس از این از پیشرفت عفونت جلوگیری می‌کنند. بنابراین مکانیسم ضد ویروسی ممکن می تواند مهار فعالیت هماگلوتینین و نورآمینیداز باشد. علاوه‌بر این، مانند نانوذرات طلا مانع از اتصال ویروس به سلول‌های میزبان می‌شود(۷).

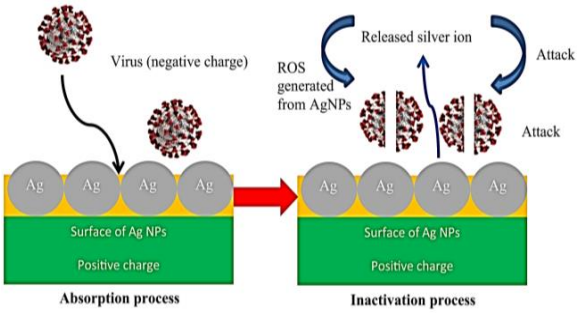


شکل ۲. مکانیسم ضد ویروسی نانوذرات (۷)

فعالیت ضد ویروسی نانوذره با اثرمستقیم روی غشای ویروس و یا با اتصال به پروتئین کرونا ویروس آن را تجزیه می‌کند (۸). مکانیسم فعالیت ضد ویروسی نانوذرات نقره را می‌توان با تولید گونه‌های فعال اکسیژن[16] که یون‌های نقره ایجاد می‌کنند و استرس را کاهش می‌دهند توضیح داد (۱۰،۹). در نتیجه، مواد مناسبی برای استفاده در مراقبت‌های بهداشتی و فیلتراسیون در برابر عفونت‌های ویروسی است (۱۱). مکانیسم غیرفعال کردن ویروس توسط نانوذرات نقره در شکل ۳ نشان داده شده است (۱۲).

انواع نانوذرات مؤثر در مقابله با کووید

نانوذرات مختلفی در حوزه‌های گوناگون پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ادامه، ضمن بررسی کوتاه و اجمالی تولید برخی نانوذرات پرکاربرد، در مورد مکانیسم ضد ویروسی آن‌ها توضیحاتی ارائه خواهد شد.



شکل ۳. مکانیسم ضد ویروسی نانوذرات نقره (۱۲)

برای آماده‌سازی کنترل‌شده نانوذرات طلا در محدوده اندازه ۶ تا ۲۲ نانومتر با کاهش (احیا) تتراکلروئوریک اسید درحضور مالتوز و سورفاکتانت غیریونی توویین با غلظت‌های مختلف برای کنترل اندازه نانوذرات طلا تولید می‌شوند. با افزایش غلظت توویین ۸۰[17]، کاهش اندازه نانوذرات طلا تولیدشده همراه با کاهش قابل‌توجهی در توزیع اندازه آن‌ها مشاهده می‌شود. مکانیسم کاتالیزوری الی-ریدال[18] به‌عنوان مناسب‌ترین روش برای تولید نانوذرات طلا مورداستفاده قرار می‌گیرد (۱۳). برای ساخت نانوذرات نقره نیز روش‌های متفاوتی وجود دارد نمونه‌های قابل‌توجه شامل فرسایش لیزری، تابش گاما، تابش الکترون، کاهش شیمیایی، روش‌های فتوشیمیایی، پردازش میکروویو، سل-ژل (۱۴) و روش‌های سنتز بیولوژیکی است (۱۵). لیپوزوم‌ها با روش فیلم خشک[19] و با عبور از غشایی با منافذ حدود ۲۰۰ نانومتر تولید می‌شوند. این روش یک محلول از لیپوزوم‌ها به‌صورت یکنواخت ایجاد می‌کند. اندازه و مورفولوژی لیپوزوم‌ها با میکروسکوپ الکترونی عبوری[20] تجزیه و تحلیل می‌شود. سنتز کلوئیدی یکی از مقرون‌به‌صرفه ترین روش‌ها برای سنتز کوانتوم دات‌ها است. این فرآیند شیمیایی مبتنی‌بر محلول، شامل گرم کردن محلول‌های پیش‌ساز برای تشکیل

[16] Reactive oxygen species (ROS)

[17] Tween 80(نوعی امولسیون کننده)

[18] Eley-Rideal(نوعی واکنش در سطح)

[19]. نوعی لایه برای عبور مولکول ها در اندازه خاص (dry-film)

[20]Transmission electron microscopy (TEM)

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

مونومرهای هسته‌دار است که در دماهای بالا گرم شده و منجر به رشد نانوکریستال می‌شود(۱۶).

نانوذرات سیلیس به‌روش‌های متفاوتی ساخته می‌شوند. نانوذرات سیلیس به‌طورکلی با تترا اتیل ارتوسیلیکات به‌عنوان پیش‌ساز در محیط قلیایی سنتز می‌شوند نانوذرات سیلیکا کروی شکل و غیر متراکم تولید می‌شوند و اندازه ذرات آن‌ها با افزایش غلظت تترا اتیل ارتوسیلیکات [۲۱] و آمونیاک افزایش می‌یابد. برای سنتز نانوذرات سیلیکای غیر تجمع یافته از محلول سدیم سیلیکات در شرایط قلیایی محلول سدیم سیلیکات با آب رقیق‌شده و به‌آرامی در مخلوط اتانول و اضافه می‌شود تا یک حلال تشکیل شود و با سانتریفوژ نانوذرات تولید شوند (۱۷). یک پروتکل برای ساخت نانوذرات مغناطیسی پلاسمونی وجود دارد که برپایه میکرو امولسیون‌های روغن در آب است. در این روش تولید نانوذرات با اندازه دلخواه با استفاده از نانوذرات کوچک‌تر صورت می‌گیرد. در این روش از یک ماده مانند ذرات طلا، اکسید آهن یا مواد نیمه‌رسانا استفاده می‌شود. جمع‌آوری ذرات اولیه و تولید نانوذره کروی بزرگ‌تر خواص ذرات را افزایش می‌دهد. این روش با یک واکنش ساده در یک ظرف انجام می‌گیرد. برای ساخت پایه نانوذرات مغناطیسی اسید اولئیک [۲۲]، اولئیلامین [۲۳]، گزادکاندیول [۲۴] و فنیل اتر [۲۵] را درون یک فلاسک ریخته و مخلوط بعد از هم زدن به مدت ۱ ساعت در فلاسک گرم شد. درجه حرارت باید زیر ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شود. یک پوسته طلا روی پایه مواد قرار داده استات طلا، اسید اولئیک، اولئیلامین، ۲،۱ هگزادکاندیول و فنیل اتر به یک فلاسک ته گرد اضافه گردید. اتانول برای رسوب نانوذرات اولیه هیبرید اضافه و سانتریفیوژ می‌شود؛ با استفاده از سونیکاتور [۲۶]، رسوب در هگزان مجدداً محلول شد. سپس اتانول برای رسوب نانوذرات ترکیبی اولیه اضافه گردید. مواد را سانتریفیوژ کرده و دوباره رسوب در هگزان حل می‌شود این مرحله ۳ بار تکرار می‌شود با استفاده از خشک‌کن خلاء نانوذرات هیبریدی خشک می‌گردد (۱۸). هم‌چنین نانوذرات طلا با کاهش (احیا) ذرات طلا به‌عنوان پیش‌ماده در محیطی با هیدروکسیل آمین [۲۷] به‌عنوان عامل کاهنده تولید می‌شوند (۱۹). نانوذرات مختلفی در تشخیص ویروس‌ها تاکنون به‌کاررفته‌اند از جمله نانوذره‌های فلزی، نانولوله‌های کربنی، نانوذره‌های سیلیکا، کوانتوم دات، نانوستاره‌ها [۲۸] و نانوذره‌های پلی‌مری را می‌توان نام برد. از این میان نانوذرات فلزی، نانو جزیره‌های فلزی، نانو ذرات مغناطیسی، نانوستاره‌های طلا و کوانتوم دات (ذرات کوانتومی [۲۹]) تاکنون برای تشخیص کووید به‌کاررفته‌اند. بیش‌تر روش‌های تشخیصی برمبنای روش‌های رنگ‌آمیزی، الکتروشیمیایی، فلورسانس و در کل بر مبنای تشخیص اپتیکال [۳۰] هستند(۲۱،۲۰). جدول ۱ خلاصه‌ای از نانوذرات مورد استفاده در تشخیص ویروس کرونا را نشان می‌دهد.

نانو ذرات و نانو جزیره‌های فلزی نانو ذراتی مربوط به فلزات نجیب مثل طلا و نقره و مس هستند مشخصات اپتیکال خاصی دارند. پدیده تشدید پلاسمون سطحی نوعی برانگیختگی ناشی از برهم‌کنش امواج الکترومغناطیسی در ناحیه مرئی با الکترون‌های آزاد نانوذرات طلا و نقره است. امروزه کاربردهای پدیده تشدید پلاسمون سطحی [۳۱] شامل شناسایی و آشکارسازی مواد و گازهای شیمیایی و مولکول‌های زیستی است. در این روش پاسخ الکترون‌های آزاد نانوذره به میدان الکترومغناطیسی در حضور مولکول‌های زیستی به‌صورت تغییرات در طول‌موج و شدت جذب قابل‌مشاهده است. یکی از مهم‌ترین کاربردهای پدیده تشدید پلاسمون سطحی تشخیص ویروس و باکتری‌هاست.

نانوذرات اکسید آهن می‌توانند یک کمپلکس پایدار با پروتئین اسپایک [۳۲] ویروس کرونا تشکیل دهند. نانوذرات

[21] Tetraethyl orthosilicate (TEOS)
[22] Oleic acid
[23] Oleylamine
[24] Hexadecanediol
[25] Phenyl ether

[۲۶]. نوعی همزن

[27] Hydroxylamine
[28] Nanostar
[29] Quantom Dots (QDs)
[30] Optical Detection
[31] Localized Surface Plasmon resonance(LSPR)

[۳۲] پروتئینی که به ویروس کمک می‌کند تا وارد سلول میزبان شود.
پروتئین S

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

نانوذره	همراه با...	اندازه (nm)	اساس روش تشخیص	تکنیک تشخیص	منبع
AuNPs	یون سیترات یون سیترات استرپتاویدین[۳۳] الیگونوکلئوتید های آنتی سنس	۱۳ ۱۹ - -	LSPR LSPR LSPR & RT-LAMP	رنگ سنجی رنگ سنجی رنگ سنجی	(۲۲)
AuNIs	-	۴۰ -	PPT and PCR	ژل الکتروفورز	(۲۳)
AgNPs	یون سیترات	۱۹	LSPR	رنگ سنجی	(۲۴)
SMNPs	سیلیکاوتوالی الیگونوکلئوتید	-	magnetic and PCR	حسگرفلورسنت	(۲۵)
MNPs	پلی آمینواستر و کربوکسیل	۱۰	magnetic and RT-PCR	-	(۲۶)
QDs-605	RNA آپتامر	-	optical	حسگرفلورسنت	(۲۷)
CdTeQDs& AuNPs	آنتی بادی های وایرال	AuNPs۷-۶ QDs۵۰	optical and LSPR	حسگر کایرال نوری	(۲۸)
ZrQDs & MPNPs	آنتی بادی های وایرال	۳-۲MNPs ۵۰QDs	optical, LSPR, and magnetic	حسگر نوری	(۲۹)

جدول ۱. نانو ذرات مورد استفاده در تشخیص کرونا

کلمات مخفف و اختصاری:

Au: طلا، NI: نانو جزیره، Ag: نقره Cd: کادمیوم، Te: تلوریم، Zr: زیرکونیوم، آپتامر: نوکلئیک‌اسیدهای تک‌رشته که قادر به اتصال به یک هدف اختصاصی با تمایل بالا هستند وایرال: ویروسی، مربوط به ویروس، حسگرکایرال نوری: نوعی حسگر که تغییرهای نوری را اندازه گیری می‌کند.

MNPs: Metallic nanoparticles, MPNPs: magnetoplasmonic nanoparticles,LSPR:Localized Surface Plasmon resonance

[33] Streptavidin

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

اکسید آهن و نانوذرات نقره خاصیت خنثی‌کنندگی روی سویه‌های مختلف آنفولانزا و کرونا ویروس با مکانیسم فیزیکی اتصال به ویروس و جلوگیری از ورود آن به سلول‌های میزبان نشان داده‌اند(۳۰). از مهم‌ترین نانوذرات مورداستفاده برای مقابله با کرونا نانوذرات لیپیدی مانند؛ نانو حامل‌های چربی جامد[۳۴] و نانولیپوزوم ها[۳۵] هستند (۳۱).

نانوذرات اکسید نیتروس[۳۶] با پتانسیل مبارزه با انواع ویروس‌ها، باکتری ها و قارچها شناخته‌شده است. ازاین‌رو نانوذرات اکسید نیتروژن می‌تواند برای درمان‌های مختلف و مبارزه با انواع میکروب‌ها مورداستفاده قرار گیرد. نانوذرات اکسید نیتروس به‌عنوان یک عامل مؤثر برای مقابله با ویروس کرونا و سایر بیماری‌های ریوی موردتوجه قرارگرفته است(۳۲). درمان‌هایی مبتنی بر استنشاق نانوذرات نانوذرات اکسید نیتروس در ایالات‌متحده و چین مورد ارزیابی قرارگرفته‌اند. تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیبات نانوذرات اکسید نیتروس می‌توانند در مبارزه با تکثیر ویروس سارس-کووید-۲ مؤثر باشند(۳۳).

کاربردهای اخیر نانوذرات در جهت پیشگیری از ابتلا به کووید۱۹

کاربرد نانوذرات درتشخیص کووید ۱۹

Moitra و همکارانش (۳۴) یک سنجش زیستی رنگی بر اساس نانوذرات طلا پوشش داده شده با الیگونوکلئوتیدهای آنتی سنس[۳۷] اصلاح شده تیول و هدف قرار دادن ان-ژن COVID-19 طراحی کردند و می تواند کووید-۱۹ را در چند دقیقه به‌طور دقیق تشخیص دهد. در همین حال، نانوذرات طلا پوشش داده شده با الیگونوکلئوتید آنتی‌سنس اصلاح شده تیول نیز در یک آزمایش چشم غیر مسلح برای تشخیص کووید ۱۹ استفاده شد که در کم‌تر از ۱۰ دقیقه مؤثر بود (شکل ۴).

علاوه‌بر این جهت تشخیص کووید ۱۹ از بیوسنسور بر پایه نانوذرات هم می‌توان استفاده کرد، محل نمونه[۳۸]، محل اختلاط نمونه[۳۹]، پد جذبی و غشای نیتروسلولز، آنتی بادی آنتی فلورسین[۴۰] خرگوش، آنتی بادی آنتی دایوکسیژنین[۴۱] گوسفند (برای لیبل کردن اسیدهای نوکلئیک) بواین سرم آلبومین ترکیب‌های استرپیتاویدین[۴۲] پوشانده شده با نانوذرات پلی‌مری (برای تشخیص پروب‌های بیوتینیل شده[۴۳] در فلوسایتومتری) برای تست وجود کووید مقداری از ترکیبی که واکنش روی آن انجام شده، به ناحیه مورد آزمایش ریخته شد. سپس ۸۰ میکرولیتر بافر فسفات سالین اضافه گردید. حضور کووید در غشای نیتروسلولز خطوط قرمز ایجاد می‌کند و این امر حدود ۱ دقیقه طول می‌کشد(۳۶،۳۵). نانوذرات نقره یکی از نانوذراتی هستند که با توجه‌به خواصشان می‌شود به‌عنوان بیوسنسور استفاده کرد یا به‌دلیل خواص ضد میکروبی در کمپلکس‌های مختلف از آن‌ها استفاده کرد (۳۷). نانوذرات طلا یکی از پرکاربردترین نانوذرات برای تشخیص ویروس‌ها هستند که علاوه‌بر خواص اپتیکال پایداری بالایی دارند. تجمع[۴۴] نانوذرات طلا باعث شیفت قرمز در پیک پدیده تشدید پلاسمون سطحی شده و درنتیجه باعث تغییر رنگ محلول از قرمز به آبی می‌شود که با چشم غیرمسلح هم قابل‌دیدن است. استفاده از نانوذرات طلا برای تشخیص سارس کووید گزارش‌شده است. در این گزارش تفاوت ویژگی‌های الکترواستاتیکی تک رشته-های دی-ان-ا[۴۵] و دی-ان-ا دو رشته‌ای[۴۶] مبنای کار بوده است. آن‌ها می‌توانند با یون‌های سیترات در سطح نانوذرات طلا برهم‌کنش انجام دهند و ذرات را پایدار کنند. نانوذرات می‌توانند به‌دلیل سایزی که دارند در محدوده وسیعی مورداستفاده قرار بگیرند. برای مثال در دارورسانی هوشمند[۴۷]، نانوذرات از راه‌های مختلفی از جمله تنفس وتزریق می‌توانند

[34] Solid lipid nanocarriers (SLNs)

[۳۵] کیسه‌هایی در ابعاد نانو که از یک یا چند لایه فسفولیپید تشکیل شده‌اند.

[36] Nitrous oxide (NO) nanoparticles

[37] Antisense oligonucleotides (ASOs)

[38] Sample pad

[39] Conjugation pad

[40] نوعی ماده ردیاب فلورسنت

[41] Digoxygenin

[42] BioinylatedStreptavidin conjugates

[43] Biotinylated

[44] Aggregation

[45] Single strand DNA (ssDNA)

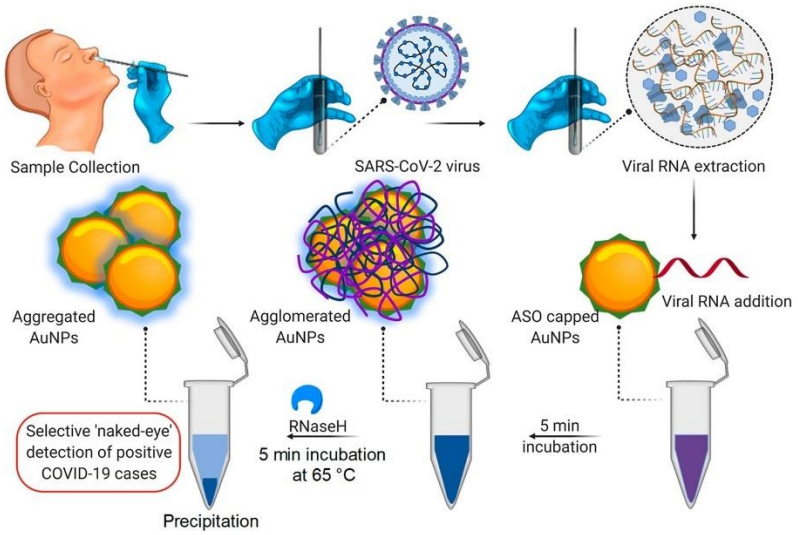
[46] Double strand DNA (dsDNA)

[47] Smart drug delivery

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

مورداستفاده قرار بگیرند (۱۵). ویژگی‌های منحصربه‌فرد نانوذرات این امکان را به آن‌ها می‌دهد که با تنفس وارد راه‌های تنفسی شوند، وارد کیسه‌های هوایی در ریه شده و در این مکان نانوذرات می‌توانند



شکل ۴. طرح شماتیک برای تشخیص آر-ان-ا سارس کووید-۲ با واسطه نانوذرات طلا دارای پوشش الیگونوکلئوتیدهای آنتی سنس

در تماس با سلول‌های اپیتلیال[۴۸] و سورفکتانت[۴۹] قرار بگیرند(۳۸).

تولید ماسک برپایه نانوذرات

کاربرد نانوذرات در ارتباط با کووید محدود به حوزه درمان و تشخیص نیست. با توجه‌به این‌که بیش‌ترین موارد ابتلا به کووید ۱۹ از طریق استنشاق قطرات حاوی ویروس است که این قطرات از طریق سرفه یا عطسه تولید می‌شوند .این قطرات یا در محیط شناور می‌مانند یا به سطوح اطراف می‌چسبند. بنابراین استفاده از ماسک‌های تنفسی در حال حاضر مؤثرترین روش برای کسانی است که ممکن است در مقابله با هوای آلوده به ویروس قرار بگیرند. در یک مطالعه کارایی فیلتراسیون ماسک با بازدهی ۹۵٪[۵۰]، دستگاه فیلتر تنفس صورت[۵۱] و ماسک با بازده ۹۵٪ چینی[۵۲] از طریق بررسی ۱۳۶ دستگاه تنفسی به‌دقت مورد مطالعه قرار گرفت. دستگاه فیلتر تنفس صورت فقط به فیلتراسیون فیزیکی می‌پردازند و فیلتراسیون الکترواستاتیک در آن‌ها بسیار کم بوده است. فیلتراسیون الکترواستاتیک یعنی به همان روشی که پس از مالش یک بادکنک موها به آن می‌چسبد ذرات به ماسک چسبیده و از عبور آن‌ها جلوگیری می‌شود. ورود ذرات در محدوده ۱۰۰-۲۰۰ نانومتر در این ماسک‌ها دیده‌شده است. البته دستگاه فیلتر تنفس صورت ۴۲٪ مؤثر بوده‌اند در دستگاه فیلتر تنفس صورت هایی که لایه فعال پلی پروپیلن[۵۳] در بین آن‌ها قرار داشت حفاظت بهتری در مقابل آئروسل‌ها به‌خصوص کووید دارند. در حال حاضر ماسک با بازدهی ۹۵٪ پرکاربردترین ماسک مورداستفاده و مؤثرترین برای پیشگیری از کووید است. این ماسک ۸۵٪ کارایی برای ذرات کوچک‌تر از ۳۰۰نانومتر دارد قطر کووید بین ۶۰-۱۴۰ نانومتر است و این مسئله نیاز به فیلترهای ماسک مؤثرتر را نشان می‌دهد. پیشرفت تولید نانو فیبرها که با الکترو اسپینینگ[۵۴] تولید می‌شوند بسیار می‌تواند کارآمد در این زمینه باشد(۴۰،۳۹). همان‌طور که پیش‌تر به فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات اشاره شد، نانوذرات از جمله نانوذرات نقره می‌توانند میکروب‌ها را خنثی کنند به‌طوری‌که دیگر توانایی ورود به سلول‌های میزبان خود را نداشته باشند. درحال حاضر از نانوذرات برای ساخت فیلترهای هوا و تصفیه هوا استفاده شده که برای جلوگیری از شیوع بیش‌تر کووید می‌توان از آن‌ها

[۴۸] سلول پوششی
[۴۹] ماده فعال سطحی در ریه
[50] Non-oil mask with 95% efficiency (N95)
[51] Filtering facepiece respirator (FFR)
[52] Non-oil mask with 95% efficiency that manufactured in China (KN95)
[53] Polypropylen
[۵۴] برق ریسی، روشی جهت تولید الیاف نانوساختار

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

استفاده کرد. فعالیت ضد ویروسی نانوذرات در فیلترهای هوا را نشان می‌دهد.

از سوی دیگر غیرفعال کردن ویروس‌ها می‌تواند روش دیگری باشد تا از ورود آن‌ها به سلول‌ها جلوگیری شود. نانو اسفنج‌ها دسته‌ای دیگر از نانو مواد هستند که از غشاء سلول‌ها منشاء می‌گیرند و هدف طبیعی ویروس کووید به‌شمار می‌آیند این نانو اسفنج‌ها به‌طور کامل به ویروس متصل می‌شوند و تحقیقات نشان داده‌اند که نانو اسفنج‌ها به‌طورکامل ویروس را خنثی می‌کنند به‌طوری‌که دیگر نمی‌تواند به سلول‌های میزبانش متصل شود. بر اساس اطلاعات فعلی ما از ویروس سارس-کووید-۲ تا به‌حال دو نوع نانواسفنج ساخته‌شده است؛ نانواسفنج‌های سلول اپیتلیال II ریه انسان و نانواسفنج ماکروفاژ[55] انسانی استفاده از این نانواسفنج‌ها اثر ضدویروسی واضحی را از خود نشان داده‌اند (۴۲).

تولید واکسن بر پایه نانوذرات

در آوریل ۲۰۲۰ بیش از ۱۰۰ نوع واکسن برای کووید در حال مطالعه و کارآزمایی بالینی بودند. شامل انواع مختلف آر-ان-۱[56] واکسن، دی-ان-ا[57] واکسن، واکسن آدنو ویروس[58]، ویروس‌های غیرفعال شده، ذرات پپتیدی، واکسن‌های شبه‌ویروسی[59]، واکسن‌های نوترکیب یا زیر واحد پروتئینی در مقایسه با بقیه واکسن‌ها، واکسن‌های زیر واحد پروتئینی امن‌تر و ارزان‌تر تولید می‌شوند. در پژوهش‌های انجام شده برای تولید واکسن سارس[60] که واکسن زیرواحد پروتئینی تولیدشده نشان داده شده است که پادتن‌های تولیدی می‌توانند به‌خوبی از اتصال ویروس سارس به سلول‌ها جلوگیری کنند. ژن پروتئین اس- سارس شبیه پروتئین اس- کووید ۱۹ است. با این‌وجود ایمنی‌زایی ایجادشده توسط به زیرواحد آزاد پروتئینی به تنهایی ضعیف است. مکانیسم‌های سیستم ایمنی بدن انسان گاهی می‌توانند در انجام عملکرد واکسن اختلال ایجاد کنند برای مثال گیرنده‌ها[61] می‌توانند در عملکرد واکسن اختلال ایجاد کنند. برای حل این مشکل با استفاده از علم نانو می‌توان از نانولیپوزوم‌های کاتیونی برای حمل زیرواحد S1 ویروس استفاده کرد. علاوه‌بر این نانوذراتی هستند که نقش کمکی[62] ایفا می‌کنند یعنی جلوی تخریب زودهنگام آنتی‌ژن را می‌گیرند که از آن‌ها نیز می‌توان استفاده کرد. همان‌طور که اشاره شد؛ نانوذرات پتانسیلی برای فرستادن آنتی‌ژن و کمکی به غدد لنفاوی و سلول ارائه کننده آنتی ژن[63] ها دارند و داده‌ها نشان می‌دهند که همراهی آنتی‌ژن و کمکی در واکسن باعث افزایش قدرت واکسن در دوزهای کم‌تر و کاهش عوارض جانبی آن می‌شود (۴۴،۴۳).

مؤثر بودن استفاده از لیپیدها برای رساندن اسیدهای نوکلئیک به سلول به‌طور کامل اثبات‌شده است. لیپیدها به‌دلیل سازگاری با غشاء سلول‌ها ماده‌ای ایده‌آل برای انتقال پیام‌رسان ار-ان-ا[64] هستند و اجازه می‌دهند ترکیب‌های درون نانوذرات لیپیدی با سلول‌های هدف و آزادسازی مؤثر آن‌ها در سیتوزول[65] آن‌ها به روشی مشابه با ویروس‌ها انجام می‌پذیرد. از اوایل دهه ۱۹۹۰ لیپوزوم‌ها برای تحویل پیام-رسان ار-ان-ا به موش‌ها استفاده می‌شود در دهه‌های گذشته سیستم‌های تحویل مبتنی لیپید طراحی و ساخته‌شده است و به‌صورت تجاری در دسترس هستند مانند لیپوفکتامین[66] و استمفکت[67]. فناوری‌های دیگری ازجمله لیپوزوم های الاستیک حامل‌های نانو ساختار لیپیدی، لیپوبرید ها[68] پلی‌مرهای هیبرید نانوذره‌ای هستند که ممکن است برای تحویل اسیدهای نوکلئیک به سلول‌های هدف سازگار باشند. این نانو ساختارهای لیپیدی به‌اصطلاح نرم شامل مسیل‌ها لیپوزوم ها و لیپوپلکس‌ها که به‌طورکلی یک یا دو ترکیب لیپیدی مختلف در ساختار

[55] Macrophage
[56] RNA
[57] DNA
[58] Adenovirus
[59] Virus like particle vaccine
[60] Severe acute respiratory syndrome (SARS)

[61] گیرنده هایی در سطح سلول ها که در ایجاد سیگنال های ناشی از (Toll like receptor). پاتوژن ها دخیل اند

[62] ماده کمکی در سیستم ایمنی که می تواند سبب تحریک تولید لنفوسیت ها شود (adjuvant).

[63] Antigen presenting cell (APC)

[64] Messenger RNA (mRNA)

[65] درون سلول های زنده

[66] Lipofectamine

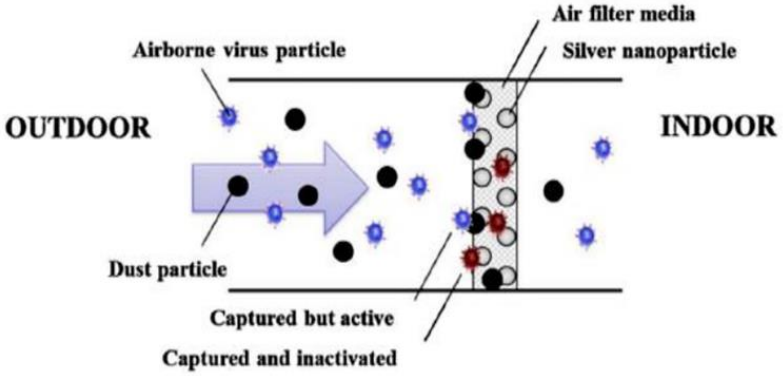
[67] Stemfect

[68] lipobrid

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

خوددارند، فاقد توانایی تولید مجدد خود هستند و پایداری کمی دارند.



شکل ۵. فعالیت ضد ویروسی نانوذرات در فیلترهای هوا (۴۱)

ذرات میسلار[69] اگر از مقدار خاصی کم‌تر باشند ممکن است تجزیه شوند و اگر برای افزایش پایداری آن‌ها مقدارشان را زیاد کنیم ممکن است باعث افزایش سمیت شوند. لیپوپلکس‌ها هم موفقیت کمی در استفاده در درون بدن از خودشان نشان داده‌اند. لیپوزوم ها هم به دلایلی برای تحویل اسید های نوکلئیک غیرکاربردی هستند. نانوذرات لیپیدی در تعریف جدید آن‌ها سیستم‌های لیپیدی در اندازه نانو یعنی کوچک‌تر از ۱ میکرومتر هستند که از ۲ یا چند به طور معمول ۴ لیپید با نسبت‌های مختلف ساخته‌شده‌اند بسته‌به فرمولاسیون و محموله آن‌ها ممکن است یک هسته نانو ساختار یک پوشش هسته و ساختارهای ویزیکولار چندلایه داشته باشند. این ویژگی نانوذرات آن ها را به سیستمی مؤثر برای انتقال واکسن‌های پیام‌رسان ار-ان-ا به درون سلول‌ها تبدیل کرده است. معمول‌ترین ترکیب برای سیستم‌های نانوذرات لیپیدی پیام رسان ار-ان-ا متشکل از یک لیپوکاتیون یک فسفولیپید کلسترول و یک لیپید پلی-اتیلن گلیکول است. لیپوکاتیون‌ها مولکول هایی هستند با دوسر آب‌دوست و آب‌گریز که یک گروه آمین با بار مثبت دارند. با توجه‌به بار مثبت آن‌ها به‌راحتی اسیدهای نوکلئیک با بار منفی به آن‌ها متصل می‌شوند (۴۵،۴۲). نانوذرات لیپیدی، فرمولاسیون واکسن‌های پیام رسان ار-ان-ا در شکل ۶ نشان داده شده است.

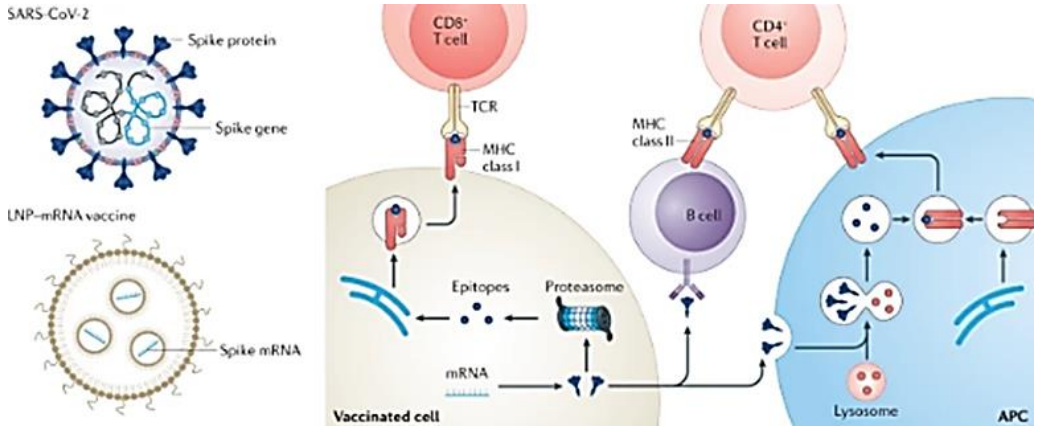
در حال حاضر نانوذرات پلی‌مری، هیبرید لیپید پلی‌مر، کیتوسان[70] و انواع دیگر نانوذرات برای ساخت واکسن‌ها برای مرس[71] به‌طور کامل موفقیت‌آمیز استفاده شده‌اند.

تکنیک رونویسی معکوس متعدد با تکثیر ایزوترمال متصل به حلقه[72] که برای شناسایی آر-ان-ا به‌کار می‌رود. تکنیک حلقه برخلاف پی-سی-ار[73] که به‌صورت مرحله‌ای و با تغییرات دما انجام می‌شود در دمای ثابتی صورت می‌گیرد و نیازی به تغییردهنده دما ندارد در حلقه توالی در دمای ۶۰-۶۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از دو یا چند مجموعه پرایمر و یک آنزیم پلی‌مراز تکثیر می‌شود. یک جفت پرایمر حلقه‌ای اضافی نیز می‌توانند سرعت واکنش را تسریع کنند و مقدار اسید نوکلئیک تولیدشده در این روش به‌طور قابل توجهی از پی-سی-ار بیشتر است. نگرانی عمده این است که آیا جهش‌یافته‌های کووید به واریته‌های مقاوم در برابر محافظت از واکسن‌های موجود تبدیل می شوند یا خیر، زیرا اکثر واکسن های فعلی بر اساس پروتئین اسپایک ویروس ها بودند که در اوایل شیوع داشت (۴۸،۴۷).

[69] Micellar

[70] Chitosan
[71] Middle east respiratory syndrome (MERS)
[72] Multiplex reverse transcription loop mediated isothermal amplification combine with nanoparticle based lateral flow biosensor (mRT-LAMP)
[73] PCR

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]



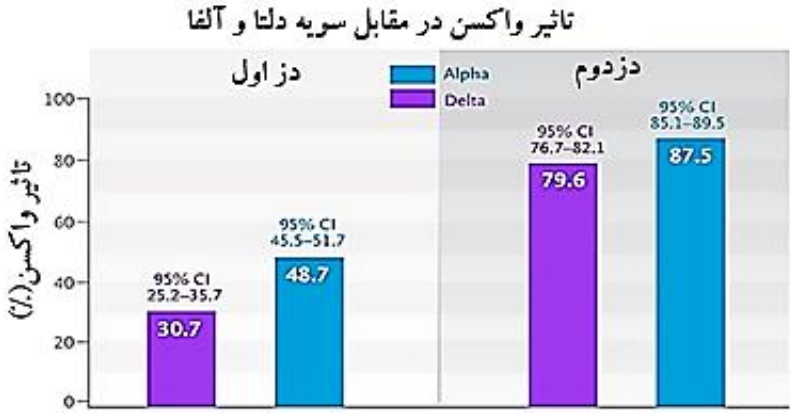
شکل۶. نانوذرات لیپیدی، فرمولاسیون واکسن‌هایپیام رسان ار-ان-ا (۴۶).

به‌تازگی، دریکی از مطالعات کارایی نانوذرات فریتین که به‌طور هم‌زمان ۲۴ نسخه دامنه اتصال گیرنده[۷۴] از را ارائه می‌دهد و پاسخ‌های ایمنی محافظتی قوی در برابر نوع وحشی سارس-کووید-۲ ایجاد می‌کند. واکسن نانوذرات دامنه اتصال گیرنده از نانوذرات فریتین[۷۵] و باکتری هلیکوباکتر پیلوری[۷۶] تشکیل‌شده است که هرکدام دارای ۲۴ نسخه از رسپتورهای پروتئین اسپایک سارس-کووید-۲ هستند (۴۹).

سویه‌های جدید کووید ۲ (سارس-کووید-۲) با چندین جهش غالب در پروتئین اسپایک به‌تازگی شناسایی شده است و موضوعات مهم مرتبط با احتمال عفونت مجدد بیماران بهبودیافته و کارایی واکسن هایی که بر اساس سویه‌های اپیدمی در اوایل ۲۰۲۰ طراحی‌شده‌اند مورد بحث است. در اینجا، ما شواهدی ارائه می‌دهیم که سرم‌های جمع‌آوری‌شده از بیماران کووید ۱۹در اوایل سال ۲۰۲۰ و موش‌های واکسینه شده با نانوذرات مبتنی‌برگیرنده دامنه اتصال گیرنده به‌طور مؤثر انواع ویروسی D614G و B.1.1.7 را خنثی می‌کنند و نوع Y.V2501 را به‌طور ضعیف خنثی می‌کنند، با توجه‌به اطلاعات به‌دست‌آمده از مطالعات اخیر ما می‌دانیم که که موش‌های واکسن شده با نانوذرات دامنه اتصال گیرنده به‌طور مؤثر ویروس نوع B.1.1.7 را خنثی می‌کنند اما ویروس نوع Y.V2501 را خیلی ضعیف خنثی می‌کنند. ترکیبی از ۳ جهش (K417N، E484K و N501Y) در منطقه دامنه اتصال گیرنده 501Y.V2 ممکن است منجر شود برهم‌کنش بین آنتی‌بادی‌های خنثی‌کننده و پروتئین اسپایک را کاهش دهد. روی‌هم‌رفته، این نتایج نشان می‌دهد که با جمع شدن جهش‌ها در دامنه اتصال گیرنده، پروتئین‌های اسپایک ممکن است یک تغییر آنتی ژنیک به‌دست آورند که انواع سارس-کووید-۲ را قادر می‌سازد تا در نهایت در برابر واکسن‌های فعلی مقاومت کنند؛ بنابراین، برای کنترل همه‌گیر ویروسی، نظارت فشرده بر جهش‌های ویروسی و تنظیم به‌موقع واکسن‌های طراحی‌شده لازم است (۵۱،۵۰). مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف به‌خوبی اثربخشی واکسن‌ها را حتی برروی جهش یافته‌های اخیر نشان می‌دهند، برای مثال اثر بخشی واکسن‌ها در جمعیت‌هایی که فقط سویه دلتا شیوع دارد کم‌تر از جمعیت‌های با شیوع سویه آلفا است. شکل ۷ اثربخشی واکسن‌های فایزر و استرازنکا بر روی سویه‌های موجود ویروس را نشان می‌دهد.

[74] receptor-binding domain (RBD)
[75] ferritin
[76] Helicobacter pylori

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]



شکل ۷. اثربخشی واکسن‌های فایزر و استرازنکا بر روی سویه‌های موجود ویروس (۵۲)

پروتئین اسپایک ویروس سارس-کووید-۲ با رسپتورهای آنزیم تبدیل کننده آنژیوتانسین [۷۷] سلول‌های ریه برهم‌کنش انجام می‌دهد که باعث می‌شود ویروس بتواند فعالیت ویروسی خود را داشته باشد. بیش‌تر آسیب‌های بافتی به‌دلیل پاسخ ایمنی و التهاب است. مطالعات جدید بر ممانعت کننده‌های خاص کووید از ترکیب‌های طبیعی مثل فلانوئیدها تمرکز می‌کنند. در یک مطالعه گزارشی از یک داروی خوراکی به نام آیورمکتین[۷۸] همراه با نانوذرات و توانایی آن در کم کردن بیان آنزیم تبدیل کننده آنژیوتانسین و پروتئین اسپایک ویروس می‌پردازد. نانو فرمولاسیون آیورمکتین این اجازه را می‌دهد که دارو به‌تدریج در خون پخش شود و درمان آهسته و با سرعت مناسب انجام شود و ماده آزادشده در جریان خون در سطح مشخصی حفظ می‌شود و زیر حداکثر دوز قابل‌تحمل نگه‌داشته می‌شود. نانوذرات با استفاده از پلی (لاکتید کو گلیکولید)[۷۹]، پلی‌اتیلن گلیکول_مالیمید[۸۰] و متصل‌به یک قطعه ایمونوگلوبولین[۸۱] با قابلیت تبلور(اف-سی)[۸۲] هستند. استفاده از اف-سی باعث می‌شود که نانوذرات از سد اپیتلیال روده عبور کنند و وارد خون شوند. این نانوذرات یک گزینه درمانی کاربردی برای کووید هستند که نه تنها ماهیت عفونی ویروس را کم می‌کنند بلکه از ویروس به سلول‌ها با آنزیم تبدیل کننده آنژیوتانسین جلوگیری می‌کنند. سلول‌های ریه و راه‌های تنفسی سلول‌های اصلی بیان‌کننده رسپتور آنزیم تبدیل کننده آنژیوتانسین هستند. نانوذرات را می‌توان به‌گونه‌ای مهندسی کرد که حاوی ایمونوگلوبولین اف-سی باشند. این نانوذرات به‌صورت خوراکی مصرف می‌شوند و پتانسیل آن رادارند که در سلول‌های اپیتلیال تنفسی که بیش‌تر از همه تحت تأثیر کووید هستند تجمع یابند. بسیار مهم است که روش‌های درمانی‌ای ایجاد شوند که در زنان باردار تأثیری بر جنین نداشته باشند. مطالعات قبلی نشان می‌دهد که استفاده از نانوذرات مذکور راه‌حل مناسبی است و این نانو ذرات نمی‌توانند از جفت عبور کنند. توانایی نانوذرات مذکور راه‌حل مناسبی است و این نانوذرات نمی‌توانند از جفت عبور کنند. توانایی نانوذرات برای کاهش سطح آنزیم تبدیل کننده آنژیوتانسین در رده‌های مختلف سلولی و درنتیجه کاهش جذب ویروس با کاهش بیان پروتئین اسپایک این روش را بسیار مناسب کرده است. اندازه نانوذرات تولیدی با استفاده از پراکندگی نور پویا[۸۳] مشخص‌شده و اندازه آن‌ها به‌طور تقریبی ۷۰-۸۰ نانومتر و پتانسیل ۳۰ میلی‌ولت و با ۲۰٪ آیورمکتین بودند. لودینگ آیورمکتین به‌وسیله کروماتوگرافی مایع با کارایی[۸۴] بالاانجام شده. ایمونوگلوبولین اف-سی بااتصال به قطعات تیول منجر به تجمع قطعات اف-سی می‌شود. به‌طورکلی این نانوذرات ناقل آیورمکتین درمان بسیار مناسبی برای کووید است ولی

[77] Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2)
[78] Ivermectin(IVM)
[79] Poly(lactide-co-glycolide)
[80] Polyethylene glycol maleimide
81Immunoglobulin
82 Fragment of crystallizable (FC)

[83] Dynamic light scattering(DLS)
84High performance liquid chromatography(HPLC)

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

باید سمیت و دیگر آزمایش‌های مربوطه آن انجام شوند. نانوذرات تحریک‌کننده سیستم ایمنی نیستند و تجمع آن‌ها در ریه باعث فعال شدن سیستم ایمنی به‌طور مضاعف نمی‌شوند بنابراین درمان بسیار مؤثری می‌تواند باشد یکی دیگر از کاربردهای نانوذرات ساخت ذرات شبیه ویروسی[85] است؛ یعنی مهندسی نانوذرات به شکلی که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ویروس را نشان دهند آن‌هم وقتی ماده ژنتیک ندارند و قابلیت همانندسازی در آن‌ها وجود ندارد! درمورد کووید مدنظر است که یکی از پروتئین‌های ساختاری کرونا که پروتئین اس است می‌تواند به‌صورت نانوذرات شبیه ویروس ساخته شود. در مطالعات گذشته این نانوذرات شبیه ویروس توانسته‌اند پاسخ‌های ایمنی ذاتی علیه هپاتیت بی و ویروس پاپیلوم انسانی[86] در بدن ایجاد کنند و به‌عنوان واکسن مورداستفاده قرار بگیرند. نانوذرات طلا به‌طور خاص می‌توانند در تولید نانوذرات شبیه ویروس به‌دلیل بالا بودن سطح انرژی‌شان و سایر ویژگی‌های خاص مورداستفاده قرار بگیرند. نانوذرات می‌توانند به‌گونه‌ای طراحی شوند که پروتئین اس را مورد هدف قرار داده و ساختار آن را تخریب کنند و برهم‌کنش آن‌ها با پروتئین اس باعث شود که دیگر ویروس نتواند به سلول‌ها متصل شود. تعدادی از نانوذرات خاصیت ضدویروسی برای بسیاری از ویروس‌های کشنده از خودشان نشان داده‌اند. برای مثال نانوذرات نقره هم کاربرد ضد باکتری دارند و هم ضدویروسی و می‌توان برای ساخت فیلتر ماسک‌های ارزان‌قیمت مورداستفاده قرار گیرند. هم‌چنین مبارزه نانوذرات نقره با ویروس‌های اچ-ای-وی[87] و ویروس هرپس انسانی اثبات‌شده است (۲۰). همان‌طور که پیشتر گفته شد فعالیت ضد میکروبی نانوذرات اکسید آهن قبلاً تأیید شده است. نانوذرات اکسید آهن[88] پیشتر توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده[89] برای درمان کم‌خونی تأیید شده‌اند هم‌چنین فعالیت ضدویروسی آن را در شرایط آزمایشگاهی نشان داده‌اند. در یکی از مطالعات اخیر بررسی برهم‌کنش Fe_2O_3 و Fe_3O_4 با گیرنده پروتئین اسپایک (S1- دامنه اتصال گیرنده) سارس-کووید-۲ که برای اتصال ویروس به گیرنده‌های سلول میزبانش موردنیاز است، انجام شده. تجزیه و تحلیل اتصال‌ها مشابه با گلیکوپروتئین‌های ای-۱ و ای-۲ ویروس هپاتیت سی انجام شد. این مطالعات نشان داد که هر دو Fe_2O_3 و Fe_3O_4 به‌طور مؤثر با سارس-کووید-۲ دامنه اتصال گیرنده برهم‌کنش دارند. Fe_3O_4 یک مجموعه پایدارتر با S1- دامنه اتصال گیرنده تشکیل می‌دهد درحالی‌که Fe_2O_3 با گلیکوپروتئین‌های[90] ویروس هپاتیت ویروس سی ارتباط قوی‌تری دارد. انتظار می‌رود که این برهمکنش‌های نانوذرات آهن [91] با تغییرات ساختاری پروتئین‌های ویروسی و درنتیجه غیرفعال شدن ویروس همراه باشد (۵۳). پس از انتشار داده‌های فاز ۳ واکسن‌های فایزر و مدرنا و ادعای اثر بخشی بالای ۹۰٪ این واکسن‌ها مهم است که کاربرد نانوتکنولوژی را در این واکسن‌ها بدانیم. برای ایمن بودن، مؤثر بودن و رسیدن واکسن به سیتوزول سلول‌های هدف واکسن نیاز به یک حامل دارد در حین توسعه واکسن، قسمت آنتی‌ژنی ویروس یا پیام رسان ار-ان-ا سازنده آن در نانوحامل کپسوله شده و یا به‌همراه مواد کمکی به سطح نانوذرات متصل می‌شود. بسیاری از درمان‌های مبتنی‌بر پیام‌رسان ار-ان-ا برای حمل آن از نانوذرات لیپیدی استفاده می‌کنند. کمپلکس لیپید-پیام‌رسان ار-ان-ا مقاوم‌تر و در برابر تخریب پایدارتر است. نانوذرات لیپیدی پس از اندوسیتوز پیام رسان ار-ان-ا را در سیتوزول رها می‌کنند جایی‌که پیام‌رسان ار-ان-ا به آنتی‌ژنی ترجمه می‌شود که سیستم ایمنی را تحریک به تولید پادتن می‌کند (۵۵،۵۴). نانولیپیدهای مورداستفاده در واکسن‌ها به‌احتمال نقش کمکی نیز دارند. البته کاربرد نانوذرات لیپیدی به‌عنوان کمکی باید بیش‌تر مورد مطالعه قرار بگیرد (۵۷،۵۶).

نتیجه‌گیری

استفاده از نانوتکنولوژی در تولید داروها، واکسن‌ها وسایل حفاظت شخصی مانند ماسک و گان و تولید کیت‌های تشخیص کرونا نقش بسیار مهمی داشته است. امروزه نانوتکنولوژی ابزاری مهم در انتقال داروها و واکسن‌های مختلف به‌شمار می‌آید. در تولید واکسن‌های مورداستفاده برای مقابله با ویروس کرونا مانند فایزر و مدرنا که هم‌اکنون در دسترس هستند نانوتکنولوژی نقش مهمی داشته است و همین‌طور که اشاره شد کاربرد آن در دارورسانی هوشمند بسیار حائز اهمیت است. در بسیاری از موارد بررسی چگونگی عملکرد داروهای مختلف نیز به کمک نانوتکنولوژی

[85] Virus like particles(VLP)
[86] Human Papillomavirus (HPV)
[87] human immunodeficiency virus (HIV)
[88] Iron oxide nanoparticles
[89] FDA

[90] Hepatitis C virus (HCV)
[91] Iron oxide nanoparticles (IONPs)

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

صورت می‌پذیرد که همگی این موارد اهمیت فوق‌العاده آن را در مقابله با ویروس کرونا و کنترل آن نشان می‌دهند. در مواردی استفاده از نانو ذرات باعث بروز سمیت می‌شوند که باید استفاده از آن‌ها را کنترل کرد و این امر نیازمند آزمایش‌های بیش‌تری است. فعالیت ضد میکروبی تعدادی از نانوذرات به اثبات رسیده و البته کاربرد بسیاری از آن‌ها به‌صورت آزمایشات بالینی باید موردبررسی قرار گیرد. با توجه‌به کاربردهای حال حاضر نانوذرات در موارد مختلف برای مقابله با کووید ۱۹ و هم‌چنین پتانسیل آن‌ها در موارد مختلف امید می‌رود که در مطالعات و پژوهش‌هایی در آینده درمانی قطعی برای کووید با کمک نانوذرات ارائه شود. با توجه‌به تلاش شرکت‌های مختلف داروسازی و تجهیزات پزشکی در تولید واکسن‌های مؤثر، تست‌های سریع و هم‌چنین وسایل محافظ مؤثرتر می‌توان انتظار داشت که با کمک داده‌های مطالعات انجام شده به کمک نانوتکنولوژی سریع‌تر به ایمنی گروهی برسیم و این بیماری را شکست دهیم.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

منابع

1. Hassanin A, Grandcolas P, Veron G. Covid-19: natural or anthropic origin? Mammalia. 2021;85(1):1-7.

2. Pereira-Silva M, Chauhan G, Shin MD, Hoskins C, Madou MJ, Martinez-Chapa SO, et al. Unleashing the potential of cell membrane-based nanoparticles for COVID-19 treatment and vaccination. Expert Opinion on Drug Delivery. 2021:1-20.

3. Chen L, Liang J. An overview of functional nanoparticles as novel emerging antiviral therapeutic agents. Materials Science and Engineering: C. 2020;112:110924.

4. Lysenko V, Lozovski V, Lokshyn M, Gomeniuk YV, Dorovskih A, Rusinchuk N, et al. Nanoparticles as antiviral agents against adenoviruses. Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology. 2018;9(2):025021.

5. Sim W, Barnard RT, Blaskovich M, Ziora ZM. Antimicrobial silver in medicinal and consumer applications: a patent review of the past decade (2007–2017). Antibiotics. 2018;7(4):93.

6. Lara Y, Nguyen T, Marilena L, Alexander M. Toxicological considerations of clinically applicable nanoparticles. Nano Today. 2011;6:585-607.

7. Gurunathan S, Qasim M, Choi Y, Do JT, Park C, Hong K, et al. Antiviral potential of nanoparticles—Can nanoparticles fight against coronaviruses? Nanomaterials. 2020;10(9):1645.

8. Siadati SA, Afzali M, Sayyadi M. Could silver nano-particles control the 2019-nCoV virus?; An urgent glance to the past. Chemical Review and Letters. 2020;3(1):9-11.

9. Pulit-Prociak J, Banach M. Silver nanoparticles–a material of the future…? Open Chemistry. 2016;14(1):76-91.

10. Kosiol P, Müller MT, Schneider B, Hansmann B, Thom V, Ulbricht M. Determination of pore size gradients of virus filtration membranes using gold nanoparticles and their relation to fouling with protein containing feed streams. Journal of Membrane Science. 2018;548:598-608.

11. Clement R. Is it time for an evidence based uniform for doctors? Bmj. 2012;345.

12. Ishihara M, Nguyen VQ, Mori Y, Nakamura S, Hattori H. Adsorption of silver nanoparticles onto different surface structures of chitin/chitosan and correlations with antimicrobial activities. International journal of molecular sciences. 2015;16(6):13973-88.

13. Suchomel P, Kvitek L, Prucek R, Panacek A, Halder A, Vajda S, et al. Simple size-controlled synthesis of Au nanoparticles and their size-dependent catalytic activity .Scientific reports. 2018;8(1):1-11.

14. Khatir NM, Abdul-Malek Z, Zak AK, Akbari A, Sabbagh F. Sol–gel grown Fe-doped ZnO nanoparticles: antibacterial and structural behaviors. Journal of Sol-Gel Science and Technology. 2016;78(1):91-8.

15. Iravani S, Korbekandi H, Mirmohammadi SV, Zolfaghari B. Synthesis of silver nanoparticles: chemical, physical and biological methods. Research in pharmaceutical sciences. 2014;9(6):385.

16. Drbohlavova J, Adam V, Kizek R, Hubalek J. Quantum dots—characterization, preparation and usage in biological systems. International journal of molecular sciences. 2009;10(2):656-73.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

17. Zulfiqar U, Subhani T, Wilayat Husain S. Synthesis of silica nanoparticles from sodium silicate under alkaline conditions. Journal of Sol-Gel Science and Technology. 2016;77(3):753-8.

18. Wu C-H, Sokolov K. Synthesis of immunotargeted magneto-plasmonic nanoclusters. J Vis Exp. 2014(90):52090.

19. Minati L, Benetti F, Chiappini A, Speranza G. One-step synthesis of star-shaped gold nanoparticles. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2014;441:623-8.

20. Medhi R, Srinoi P, Ngo N, Tran H-V, Lee TR. Nanoparticle-based strategies to combat COVID-19. ACS Applied Nano Materials. 2020;3(9):8557-80.

21. Pramanik A, Gao Y, Patibandla S, Mitra D, McCandless MG, Fassero LA, et al. Aptamer Conjugated Gold Nanostar-Based Distance-Dependent Nanoparticle Surface Energy Transfer Spectroscopy for Ultrasensitive Detection and Inactivation of Corona Virus. The Journal of Physical Chemistry Letters. 2021;12(8):2166-71.

22. Li H, Rothberg L. Colorimetric detection of DNA sequences based on electrostatic interactions with unmodified gold nanoparticles. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2004;101(39):14036-9.

23. Lee Y, Kang B-H, Kang M, Chung DR, Yi G-S, Lee LP, et al. Nanoplasmonic on-chip PCR for rapid precision molecular diagnostics. ACS applied materials & interfaces. 2020;12(11):12533-40.

24. Teengam P, Siangproh W, Tuantranont A, Vilaivan T, Chailapakul O, Henry CS. Multiplex paper-based colorimetric DNA sensor using pyrrolidinyl peptide nucleic acid-induced AgNPs aggregation for detecting MERS-CoV, MTB, and HPV oligonucleotides. Analytical chemistry. 2017;89(10):5428-35.

25. Gong P, He X, Wang K, Tan W, Xie W, Wu P, et al .Combination of functionalized nanoparticles and polymerase chain reaction-based method for SARS-CoV gene detection. Journal of nanoscience and nanotechnology. 2008;8(1):293-300.

26. Zhao Z, Cui H, Song W, Ru X, Zhou W, Yu X. A simple magnetic nanoparticles-based viral RNA extraction method for efficient detection of SARS-CoV-2. BioRxiv. 2020.

27. Roh C, Jo SK. Quantitative and sensitive detection of SARS coronavirus nucleocapsid protein using quantum dots- conjugated RNA aptamer on chip. Journal of Chemical Technology & Biotechnology. 2011;86(12):1475-9.

28. Ahmed SR, Nagy É, Neethirajan S. Self-assembled star-shaped chiroplasmonic gold nanoparticles for an ultrasensitive chiro-immunosensor for viruses. RSC advances. 2017;7(65):40849-57.

29. Ahmed SR, Kang SW, Oh S, Lee J, Neethirajan S. Chiral zirconium quantum dots: a new class of nanocrystals for optical detection of coronavirus. Heliyon. 2018;4(8):e00766.

30. Sharma A, Kontodimas K, Bosmann M. Nanomedicine: A Diagnostic and Therapeutic Approach to COVID-19. Frontiers in Medicine. 2021;8.

31. Üner M, Yener G. Importance of solid lipid nanoparticles (SLN) in various administration routes and future perspectives. International journal of nanomedicine. 2007;2(3):289.

32. Manigandan S, Praveenkumar TR, Brindhadevi K. A review on role of nitrous oxide nanoparticles, potential vaccine targets, drug, health care and artificial intelligence to combat COVID-19. Applied Nanoscience. 2021.

33. Pieretti JC, Rubilar O, Weller RB, Tortella GR, Seabra AB. Nitric oxide (NO) and nanoparticles–potential small tools for the war against COVID-19 and other human coronavirus infections. Virus Research. 2020:198202.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

34. Moitra P, Alafeef M, Dighe K, Frieman MB, Pan D. Selective naked-eye detection of SARS-CoV-2 mediated by N gene targeted antisense oligonucleotide capped plasmonic nanoparticles. ACS nano. 2020;14(6):7617-27.

35. Zhu X, Wang X, Han L, Chen T, Wang L, Li H, et al. Multiplex reverse transcription loop-mediated isothermal amplification combined with nanoparticle-based lateral flow biosensor for the diagnosis of COVID-19. Biosensors and Bioelectronics. 2020;166:112437.

36. Clayton K, Moehling T, Lee DH, Wereley S, Linnes J, Kinzer-Ursem T. Particle Diffusometry: An Optical Detection Method for Vibrio cholerae Presence in Environmental Water Samples. Scientific Reports. 2019;9:1739.

37. Senapati S. Biosynthesis and immobilization of nanopaticles and their applications. 2005.

38. Luo M-X, Hua S, Shang Q-Y. Application of nanotechnology in drug delivery systems for respiratory diseases. Molecular Medicine Reports. 2021;23(5):1-17.

39. Hao J, Passos de Oliveira Santos R, Rutledge GC. Examination of Nanoparticle Filtration by Filtering Facepiece Respirators During the COVID-19 Pandemic. ACS Applied Nano Materials. 2021-٣٦٧٥:(٤)٤; .٨٥

40. Zhang Q, Honko A, Zhou J, Gong H, Downs SN, Vasquez JH, et al. Cellular nanosponges inhibit SARS-CoV-2 infectivity. Nano letters. 2020;20(7):5570-4.

41. Behbudi G. Effect of silver nanoparticles disinfectant on covid-19. Advances in Applied NanoBio-Technologies. 2021;2(2):63-7.

42. Pilkington EH, Suys EJ, Trevaskis NL, Wheatley AK, Zukancic D, Algarni A, et al. From influenza to COVID-19: Lipid nanoparticle mRNA vaccines at the frontiers of infectious diseases. Acta Biomaterialia. 2021.

43. Kreutz M, Giquel B, Hu Q, Abuknesha R, Uematsu S, Akira S, et al. Antibody-antigen-adjuvant conjugates enable co-delivery of antigen and adjuvant to dendritic cells in cis but only have partial targeting specificity. PloS one. 2012;7(7):e40208.

44. Wang Z-B, Xu J. Better adjuvants for better vaccines: Progress in adjuvant delivery systems, modifications, and adjuvant–antigen codelivery. Vaccines. 2020;8(1):128.

45. Schoenmaker L, Witzigmann D, Kulkarni JA, Verbeke R, Kersten G, Jiskoot W, et al. mRNA-lipid nanoparticle COVID-19 vaccines: Structure and stability. International Journal of Pharmaceutics. 2021;601:120586.

46. Hou X, Zaks T, Langer R, Dong Y. Lipid nanoparticles for mRNA delivery. Nature Reviews Materials. 2021:1-17.

47. Zhu X, Wang X, Han L, Chen T, Wang L, Li H, et al. Reverse transcription loop-mediated isothermal amplification combined with nanoparticles-based biosensor for diagnosis of COVID-19. medRxiv. 2020:2020.03.17.20037796.

48. Surnar B, Kamran MZ, Shah AS, Dhar S. Clinically Approved Antiviral Drug in an Orally Administrable Nanoparticle for COVID-19. ACS Pharmacology & Translational Science. 2020;3(6):1371-80.

49. Li H, Guo L, Zheng H, Li J, Zhao X, Li J, et al. Self-Assembling Nanoparticle Vaccines Displaying the Receptor Binding Domain of SARS-CoV-2 Elicit Robust Protective Immune Responses in Rhesus Monkeys. Bioconjugate Chemistry. 2021;32(5):1034-46.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]

50. Li R, Ma X, Deng J, Chen Q, Liu W, Peng Z, et al. Differential efficiencies to neutralize the novel mutants B.1.1.7 and۵۰۱ Y.V2 by collected sera from convalescent COVID-19 patients and RBD nanoparticle-vaccinated rhesus macaques. Cellular & Molecular Immunology. 2021;18(4):1058-60.

51. He L, Lin X, Wang Y, Abraham C, Sou C, Ngo T, et al. Single-component, self-assembling ,protein nanoparticles presenting the receptor binding domain and stabilized spike as SARS-CoV-2 vaccine candidates. Science Advances. 2021;7(12):eabf1591.

52. Lopez Bernal J, Andrews N, Gower C, Gallagher E, Simmons R, Thelwall S, et al. Effectiveness of Covid-19 vaccines against the B. 1.617. 2 (delta) variant. New England Journal of Medicine. 2021.

53. Abo-zeid Y, Ismail N, McLean G, Hamdy NM. A Molecular Docking Study Repurposes FDA Approved Iron Oxide Nanoparticles to Treat and Control COVID-19 Infection. European Journal of Pharmaceutical Sciences. 2020;153:105465.

54.Nanomedicine and the COVID-19 vaccines. Nature Nanotechnology. 2020;15(12):963.-

55.Chintagunta AD, Nalluru S, NS SK. Nanotechnology: an emerging approach to combat COVID-19. Emergent Materials. 2021:1-12.

56. Calcagnile S, Zuccotti GV. The virosomal adjuvanted influenza vaccine. Expert opinion on biological therapy. 2010;10(2):191-200.

57. Chung YH, Beiss V, Fiering SN, Steinmetz NF. COVID-19 Vaccine Frontrunners and Their Nanotechnology Design. ACS Nano. 2020;14(10):12522-37.

[Downloaded from ncmbjpiau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.22285458.1400.12.45.8.7]