

## PERSPECTIVAS PROMISSORAS EM VACINAS CONTRA DOENÇAS INFECCIOSAS EMERGENTES

Yasmin Mendonça Carvalho Campos<sup>1</sup>

Mariany Costa<sup>2</sup>

Lucas da Silva Monteiro Marques<sup>3</sup>

Bruna Barbosa Abdala<sup>4</sup>

Mikaelly Karen Zaquel<sup>5</sup>

Brenda Stefanello Golart<sup>6</sup>

Antônio José Andrade Silva<sup>7</sup>

Ana Carolina Messias de Souza Ferreira da Costa<sup>8</sup>

Edenilze Teles Romeiro<sup>9</sup>

Giovanni Tavares de Sousa<sup>10</sup>

**RESUMO:** Este artigo aborda as perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes, destacando os avanços científicos e tecnológicos que estão moldando o cenário da prevenção e controle de surtos e pandemias globais. A compreensão das abordagens inovadoras, como o desenvolvimento de vacinas modulares e adaptativas, bem como o progresso em estudos clínicos e ensaios pré-clínicos, tem impulsionado a capacidade de resposta rápida a ameaças desconhecidas. A colaboração internacional tem desempenhado um papel crucial no desenvolvimento e distribuição de vacinas, permitindo que instituições de pesquisa, governos e organizações globais se unam para enfrentar desafios complexos. A busca pela equidade no acesso às vacinas é destacada como fundamental para garantir que todas as populações, independentemente de sua localização geográfica, possam se beneficiar dessas inovações. Além disso, o artigo aborda os efeitos positivos dos canabinoides em doenças neurológicas, incluindo a redução da neuroinflamação, neuroproteção e reparo neural, além de sua aplicação no tratamento de distúrbios neuropsiquiátricos. Estudos clínicos são discutidos, demonstrando a eficácia dessas abordagens terapêuticas. No entanto, desafios ainda persistem, como a necessidade de monitoramento constante de variantes genéticas e a garantia da segurança e aceitação pública das vacinas. O artigo conclui enfatizando a importância contínua de investir em pesquisa, inovação e colaboração global para enfrentar os desafios complexos das doenças infecciosas emergentes e promover a saúde global.

**Palavras-chave:** Vacinas. Doenças infecciosas emergentes. Desenvolvimento de vacinas.

<sup>1</sup> UNICERRADO

<sup>2</sup> Universidade Portiguar

<sup>3</sup> Universidade Federal do Maranhão

<sup>4</sup> Universidade Nove de Julho<sup>4</sup>

<sup>5</sup> UNINASSAU

<sup>6</sup> Universidade Federal de Pelotas

<sup>7</sup> Universidade Federal do Maranhão

<sup>8</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>9</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>10</sup> UNIFACISA

## INTRODUÇÃO

O surgimento de doenças infecciosas emergentes representa um desafio constante para a saúde global, exigindo respostas ágeis e inovações na área de imunização. Novos patógenos, como vírus e bactérias, têm o potencial de se espalhar rapidamente, causando surtos e epidemias que ameaçam a saúde e o bem-estar das populações em todo o mundo. A criação de vacinas eficazes e seguras para essas doenças é fundamental para conter a propagação e mitigar os impactos na saúde pública.

Nas últimas décadas, avanços significativos na pesquisa de vacinas têm proporcionado uma gama de perspectivas promissoras no desenvolvimento de imunizações contra doenças infecciosas emergentes. A aplicação de técnicas inovadoras, como a engenharia genética, biologia sintética e abordagens computacionais, está acelerando o processo de criação e teste de novas vacinas. Além disso, a colaboração internacional entre cientistas, organizações de saúde e indústrias farmacêuticas tem desempenhado um papel crucial na identificação de alvos terapêuticos e na condução de ensaios clínicos de larga escala.

A abordagem modular e adaptativa no desenvolvimento de vacinas tem se mostrado eficaz para enfrentar rapidamente surtos de doenças infecciosas. Essa abordagem permite ajustar as vacinas existentes ou desenvolver novas vacinas com base nas características específicas do patógeno, como mutações genéticas. Além disso, plataformas de vacinas emergentes, como as de RNA mensageiro (mRNA) e vetores virais, oferecem flexibilidade e rapidez na produção, acelerando a resposta imunológica contra novas ameaças.

No entanto, enquanto as perspectivas em vacinas contra doenças infecciosas emergentes são encorajadoras, ainda há desafios a serem superados. A segurança e eficácia a longo prazo dessas novas abordagens precisam ser cuidadosamente avaliadas, assim como a acessibilidade e distribuição equitativa das vacinas em escala global. Além disso, a educação pública e a conscientização sobre a importância da vacinação desempenham um papel vital na aceitação e adesão às imunizações.

Neste contexto, este artigo busca explorar as perspectivas mais recentes em vacinas contra doenças infecciosas emergentes, examinando os avanços científicos, tecnológicos e estratégicos que estão moldando a resposta global a essas ameaças. O conhecimento dessas perspectivas promissoras pode contribuir para uma compreensão mais abrangente da

importância contínua da pesquisa em vacinas e para fortalecer nossa capacidade de enfrentar eficazmente as doenças infecciosas que surgem e evoluem constantemente.

## **METODOLOGIA**

### **Identificação e Seleção de Fontes de Literatura;**

Realizar buscas em bases de dados acadêmicas e científicas, como PubMed, Scopus e Web of Science, usando termos-chave relacionados ao tema, como "vacinas", "doenças infecciosas emergentes" e "perspectivas promissoras".

Selecionar estudos, revisões, artigos científicos e outras fontes relevantes que abordem as perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes.

### **Triagem e Seleção de Artigos;**

Examinar os títulos e resumos dos artigos identificados para determinar sua relevância para o tema do artigo.

Selecionar os artigos que apresentam informações significativas e atualizadas sobre as perspectivas em vacinas contra doenças infecciosas emergentes.

### **Análise e Síntese da Literatura;**

Ler e analisar os artigos selecionados para extrair informações relevantes sobre as abordagens inovadoras no desenvolvimento de vacinas, avanços científicos e tecnológicos, estratégias de pesquisa e resultados de estudos clínicos.

Sintetizar os principais pontos e conclusões de cada artigo para desenvolver uma compreensão abrangente das perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes.

### **Organização e Estruturação das Informações;**

Organizar as informações coletadas de forma lógica e coerente, agrupando-as por tópicos relacionados, como avanços científicos, tecnológicos, estratégias de desenvolvimento de vacinas e desafios enfrentados.

### **Discussão e Análise Comparativa;**

Realizar uma discussão crítica sobre as informações coletadas, identificando tendências, lacunas de conhecimento e áreas de debate na pesquisa de vacinas contra doenças infecciosas emergentes.

Comparar e contrastar as diferentes perspectivas e abordagens apresentadas nos estudos revisados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avanços Científicos e Tecnológicos;

No tópico de "Avanços Científicos e Tecnológicos" no artigo sobre as perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes, serão abordados os progressos significativos na compreensão da biologia dos patógenos e nas tecnologias de desenvolvimento de vacinas. Esses avanços têm impulsionado a criação de novas abordagens e estratégias para o desenvolvimento de vacinas eficazes. Alguns pontos-chave a serem abordados neste tópico incluem;

**Sequenciamento Genético de Patógenos Emergentes:** O uso de técnicas de sequenciamento genético de última geração permitiu a rápida identificação e caracterização de novos patógenos. Isso possibilita uma compreensão mais profunda de suas estruturas moleculares, processos de replicação e interações com o sistema imunológico, facilitando o design de vacinas direcionadas e eficazes.

**Engenharia Genética para Design de Antígenos:** A aplicação da engenharia genética tem permitido a criação de antígenos específicos que podem induzir respostas imunológicas robustas. A manipulação de proteínas virais ou bacterianas para aumentar sua imunogenicidade tem resultado em vacinas mais potentes e direcionadas, capazes de induzir uma resposta imunológica protetora.

**Plataformas de Vacinas Modernas:** As plataformas de vacinas evoluíram significativamente, incorporando tecnologias avançadas como vetores virais não replicantes e RNA mensageiro (mRNA). Essas abordagens permitem uma produção mais rápida e escalável de vacinas, bem como a flexibilidade de ajustar as formulações para atender a diferentes desafios virais.

**Bioinformática e Modelagem Molecular:** A bioinformática e a modelagem molecular têm desempenhado um papel fundamental na previsão de antígenos potenciais e na simulação de interações antígeno-anticorpo. Isso ajuda os cientistas a projetar vacinas com maior probabilidade de induzir uma resposta imunológica eficaz.

**Tecnologias de Expressão e Produção:** Novos métodos de expressão e produção de proteínas têm melhorado a eficiência e a qualidade das vacinas. A tecnologia de expressão de células hospedeiras, como células de insetos ou linhagens celulares humanas, tem permitido a produção em larga escala de antígenos virais.

Ao explorar esses avanços científicos e tecnológicos, o artigo fornecerá uma visão detalhada das inovações que estão impulsionando o desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes. Isso demonstrará como a pesquisa contínua está moldando o campo das vacinas e oferecendo novas esperanças no enfrentamento de ameaças infecciosas globais.

## **Desenvolvimento de Vacinas Modulares e Adaptativas**

No contexto das perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes, o desenvolvimento de vacinas modulares e adaptativas é um tema crucial que merece destaque. Esse enfoque revolucionário oferece a flexibilidade necessária para responder rapidamente a novos patógenos e variantes, permitindo uma abordagem mais eficaz e eficiente para o controle de doenças infecciosas. O tópico "Desenvolvimento de Vacinas Modulares e Adaptativas" aborda os seguintes aspectos;

**Flexibilidade na Construção de Vacinas:** Nesse contexto, serão discutidas estratégias inovadoras que envolvem a criação de plataformas de vacinas modulares, onde componentes-chave da vacina podem ser substituídos ou adaptados para diferentes patógenos. Isso permite que uma única plataforma seja usada para desenvolver vacinas contra múltiplas doenças infecciosas, simplificando o processo de produção e economizando tempo.

**Resposta Rápida a Patógenos Emergentes:** O tópico explora como as vacinas modulares e adaptativas permitem uma resposta mais rápida a surtos de doenças infecciosas. Em vez de começar do zero para desenvolver uma nova vacina, os pesquisadores podem aproveitar a estrutura modular existente e incorporar antígenos específicos do novo patógeno, acelerando significativamente o processo de desenvolvimento.

**Adaptação a Variantes Genéticas:** Com a evolução dos patógenos, surgem variantes genéticas que podem escapar da imunidade induzida por vacinas convencionais. Nesse contexto, as vacinas modulares e adaptativas podem ser ajustadas para incorporar sequências de variantes específicas, mantendo a eficácia da imunização mesmo diante de mudanças genéticas.

**Estratégias de Combinação:** A discussão se estenderá à combinação de diferentes componentes de vacinas para criar respostas imunológicas mais amplas e robustas. Isso

inclui a possibilidade de combinar várias plataformas de vacinas modulares para abordar múltiplos alvos em uma única vacina, melhorando ainda mais a proteção.

**Impacto na Saúde Pública Global:** Finalmente, o tópico destacará como o desenvolvimento de vacinas modulares e adaptativas tem o potencial de revolucionar a saúde pública global, oferecendo uma abordagem mais eficaz e ágil para combater doenças infecciosas emergentes. Isso pode resultar em respostas mais coordenadas e eficientes a surtos e pandemias, beneficiando populações em todo o mundo.

Ao explorar o desenvolvimento de vacinas modulares e adaptativas, o artigo fornecerá insights sobre uma abordagem inovadora que está transformando a forma como as vacinas são projetadas, produzidas e implantadas, oferecendo esperança para um controle mais eficaz de doenças infecciosas emergentes.

## **Resultados de Estudos Clínicos e Ensaio Pré-Clínicos**

No âmbito das perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes, os resultados de estudos clínicos e ensaios pré-clínicos são de extrema importância para avaliar a segurança, a eficácia e a imunogenicidade das novas vacinas. O tópico "Resultados de Estudos Clínicos e Ensaio Pré-Clínicos" explora em detalhes os seguintes aspectos;

**Ensaio Pré-Clínicos em Modelos Animais:** Neste tópico, serão abordados os resultados de estudos pré-clínicos realizados em modelos animais para avaliar a capacidade das vacinas de induzir respostas imunológicas protetoras. Serão discutidos os desafios enfrentados ao selecionar modelos adequados e os dados obtidos até o momento em relação à segurança e imunogenicidade das vacinas.

**Ensaio Clínicos de Fase I, II e III:** O artigo destacará os resultados dos ensaios clínicos em humanos, que são realizados em diferentes fases para avaliar a segurança e eficácia das vacinas. Serão abordados aspectos como a imunogenicidade, a resposta imunológica celular e a proteção conferida pelas vacinas, bem como qualquer efeito adverso observado.

**Comparação com Vacinas Existentes:** Será discutida a comparação dos resultados das novas vacinas com as vacinas existentes, quando aplicável. Isso permitirá uma avaliação objetiva da eficácia relativa das novas abordagens e seu potencial para melhorar a proteção contra doenças infecciosas emergentes.

**Eficácia contra Variantes Genéticas:** O tópico abordará a eficácia das vacinas em relação a variantes genéticas dos patógenos, considerando a capacidade das vacinas de oferecer proteção contra cepas emergentes e mutantes.

**Resposta Imunológica Duradoura:** Além da eficácia imediata, será explorada a duração da resposta imunológica induzida pelas vacinas. Isso inclui a avaliação de memória imunológica e a capacidade das vacinas de fornecer imunidade a longo prazo.

Ao analisar esses resultados de estudos clínicos e pré-clínicos, o artigo oferecerá uma visão abrangente da promissora eficácia das vacinas em desenvolvimento, demonstrando como elas estão contribuindo para enfrentar doenças infecciosas emergentes e melhorar a saúde global.

### **Colaborações Internacionais e Acesso Global**

No contexto das perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes, as colaborações internacionais e o acesso global às vacinas desempenham um papel fundamental na mitigação de surtos e pandemias. O tópico "Colaborações Internacionais e Acesso Global" aborda os seguintes aspectos;

**Compartilhamento de Dados e Recursos:** Será discutido como as colaborações internacionais têm permitido o compartilhamento de dados de pesquisa, informações genéticas de patógenos emergentes e recursos técnicos. Essa cooperação tem acelerado a compreensão dos patógenos, a identificação de alvos vacinais e o desenvolvimento de vacinas mais eficazes.

**Parcerias entre Instituições de Pesquisa e Indústria Farmacêutica:** O tópico explorará as parcerias entre instituições acadêmicas, centros de pesquisa e empresas farmacêuticas para promover o desenvolvimento, a produção e a distribuição de vacinas. Essas colaborações abordam a complexidade do desenvolvimento de vacinas, desde a pesquisa básica até a produção em larga escala.

**Iniciativas Internacionais de Saúde:** Serão destacadas iniciativas globais, como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a COVAX, que visam garantir o acesso equitativo às vacinas em todo o mundo. O tópico abordará como essas iniciativas estão trabalhando para superar barreiras financeiras e logísticas para garantir que as vacinas cheguem a populações vulneráveis em países de baixa renda.

**Transferência de Tecnologia e Capacitação:** A discussão se estenderá à transferência de tecnologia para países em desenvolvimento, permitindo que eles desenvolvam capacidade própria para produzir vacinas. Essa abordagem contribui para a construção de infraestrutura de saúde resiliente e o aumento do acesso local às vacinas.

**Desafios e Perspectivas Futuras:** O tópico abordará os desafios enfrentados na promoção de colaborações internacionais e no acesso global às vacinas, incluindo questões políticas, regulatórias e econômicas. Também serão discutidas perspectivas futuras para aprimorar ainda mais a cooperação global em situações de emergência de saúde.

Ao abordar essas colaborações internacionais e o acesso global às vacinas, o artigo destacará a importância do trabalho conjunto na prevenção e controle de doenças infecciosas emergentes, enfatizando a necessidade de solidariedade global para enfrentar desafios de saúde pública complexos.

### **Desafios e Próximos Passos**

No contexto das perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes, os desafios e próximos passos são cruciais para traçar uma visão abrangente sobre o futuro dessas abordagens. O tópico "Desafios e Próximos Passos" aborda os seguintes aspectos;

**Desenvolvimento de Vacinas para Patógenos Desconhecidos:** O artigo discute o desafio de desenvolver vacinas eficazes contra patógenos desconhecidos que possam emergir no futuro. Os próximos passos envolvem a pesquisa contínua em plataformas de vacinas modulares e adaptativas que permitam uma resposta rápida a novos patógenos.

**Variantes Genéticas e Escape Imunológico:** Será discutido o desafio das variantes genéticas que podem escapar da imunidade induzida pelas vacinas. Os próximos passos incluem o monitoramento constante das variantes e a adaptação das vacinas para abordar as mutações relevantes.

**Acesso Equitativo e Desigualdades:** O tópico aborda a desigualdade no acesso às vacinas e os desafios em garantir a distribuição equitativa, especialmente para países de baixa renda. Os próximos passos envolvem o fortalecimento de iniciativas globais para garantir que todas as populações tenham acesso às vacinas.



**Segurança e Aceitação Pública:** Será discutida a importância de abordar preocupações de segurança e garantir a aceitação pública das vacinas. Os próximos passos envolvem a educação contínua sobre a segurança das vacinas e a promoção da confiança pública.

**Colaboração Multissetorial:** O tópico abordará a necessidade contínua de colaboração entre governos, organizações de saúde, instituições de pesquisa, indústria farmacêutica e sociedade civil. Os próximos passos incluem o fortalecimento dessas parcerias para enfrentar os desafios complexos das doenças infecciosas emergentes.

**Pesquisa Contínua e Inovação:** O artigo destacará a importância da pesquisa contínua e da inovação na busca por vacinas mais eficazes, seguras e acessíveis. Os próximos passos envolvem o investimento em pesquisa básica e aplicada para melhorar constantemente as abordagens de vacinação.

Ao abordar esses desafios e próximos passos, o artigo fornecerá uma visão abrangente das áreas que requerem atenção contínua para garantir o sucesso das perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes. Isso ajudará a orientar futuras pesquisas, políticas de saúde e ações globais para enfrentar eficazmente ameaças à saúde pública.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas considerações finais, é evidente que as perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes representam um avanço significativo na prevenção e controle de surtos e pandemias globais. A crescente compreensão das abordagens inovadoras, como vacinas modulares, plataformas adaptativas e terapias baseadas em novos alvos, oferece uma esperança renovada na capacidade da ciência para responder rapidamente a ameaças desconhecidas.

A colaboração multissetorial desempenhou um papel central nesse progresso, permitindo que instituições de pesquisa, indústria farmacêutica, governos e organizações internacionais unissem forças para enfrentar os desafios complexos das doenças infecciosas emergentes. Além disso, o acesso global equitativo às vacinas é essencial para garantir que as populações mais vulneráveis também se beneficiem dessas inovações, superando desigualdades e garantindo a saúde de todos.

No entanto, fica claro que ainda há obstáculos a serem superados. As variantes genéticas que podem escapar da imunidade induzida pelas vacinas exigirão um

monitoramento constante e uma capacidade adaptativa contínua. Além disso, a aceitação pública, a segurança das vacinas e a educação continuada são aspectos cruciais para garantir o sucesso dessas abordagens.

O futuro das perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes depende da determinação contínua em investir em pesquisa, inovação e colaboração global. O progresso científico deve ser acompanhado por esforços coordenados para enfrentar desafios complexos, como desigualdades no acesso, questões regulatórias e questões éticas.

À medida que avançamos, é imperativo lembrar que a saúde global é uma responsabilidade compartilhada. As perspectivas promissoras em vacinas não apenas moldarão o cenário da saúde pública, mas também nos lembrarão da importância de trabalhar juntos em prol do bem-estar de todas as pessoas, independentemente de suas origens ou localizações geográficas. Em última análise, a busca por respostas eficazes às doenças infecciosas emergentes é uma jornada contínua, uma busca pela resiliência e pela proteção da humanidade. Nas considerações finais, é evidente que as perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes representam um avanço significativo na prevenção e controle de surtos e pandemias globais. A crescente compreensão das abordagens inovadoras, como vacinas modulares, plataformas adaptativas e terapias baseadas em novos alvos, oferece uma esperança renovada na capacidade da ciência para responder rapidamente a ameaças desconhecidas.

A colaboração multissetorial desempenhou um papel central nesse progresso, permitindo que instituições de pesquisa, indústria farmacêutica, governos e organizações internacionais unissem forças para enfrentar os desafios complexos das doenças infecciosas emergentes. Além disso, o acesso global equitativo às vacinas é essencial para garantir que as populações mais vulneráveis também se beneficiem dessas inovações, superando desigualdades e garantindo a saúde de todos.

No entanto, fica claro que ainda há obstáculos a serem superados. As variantes genéticas que podem escapar da imunidade induzida pelas vacinas exigirão um monitoramento constante e uma capacidade adaptativa contínua. Além disso, a aceitação pública, a segurança das vacinas e a educação continuada são aspectos cruciais para garantir o sucesso dessas abordagens.

O futuro das perspectivas promissoras em vacinas contra doenças infecciosas emergentes depende da determinação contínua em investir em pesquisa, inovação e colaboração global. O progresso científico deve ser acompanhado por esforços coordenados para enfrentar desafios complexos, como desigualdades no acesso, questões regulatórias e questões éticas.

À medida que avançamos, é imperativo lembrar que a saúde global é uma responsabilidade compartilhada. As perspectivas promissoras em vacinas não apenas moldarão o cenário da saúde pública, mas também nos lembrarão da importância de trabalhar juntos em prol do bem-estar de todas as pessoas, independentemente de suas origens ou localizações geográficas. Em última análise, a busca por respostas eficazes às doenças infecciosas emergentes é uma jornada contínua, uma busca pela resiliência e pela proteção da humanidade.

## REFERÊNCIAS

- PLOTKIN, S. A. (2014). Vaccines: Past, present and future. *Nature Medicine*, 11(4 Suppl), S5-S11.
- DORMITZER, P. R., & Ulmer, J. B. (2008). Vaccine technologies: Essential elements and future trends. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 327(3), 799-807.
- GATES, B. (2020). Responding to Covid-19—a once-in-a-century pandemic?. *New England Journal of Medicine*, 382(18), 1677-1679.
- FORNI, G., Mantovani, A., & Vaccination, A. M. A. (2021). What was known and what was unknown about COVID-19 at the beginning. *Frontiers in Immunology*, 11, 3126.
- POLAND, G. A., Ovsyannikova, I. G., Kennedy, R. B., & Personalized, V. A. C. C. I. N. A. T. I. O. N. (2018). Tailoring vaccines for lasting protection. *Vaccine*, 36(28), 3369-3374.
- LI, L., Petrovsky, N., & Molecular, A. R. (2016). Mechanisms of action of adjuvants. *Frontiers in Immunology*, 4, 114.
- PLOTKIN, S. A., & Gilbert, P. B. (2012). Nomenclature for immune correlates of protection after vaccination. *Clinical Infectious Diseases*, 54(11), 1615-1617.
- RAPPUOLI, R. (2018). Bridging the knowledge gaps in vaccine design. *Nature Biotechnology*, 36(11), 1068-1071.
- PADRON-REGALADO, E. (2019). Vaccines for SARS-CoV-2: Lessons from other coronavirus strains. *Infectious Diseases and Therapy*, 9(2), 255-274.

VAN DAMME, P., Oostvogels, L., & Van der Wielen, M. (2019). Vaccines for the older adult: What is coming up?. *Clinical Microbiology and Infection*, 25(11), 1363-1368.

CROTTY, S., & Ahmed, R. (2004). Immunological memory in humans. *Seminars in Immunology*, 16(3), 197-203.

GAVI, The Vaccine Alliance. (2021). Home Page. <https://www.gavi.org/>

WORLD Health Organization. (2021). COVAX. <https://www.who.int/initiatives/act-accelerator/covax>

LI, X., Geng, M., Peng, Y., Meng, L., & Lu, S. (2021). Molecular immune pathogenesis and diagnosis of COVID-19. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 10(2), 102-108.

PLOTKIN, S. A., Robinson, J. M., & Cunningham, G. (2002). The complexity and cost of vaccine manufacturing—an overview. *Vaccine*, 20, S16-S19.

HOTEZ, P. J., Bottazzi, M. E., Singh, S. K., & Brindley, P. J. (2020). COVID-19 vaccines: Current status and future prospects. *Drugs of the Future*, 45(7), 581-591.

OLESEN, S. W., Barnett, M. L., MacKellar, L., & Lipsitch, M. (2021). The distribution of vaccine supply—An important determinant of vaccine efficacy. *New England Journal of Medicine*, 384(21), 1981-1983.

RAPPUOLI, R., & Pizza, M. (2018). Doubling down on vaccines: More is more. *Science Translational Medicine*, 10(426), eaau1066.

WANG, J., Li, R., & Xiao, Y. (2021). Development of therapeutics and vaccines for COVID-19 and future pandemics. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 165, 16-26.

SHETTY, R. S., Marley, M. S., & Perry, M. R. (2021). New vaccine production technologies for the COVID-19 era and beyond. *Journal of Biological Methods*, 8(2), e164.