Journal of Marine Medicine
Winter 2026, Volume 7, Issue 4 (Special Issue: Policy Brief)
Pages: 35-39
10.30491/7.4.35

mRNA Vaccines: A Solution for Future Health Challenges

Mohammad Hassan Darvishi [1], Hamidreza Javadi [1*]

[1] *Nanobiotechnology Research Center, New Health Technologies Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

Received: 7 January 2026 **Accepted:** 25 January 2026

Abstract

Global concerns regarding infectious diseases have not ended with the control of COVID-19. Existing and emerging threats continue to exert a significant impact on the global population and, consequently, on the population of Iran. The increasing incidence of re-emerging and emerging infectious diseases, rising antimicrobial resistance, and declining vaccination coverage in developing countries have intensified the World Health Organization's concerns about global health. Emerging infectious diseases often encounter little to no effective immunity in human populations, rendering them highly contagious and potentially dangerous. Their unpredictable nature and rapid spread pose substantial challenges to healthcare systems in terms of preparedness, response, and effective control.

Many emerging infectious diseases, as observed during the COVID-19 pandemic, are the result of increased human-animal interactions, with their spread further amplified by the expansion of international travel and population mobility. Large-scale vaccine production, rapid and timely vaccination, and the deployment of effective vaccines play a critical role in controlling such infections and preventing pandemics and their rapid and dangerous dissemination. Although different vaccine platforms have distinct advantages and limitations, the COVID-19 pandemic clearly demonstrated that investment in research, development, and infrastructure for next-generation vaccines -particularly mRNA-based vaccines- is an essential requirement for national health systems.

Given the rapid transmission and high mutation rates of these pathogens, leading to the continuous emergence of new variants, it is imperative to select appropriate vaccine platforms and to develop the necessary infrastructure for research and development, large-scale production of effective vaccines, and the establishment of a vaccine candidate bank. Such capacities can play a crucial role not only in addressing challenges posed by emerging and re-emerging infectious diseases, but also in the prevention and treatment of certain cancers. Accordingly, this article highlights the rationale for selecting and developing infrastructure for selected next-generation vaccine platforms.

Keywords: Next-generation vaccines, Emerging and re-emerging infectious diseases, Vaccine platforms, COVID-19

[*]**Corresponding author:** Hamidreza Javadi, **Email**: hjavadi53r@gmail.com
Address: Nanobiotechnology Research Center, New Health Technologies Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

مجله طب دریا
دوره ۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴ (ویژه نامه خلاصه سیاستی)
صفحات: ۳۹-۳۵
10.30491/7.4.35

mRNA واکسن‌ها راهکاری برای چالش‌های بهداشتی آینده

محمد حسن درویشی[1]، حمیدرضا جوادی[1*]

[1] *مرکز تحقیقات نانوبیوتکنولوژی، پژوهشکده فناوریهای نوین سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران*

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۱۷ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۴/۱۱/۰۵

چکیده

امروزه نگرانی‌های جهانی درباره بیماریهای عفونی با کنترل کووید-۱۹ پایان نیافته است. تهدیدهای موجود و درحال بروز همچنان برجمعیت جهانی و بدنبال آن برجمعیت ایران تاثیر بسزایی دارد. با توجه به افزایش بروز بیماریهای باز پدید و نوظهور، افزایش مقاومتهای دارویی، کاهش نرخ واکسیناسیون در کشورهای جهان سوم نگرانی های WHO در مورد بهداشت جهانی افزایش یافته است. بیماریهای نوظهور معمولا در جمعیت انسانی ایمنی موثری ندارند و از این منظر آنها بسیار مسری و خطرناک هستند. طبیعت غیر قابل پیش بینی و گسترش سریع آنها چالشهای عظیمی برای مقابله و پاسخ موثر به این بیماریها برای سیستم بهداشت و درمان ایجاد می کند. بسیاری از بیماریهای نوظهور همانطور که در کووید-۱۹ مشاهده شد نتیجه افزایش تماس انسان و حیوان می باشد که با افزایس سفرها در میان جمعیتهای مختلف گسترش می‌یابد. تولید انبوه، واکسیناسیون سریع و به موقع و استفاده از واکسنهای موثر نقش به سزایی در کنترل این عفونتها داشته و از ایجاد همه گیری و گسترش سریع و خطرناک این بیماریها جلو گیری می کند. پلتفرمهای مختلف واکسنها مزایا و معایب مختلفی دارند ولی در مورد این بیماریها همانطور که در همه گیری کووید-۱۹ مشاهده شد نیاز به تحقیق، توسعه و ایجاد زیر ساختهای لازم برای واکسنهای نسل جدید از جمله mRNA واکسنها یکی از نیازهای ضروری در حوزه بهداشت و درمان کشور می باشد. با توجه به گسترش سریع آنها و نرخ بالای موتاسیونها در این بیماریها و بدنبال آن تغییرات سویه ای ایجاد شده الزامی می باشد. انتخاب یک پلتفرم واکسن و گسترش زیرساختهای لازم برای تحقیق و توسعه، تولید انبوه واکسن موثر و همچنین ایجاد یک بانک کاندید واکسن می تواند در مقابله با چالشهای ناشی از این نوع بیماریها و همچنین در درمان و پیشگیری از برخی از سرطانها نقش موثری داشته باشد. لذا در این مقاله به دلایل انتخاب و ایجاد زیر ساخات برای برخی از پلفرمهای نسل جدید واکسنها اشاره می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: واکسنهای نسل جدید، بیماریهای نوپدید و نوظهور، پلت فرمهای واکسن، کووید-۱۹

*نویسنده مسئول: **حمیدرضا جوادی**. پست الکترونیک: hjavadi53r@gmail.com
آدرس: مرکز تحقیقات نانوبیوتکنولوژی، پژوهشکده فناوریهای نوین سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران.

مقدمه

واکسن ها از ۲۰۰ سال پیش که معرفی شده اند تا بحال جان میلیون ها نفر را نجات داده اند. پتانسیل واکسیناسیون در اواسط قرن بیستم با توسعه فناوری ها و توانایی تولید واکسن های جدید، به اوج خود رسید. از آن زمان، پیشرفت تکنولوژیکی در زمینه توسعه واکسن ادامه داشته است. پلتفرم های حاصله نویدبخش راه حلهایی برای بسیاری از بیماری های عفونی، از جمله آنهایی که دهها سال با ما بوده اند و یا آنهایی که در حال ظهور هستند (SARS-Cov-2) بوده اند. هر پلتفرم واکسن نشان دهنده فناوری متفاوتی است که دارای مجموعه ای از مزایا و چالش ها با در نظر گرفتن تولید انبوه آنهاست (۱). امروزه پلتفرمهای مختلفی برای تولید واکسنها تعریف شده که تعدادی از آنها سالهاست به منظور تولید واکسن استفاده می گردد و تعدادی از آنها هم با رشد تکنولوژی و با استفاده از تکنولوژیهای نوین بوجود آمده اند. هر کدام از این پلتفرمها دارای مزایا و معایبی هستند، از جمله تفاوت در تولید، کارایی، مشخصات ایمنی و پاسخ ایمنی.

بطور کلی پلتفرمهای مختلف تعریف شده برای تولید واکسنها شامل:

- ویروس های زنده ضعیف شده
- ویروسهای کشته و غیرفعال شده
- واکسن‌های زیرواحد پروتئینی
- واکسن‌های پلی ساکاریدی
- واکسن‌های کونژوگه
- واکسن‌های بر پایه پلتفرم ناقل های ویروسی (آدنوویروسی)
- پلتفرم DNA واکسن
- پلتفرم mRNA

انتخاب پلتفرم برای واکسن نقش مهمی در پاسخ ایمنی ایجاد شده و مدت حفاظت ارائه شده توسط محصول نهایی دارد. پس از شیوع SARS-CoV-2 تلاشهای فراوانی در جهت درمان، تشخیص وپیشگیری از این بیماری درمجموعه های تحقیقاتی مربوط به شرکتها و دانشگاههای مختلف صورت پذیرفته است. تاکنون در زمینه تولید واکسن نیز تلاشهای فراوانی صورت صورت پذیرفته است (۱). پس از کشف توالی کروناویروس در ژانویه ۲۰۲۰ تلاشها برای تولید واکسن آن با شتاب بیشتری به حرکت خود ادامه داده است (۲). هرکدام از پلتفرم‌های مختلف تولید واکسن برای خود معایب و مزایایی دارد. یکی از پلتفرمهای تولید واکسن، استفاده از RNA در تولید واکسن و ایمنی زایی می باشد.همانطور که در جدول بالا نشان دادهشده است واکسن بر پایه mRNA یکی از کاندیدهای اصلی و امیدوارکننده برای کووید-۱۹ می‌باشد.

روش‌ها

تاکنون دو روش مختلف در تولید این نوع واکسن استفاده شده است:

۱) mRNA Non-Replicating
۲) Virally derived, self-amplifying RNA

در حالت کلی در این نوع واکسن، mRNA یک ساختار پروتئینی و یا پپتیدی مربوط به ویروس و یا عامل عفونی را در میزبان تولید می‌کند. از آنجایی که مولکولهای RNA بسیار حساس و سرعت تخریب بالایی دارند استفاده از نانوذرات کاتیونی میتواند سبب محافظت mRNA از تخریب و degrade شدن آن گردد. محصول شرکتهای Moderna و Pfizer در این زمینه در سال ۲۰۲۱ برای مصرف انسانی مجوز FDA را کسب نموده است. در این نوع واکسن بمنظور حفاظت از مولکول RNA و انتقال آنها از نانوذرات لیپیدی استفاده گردیده است. این توع از واکسنها خطرات و ملاحظات DNA واکسنها را ندارد و نسبت به آنها از Safety بالایی برخوردار هستند (۳،۴). با توجه به اینکه اخیرا WHO واکسن های بر پایه RNA را به عنوان یک کلاس درمانی جدید پذیرفته است (۵،۶) بنظر می رسد استفاده از این تکنیک می تواند یکی از روشهای راهگشا در مبارزه با عوامل بیماریزای ویروسی از جمله کووید-۱۹، CCHF و ... باشد. در نهایت کارآیی این پلت فرم از واکسن در پاندمی ۲۰۱۹ ناشی از کروناویروس به اثبات رسید که دلیل قاطعی برای حرکت به سمت نهادینه کردن و بسط و توسعه تحقیقات در زمینه این پلت فرم از واکسنهای نسل جدید را الزام می بخشد.

نتایج

مزایای استفاده از RNA نانوواکسنها نسبت به واکسنهای subunit، تخفیف حدت یافته، کشته شده و DNA واکسنها:

۱. مدت زمان کم در طراحی و ساخت واکسن در مواقع اپیدمی و همچنین تولید سریع واکسن برای سویه‌های جدید ویروس‌ها:

در همه گیریها همواره سرعت عمل در تهیه و ساخت واکسنها نقش بسزایی در کنترل بیماریها دارد و در همه گیری کووید دو شرکت فایزر و Moderna با توجه به زیر ساخت قبلی در عرض ۴۲ روز اقدام به ساخت و اخذ مجوز برای استفاده در شرایط اضطراری از سازمان غذا و داروی آمریکا برای این نوع از واکسن نمودند و این واکسنها اولین واکسنهای موثر ارائه شده بودند.

از موارد مهم و با اهمیت در مورد این نوع از واکسنها قابلیت ایجاد تغییر و تولید سریع واکسن برای سویه های جدید از ویروسها میباشد که بنظر قابلیت بسیار مهم وبا ارزشی در برابر ویروسهای خطرناک که جهشهای فراوان دارند می باشد.

۲. ایجاد ایمنی موثر:

همانطور که در پاندمی اخیر کووید-۱۹ نیز مشاهده گردید mRNA واکسنهای بر پایه این پلت فرم که توسط دو شرکت Moderna و Pfizer در دنیا برای واکسیناسیون بر علیه کووید-۱۹ ارائه گردید بیشترین ایمنی ذایی و تاثیر شگرفی در کنترل این

بیماری نشان داد.

۳. Safety:

از آنجایی که mRNA واکسنها از ویروس زنده و یا تخفیف حدت یافته و DNA استفاده نمی گردد بنابراین این نوع واکسنها نه عفونت زا هستند و نه خطرات موتاسیون زایی (insertional mutagenesis) دارند. علاوه براین مولکولهای RNA بخاطر خصوصیات ذاتی خود بسرعت تخریب و از بین می رود و نیمه عمر این مولکول را میتوان با استفاده از مدیفیکاسیونهای مختلف و همچنین نوع حامل برنامه ریزی کرد.

۴. Efficacy (کارایی):

با استفاده از مدیفیکیشن های مختلف می توان میتوان میزان بیان پروتئین و همچنین پایداری mRNA را افزایش داد. از آنجایی که مولکولهای mRNA ساخت کوچکتری نسبت به DNA واکسنها دارند و همچنین سریعتر نیز تخریب می‌شوند بنابراین سیستم ایمنی ذاتی و Tool Like Receptor را کمتر تحریک می‌کند و بنابراین میتوان آنها را مکررا تزریق نمود. همچنین واکسناسیونهای انجام شده بر پایه این پلتفرم بالاترین کارایی را نسبت واکسنهای دیگر از خود نشان داده اند.

۵. Production تولید:

این نوع از واکسنها پتانسیل بالایی برای تولید در حجم بالا ، ارزان و مقرون بصرفه دارد.

بحث

مواردی که ذکر آنها ایجاد زیر ساخت هم در بخش تحقیق و هم در بحث تولید این فرم از واکسنها را الزامی می کند به قرار زیر است:

- واکسن‌های mRNA دارای مزایای خاصی هستند، از جمله مدت زمان کم لازم برای توسعه سریع، تولید مقیاس‌پذیر و توانایی استفاده از چندین آنتی‌ژن، که پتانسیل قابل توجهی را به عنوان واکسن‌های نسل بعدی نشان می‌دهد (۱۰).
- نانوذرات لیپیدی به عنوان سیستم ناقل پیشرو واصلی برای واکسن‌های mRNA هستند. پیشرفت‌ها در طراحی لیپید، بهینه‌سازی فرمولاسیون و استراتژی‌های هدفمند سازی برای ارگان‌ها به بهبود ایمنی، کارایی انتقال و توزیع زیستی آن‌ها کمک فراوانی می کند.
- تغییرات در ساختار mRNA، از جمله تغییرات نوکلئوتیدی، بهینه‌سازی کدون و تنظیمات نواحی غیرترجمه‌ای، به طور قابل توجهی ثبات، کارایی ترجمه و ایمنی‌زایی را بهبود می‌بخشد و در نتیجه اثربخشی واکسن را افزایش می‌دهد.
- آزمایش‌های بالینی جاری برای بیماری‌های عفونی مختلف، از جمله SARS-Cov-2، ویروس سین‌سیشیال تنفسی، آنفولانزا، ویروس زیکا و HIV، داده‌هایی با ایمنی‌زایی مناسب و ایمن این واکسنها را با نتایج امیدوارکننده تولید کرده‌اند و چندین کاندید به مرحله توسعه بعدی رسیده اند (۱۰).
- با توجه به سعت تولید و مقیاس پذیری بالای این نوع از واکسنها، واکسنهای Moderna و Pfizer برای کروناویروس که براساس این پلت فرم تهیه شده بودند، اولین واکسنهایی بودند که مجوز استفاده و شروع فازهای بالینی را گرفتند(۷).
- با توجه به اینکه این دو شرکت سالهای قبل زیر ساختهای پژوهشی برای این پلت فرم را تهیه کرده بودند زمان شروع برای ساخت واکسن برای کووید-۱۹ تا تحویل نمونه اولیه این واکسن به موسسه ملی سلامت آمریکا (NIH) برای شرکت Moderna ۴۲ روز طول کشید و ۲۰ روز بعداز آن اولین تست انسانی تزریق گردید. که این خود گویای لزوم ایجاد و کسب دانش فنی برای این پلت فرم از واکسن برای اپیدمی های احتمالی بعدی خواهد بود.
- واکسنهای بر پایه mRNA مشکلات احتمالی ناشی از واکسنهای ناقل ویروسی همانند آسترازنکا و اسپوتنیک v را ندارند زیرا ماده ژنتیکی از جنس RNA می باشد که به هیچ عنوان توانایی ایجاد تغییرات ژنتیکی و ورود به داخل ژنوم انسانی و عوارض ناشی از آنها را ندارد. بنابر این از این لحاظ نسبت به واکسنهای ضعیف شده، ناقل ویروسی و DNA واکسنها عوارض کمتری دارد و نگرانی های بعدی به لحاظ ایجاد تغییرات ژنتیکی و بروز سرطانها و بیماریهای دیگر نظیر آنچه که در واکسنهای برپایه حاملین ویروسی و DNA واکسنها مطرح می باشند را ندارند (۸،۹).
- طبق آمارهای ۲۰۲۵ در پاندمی اخیر دو واکسن بر پایه mRNA نسبت به پلتفرم های دیگر ایمنی زایی بیشتر و همچنین Protectivity بیشتر از خود نشان داده اند.
- از موارد مهم و با اهمیت در مورد این نوع از واکسنها قابلیت ایجاد تغییر و تولید سریع واکسن برای سویه های جدید از ویروسها میباشد که بنظر قابلیت بسیار مهم وبا ارزشی در برابر ویروسهای خطرناک که جهشهای فراوان دارند می باشد.
- در حال حاضر شرکتهای پیشرو در زمینه این تکنولوژی نظیر Moderna در حال توسعه این پلتفرم واکسن برای پیشگیری و درمان سرطانها هستند.
- در پاندمی کووید-۱۹ با وجود در دسترس بودن واکسنهای با پلتفرم دیگر اغلب کشورهای تراز اول اروپایی بیش از ۸۰ درصد جمعیت خود و کشورهای آمریکای شمالی بیش از ۹۰ درصد جمعیت را در پاندمی اخیر کرونا بااین پلتفرم واکسینه نمودند.
- همه این موارد لزوم ایجاد زیرساخت‌های پژوهشی و بومی‌سازی این پلتفرم را با توجه به رسالت دانشگاه در مورد اتخاذ تدابیر لازم و همچنین ایجاد زیر ساختهای لازم برای پیشگیری و مبارزه با عوامل بیماریزا را دو چندان می‌کند.

- با وجود پیشرفت‌های قابل توجه، برخی چالش‌های کلیدی هنوز برای این واکسنها باقی مانده است، از جمله ارزیابی ایمنی درازمدت، مدیریت پتانسیل ایمنی‌زایی، الزامات زنجیره سرد و بهبود روشهایی که مسیرهای عبور خارج کبدی را تقویت می‌کنند، که همه برای پیشرفت فرمولاسیون‌های واکسن mRNA در آینده حیاتی هستند.
- باتوجه به رسالت دانشگاهها و مراکز علمی تحقیقاتی و همچنین اهمیت موضوع افزایش نرخ بیماریهای نوپدید و بازپدید و همچنین سرطانها نقش واکسنهای نسل جدید بخصوص mRNA واکسنها در کنترل این بیماریها لازم است یک گروه علمی واکسنهای نسل جدید با ماموریت بررسی و و ایجاد زیر ساختهای علمی، فناوری و تجهیزاتی برای چالشهای آینده تشکیل گردد که یکی از رسالتهای آن تهیه اطلاعات لازم برای بانک واکسن برای چالشهای احتمالی آینده با استفاده از mRNA واکسنها باشد.

تشکر و قدردانی: از همه اساتیدی که در غنای مطالب حاضر یاری‌رسان بودند، نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Li X, Geng M, Peng Y, Meng L, Lu S. Molecular immune pathogenesis and diagnosis of COVID-19. J Pharm Anal. 2020;10(2):102-8.
2. Shang W, Yang Y, Rao Y, Rao X. The outbreak of SARS-CoV-2 pneumonia calls for viral vaccines. NPJ Vaccines. 2020;5(1):18.
3. Pardi N, Hogan MJ, Porter FW, Weissman D. mRNA vaccines - a new era in vaccinology. Nat Rev Drug Discov. 2018;17(4):261-79.
4. Baden LR, El Sahly HM, Essink B, Kotloff K, Frey S, Novak R, et al. Efficacy and safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine. N Engl J Med. 2021;384(5):403-16.
5. Kramps T, Elbers K. Introduction to RNA vaccines. Methods Mol Biol. 2017;1499:1-11.
6. Naderi Sohi A, Kiani J, Arefian E, Khosrojerdi A, Fekrirad Z, Ghaemi S, et al. Development of an mRNA-LNP vaccine against SARS-CoV-2: evaluation of immune response in mouse and rhesus macaque. Vaccines. 2021;9(9):1007.
7. Machado MT, Dias FT, Mendonça DA, Oliveira A. Overview of the main anti-SARS-CoV-2 vaccines: mechanism of action, efficacy and safety. Infect Drug Resist. 2021;14:3459-76.
8. van Riel D, de Wit E. Next-generation vaccine platforms for COVID-19. Nat Mater. 2020;19 (8):810-2.
9. Li T, Huang T, Guo C, Wang A, Shi X, Mo X, et al. Genomic variation, origin tracing, and vaccine development of SARS-CoV-2: a systematic review. Innovation. 2021;2(2): 100116.
10. Li S, Zheng L, Zhong J, Gao X. Advancing mRNA vaccines for infectious diseases: key components, innovations, and clinical progress. Essays Biochem. 2025;69(2):EBC20253009.