

APERFEIÇOAMENTO EM VACINAS



O que são vacinas: definição e histórico geral

As vacinas representam um dos maiores avanços da medicina moderna, sendo instrumentos essenciais na prevenção de doenças infecciosas e no controle de epidemias em escala global. A compreensão do que são as vacinas e de como elas surgiram exige uma breve viagem pela história da imunização e da microbiologia, além de uma noção dos princípios básicos do funcionamento do sistema imunológico humano.

Definição de vacinas

Vacinas são substâncias biológicas preparadas a partir de agentes infecciosos atenuados, inativados, mortos ou de fragmentos desses agentes. O objetivo da aplicação de uma vacina é induzir o organismo a produzir uma resposta imunológica específica, criando assim uma “memória imunológica” que permitirá uma reação rápida e eficiente diante de um eventual contato futuro com o microrganismo causador da doença.

Em termos simples, ao simular uma infecção de maneira segura, a vacina “ensina” o sistema imunológico a reconhecer e combater o patógeno real caso ele venha a invadir o corpo no futuro. Essa capacidade de prevenção fez das vacinas um instrumento crucial na promoção da saúde coletiva e na erradicação ou controle de doenças antes responsáveis por altas taxas de mortalidade, especialmente entre crianças.

Origens históricas da vacinação

A história das vacinas remonta a práticas muito anteriores à medicina moderna. No século X, registros da China e da Índia indicam que já se

realizavam tentativas rudimentares de imunização contra a varíola, por meio da introdução de crostas secas da doença em indivíduos saudáveis. Essa técnica, chamada de variolação, visava provocar uma forma branda da doença para gerar proteção duradoura. Embora eficaz em alguns casos, esse método apresentava riscos significativos, pois envolvia o uso de material infeccioso vivo.

O marco fundamental na história das vacinas ocorreu no final do século XVIII, com os experimentos do médico inglês Edward Jenner. Em 1796, Jenner observou que mulheres que ordenhavam vacas contaminadas com varíola bovina (cowpox) não adoeciam com a forma grave da varíola humana. A partir disso, inoculou secreções de lesões de cowpox em um garoto saudável, que posteriormente demonstrou imunidade à varíola humana. Essa descoberta deu origem ao termo “vacina”, derivado de vacca, palavra em latim para vaca.

Já no século XIX, Louis Pasteur aprofundou os fundamentos científicos da vacinação ao demonstrar que microrganismos atenuados poderiam ser utilizados para induzir imunidade de forma segura. Pasteur desenvolveu vacinas contra o antraz e a raiva, e foi o responsável por cunhar o termo “vacinação” em homenagem a Jenner. Suas contribuições inauguraram uma nova era na medicina preventiva e abriram caminho para o desenvolvimento de outras vacinas ao longo do século XX.

Avanços modernos e impacto global

O século XX foi marcado por uma verdadeira revolução na imunização. Com o avanço da microbiologia, da biotecnologia e da farmacologia, foram

desenvolvidas vacinas contra uma ampla gama de doenças, como poliomielite, tétano, difteria, sarampo, rubéola, hepatite B, entre outras. A criação de programas nacionais e internacionais de imunização, como o Programa Ampliado de Imunizações da Organização Mundial da Saúde (OMS), contribuiu significativamente para reduzir a incidência de doenças infecciosas em diversos países, especialmente em regiões de baixa renda.

Um dos maiores triunfos das vacinas foi a erradicação da varíola, oficialmente declarada em 1980. Este feito histórico foi resultado de uma campanha de vacinação massiva e coordenada internacionalmente, demonstrando o potencial das vacinas para transformar a saúde global.

Nos tempos recentes, novas tecnologias têm impulsionado a criação de vacinas mais seguras, rápidas e eficazes. Um exemplo emblemático é o desenvolvimento de vacinas baseadas em RNA mensageiro (mRNA), como as usadas contra a COVID-19. Essa inovação representa uma mudança de paradigma e abre perspectivas para imunizações contra doenças que ainda desafiam a ciência médica, como o HIV e certos tipos de câncer.

Considerações finais

A história das vacinas é uma narrativa de descobertas científicas, perseverança humana e solidariedade global. Elas não apenas protegem indivíduos, mas desempenham papel central na saúde pública, ao interromperem cadeias de transmissão e prevenir surtos epidêmicos. Ainda que enfrentem resistências em determinados contextos sociais e culturais, as vacinas continuam sendo um dos pilares mais sólidos da medicina preventiva moderna.

O conhecimento sobre vacinas — desde suas definições até o percurso histórico de seu desenvolvimento — é essencial para fortalecer a confiança da população na ciência e no sistema de saúde. Em um mundo cada vez mais globalizado, com o surgimento de novas doenças infecciosas, a educação em saúde sobre imunização torna-se uma necessidade coletiva e estratégica para o futuro da humanidade.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, L. O. M. et al. Vacinas: fundamentos e aplicações. São Paulo: Atheneu, 2018.
- BAZZO, M. L.; SILVA, L. L. História da vacinação: de Jenner à contemporaneidade. Revista Saúde em Debate, v. 44, n. 126, 2020.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação. 5ª ed. Brasília: MS, 2014.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). The History of Vaccines. Geneva: WHO, 2020.
- ROSEN, G. Uma História da Saúde Pública. São Paulo: UNESP, 1994.

Conceito de imunidade: natural, ativa e passiva

A imunidade é o conjunto de mecanismos biológicos que permite ao organismo reconhecer e se defender contra agentes estranhos, como bactérias, vírus, fungos, parasitas e substâncias potencialmente nocivas. Trata-se de um sistema complexo e dinâmico que protege o corpo humano contra infecções e garante a manutenção da saúde. Entender os diferentes tipos de imunidade — natural, ativa e passiva — é fundamental para a compreensão do funcionamento do sistema imunológico e das estratégias de prevenção de doenças, como as vacinas.

O que é imunidade?

O termo “imunidade” deriva do latim *immunitas*, que designava a isenção de obrigações legais ou tributos. No campo da medicina, passou a significar a capacidade do organismo de resistir a infecções. A imunidade envolve diversas células, tecidos e órgãos que atuam de forma coordenada para reconhecer invasores e neutralizá-los antes que causem danos significativos.

O sistema imunológico possui duas grandes divisões: a imunidade inata (ou natural), que representa a primeira linha de defesa do organismo, e a imunidade adquirida (ou adaptativa), que se desenvolve ao longo da vida após exposições a agentes patogênicos ou por meio da vacinação. Dentro desse escopo, é possível classificar a imunidade como natural, ativa ou passiva, conforme a origem da proteção imunológica.

Imunidade natural

A imunidade natural, também chamada de imunidade inata, é aquela com a qual o indivíduo já nasce. Trata-se de uma forma de defesa inespecífica, ou seja, não depende do reconhecimento de um agente invasor específico.

Essa imunidade está presente desde o nascimento e oferece proteção imediata contra uma variedade de patógenos.

Os componentes da imunidade natural incluem barreiras físicas como a pele e as mucosas, barreiras químicas como o pH ácido do estômago, e elementos celulares como os macrófagos, neutrófilos e células natural killer. Esses mecanismos agem rapidamente para conter infecções antes que elas se estabeleçam ou se espalhem pelo corpo.

No entanto, por ser inespecífica, a imunidade natural não gera memória imunológica. Isso significa que, mesmo que o organismo consiga neutralizar um agente patogênico na primeira exposição, ele não estará necessariamente mais preparado para enfrentá-lo novamente no futuro.

Imunidade ativa

A imunidade ativa ocorre quando o próprio organismo é estimulado a produzir uma resposta imunológica específica após o contato com um antígeno, que pode ser um microrganismo vivo, inativado ou parte dele.

Esse tipo de imunidade pode ocorrer de forma natural ou induzida:

□ **Imunidade ativa natural:** desenvolve-se quando uma pessoa contrai uma infecção e o sistema imunológico responde produzindo anticorpos e células de defesa. Após a recuperação, o organismo

mantém a memória imunológica, o que facilita a defesa em futuras exposições.

□ **Imunidade ativa artificial:** é adquirida por meio da vacinação. Ao receber uma vacina, o corpo entra em contato com uma forma segura do agente infeccioso, que estimula a produção de anticorpos e a formação de células de memória sem causar a doença. Esse é o princípio básico das estratégias de imunização em saúde pública.

A principal vantagem da imunidade ativa é sua durabilidade. Em muitos casos, a proteção conferida por ela pode durar anos ou mesmo a vida toda. No entanto, o processo de desenvolvimento da resposta imune ativa exige tempo, o que significa que o indivíduo pode não estar imediatamente protegido nas fases iniciais da exposição.

Imunidade passiva

Diferente da imunidade ativa, a imunidade passiva ocorre quando os anticorpos são transferidos de uma fonte externa para o indivíduo, proporcionando proteção imediata, mas temporária. Esse tipo de imunidade também pode ser natural ou artificial:

□ **Imunidade passiva natural:** acontece durante a gestação, quando anticorpos da mãe atravessam a placenta e protegem o feto contra infecções. Após o nascimento, o leite materno continua a fornecer anticorpos, principalmente do tipo IgA, que ajudam a proteger o bebê nos primeiros meses de vida.

□ **Imunidade passiva artificial:** é obtida por meio da administração de anticorpos prontos, como as imunoglobulinas humanas ou soros heterólogos. Essa abordagem é utilizada em situações de risco iminente, como após exposição a toxinas, vírus ou venenos, quando

o tempo de resposta da imunidade ativa seria insuficiente.

Embora a imunidade passiva ofereça proteção imediata, ela não estimula a produção de memória imunológica. Por isso, sua eficácia está limitada ao tempo de permanência dos anticorpos no organismo, geralmente algumas semanas ou meses.

Considerações finais

A distinção entre os diferentes tipos de imunidade — natural, ativa e passiva — permite compreender como o corpo humano se defende contra as doenças e como os profissionais de saúde podem intervir de forma preventiva ou terapêutica. A imunidade natural atua como barreira inicial, enquanto a imunidade ativa oferece uma proteção de longo prazo baseada na produção de anticorpos e células de memória. Já a imunidade passiva se destaca por sua ação rápida, porém transitória.

A compreensão desses mecanismos é essencial para embasar políticas de saúde pública, orientar práticas clínicas e, sobretudo, promover o uso consciente de estratégias como a vacinação. Em um cenário global marcado pela circulação de novos patógenos e pelo ressurgimento de doenças controladas, o conhecimento sobre imunidade deve ser disseminado amplamente como forma de fortalecer a confiança na ciência e garantir a proteção coletiva.

Referências Bibliográficas

□ ROITT, I. M.; BROSTOFF, J.; MALE, D. K. Imunologia. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

- ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H. Imunologia Básica: funções e distúrbios do sistema imune. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2020.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Manual de Imunização: fundamentos e práticas. Brasília: MS, 2014.
- JANWAY, C. A. et al. Imunobiologia: o sistema imune na saúde e na doença. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- OMS – Organização Mundial da Saúde. Immunization Essentials: A Practical Field Guide. Geneva: WHO, 2018.



Importância da vacinação para a saúde pública

A vacinação é considerada uma das intervenções em saúde pública mais eficazes, seguras e custo-benefício vantajosas da história da medicina. Sua importância transcende a proteção individual, contribuindo para a redução da carga de doenças transmissíveis, a prevenção de surtos e epidemias, o fortalecimento da imunidade coletiva e, em casos emblemáticos, a erradicação de enfermidades. Em um mundo interconectado, onde agentes infecciosos podem se disseminar rapidamente, a imunização em massa desempenha papel estratégico para a manutenção da saúde global.

Papel preventivo da vacinação

O principal objetivo da vacinação é prevenir o adoecimento antes que ele ocorra. Por meio da estimulação controlada do sistema imunológico, vacinas preparam o organismo para reagir com rapidez e eficiência à exposição real a vírus, bactérias ou toxinas. Essa ação preventiva evita complicações, internações hospitalares, sequelas e mortes, especialmente em grupos mais vulneráveis como crianças, idosos, gestantes e pessoas imunocomprometidas.

Além da proteção individual, a vacinação tem impacto direto na proteção comunitária. Quando uma parcela significativa da população está imunizada contra uma determinada doença, reduz-se drasticamente a sua circulação no ambiente, dificultando a transmissão mesmo para os não vacinados. Este fenômeno, conhecido como imunidade de rebanho ou imunidade coletiva, é fundamental para proteger aqueles que não podem receber determinadas vacinas por razões médicas, como alergias severas ou

imunossupressão.

Redução de doenças e mortalidade

Ao longo do século XX e início do XXI, a implementação de programas de imunização resultou em quedas expressivas na incidência de diversas doenças. Casos como a varíola — erradicada em 1980 graças à vacinação em massa — e a drástica redução de poliomielite, sarampo, difteria, coqueluche e rubéola são provas concretas da eficácia das vacinas. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), as campanhas de vacinação evitam, todos os anos, entre 2 a 3 milhões de mortes no mundo.

No Brasil, o Programa Nacional de Imunizações (PNI), criado em 1973, é considerado referência internacional. Ao garantir acesso gratuito a uma ampla variedade de vacinas no Sistema Único de Saúde (SUS), o PNI tem promovido não apenas a proteção da população, mas também a equidade no cuidado em saúde, combatendo desigualdades históricas em diferentes regiões do país.

Vacinação como estratégia de controle epidemiológico

Além de prevenir doenças, a vacinação tem papel decisivo no controle de surtos e na contenção de pandemias. Durante situações de emergência sanitária, como ocorreu com a pandemia de COVID-19, a rápida produção e distribuição de vacinas tornou-se a principal estratégia para reduzir a mortalidade e a pressão sobre os sistemas de saúde. Ainda que desafios logísticos, tecnológicos e políticos dificultem a imunização global em larga escala, a vacinação é apontada como o caminho mais eficiente e sustentável para restaurar a normalidade em períodos de crise.

Outro aspecto importante é o monitoramento contínuo da cobertura vacinal. A queda nos índices de vacinação, por desinformação ou complacência, pode favorecer o ressurgimento de doenças anteriormente controladas. Casos recentes de surtos de sarampo em países que já haviam eliminado a doença são exemplos claros das consequências da baixa adesão aos programas de imunização.

Custo-efetividade e impacto socioeconômico

A vacinação também representa uma estratégia de alta eficiência econômica. Estudos realizados por instituições internacionais como a OMS, o Banco Mundial e a Aliança Gavi indicam que cada dólar investido em programas de imunização retorna múltiplas vezes em benefícios econômicos, ao evitar custos com tratamentos, internações e perda de produtividade.

Do ponto de vista social, vacinas contribuem para o desenvolvimento sustentável. Ao proteger crianças nos primeiros anos de vida, reduzem-se os índices de mortalidade infantil, melhoram-se as condições de aprendizagem e ampliam-se as chances de inclusão social e econômica a longo prazo. Em adultos, a vacinação permite manter a força de trabalho ativa e saudável, contribuindo para a estabilidade econômica das famílias e das nações.

Enfrentando a hesitação vacinal

Apesar de sua reconhecida eficácia, a vacinação enfrenta atualmente um novo desafio: a hesitação vacinal. Alimentada por desinformação, boatos e teorias da conspiração, a resistência à vacinação ameaça o sucesso das

estratégias de imunização em diversos países. A OMS já classificou a hesitação vacinal como uma das dez maiores ameaças à saúde global.

Diante disso, é essencial investir em campanhas de educação em saúde baseadas em evidências científicas, fortalecendo a confiança da população nos sistemas de saúde, nos profissionais envolvidos e nos benefícios comprovados das vacinas. A transparência na comunicação, o combate ativo à desinformação e o envolvimento de líderes comunitários e profissionais de referência são elementos-chave para reverter esse cenário.

Considerações finais

A vacinação é um pilar da saúde pública moderna. Seus benefícios extrapolam a proteção individual e alcançam impactos estruturais, econômicos e sociais de grande escala. Por meio de estratégias de imunização eficazes e acessíveis, é possível controlar, eliminar ou erradicar doenças, proteger gerações futuras e garantir uma sociedade mais saudável, justa e resiliente.

Valorizar a vacinação é defender o direito coletivo à vida e à saúde. É reconhecer o papel da ciência, da solidariedade e da responsabilidade compartilhada na construção de um futuro mais seguro para todos.

Referências Bibliográficas

- MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação. Brasília: MS, 2014.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Immunization coverage. Geneva: WHO, 2023.

□ PAHO/OPAS. Vacinação: importância para a saúde pública.

Washington, D.C.: OPAS, 2022.

□ GAVI – The Vaccine Alliance. Economic impact of vaccines.

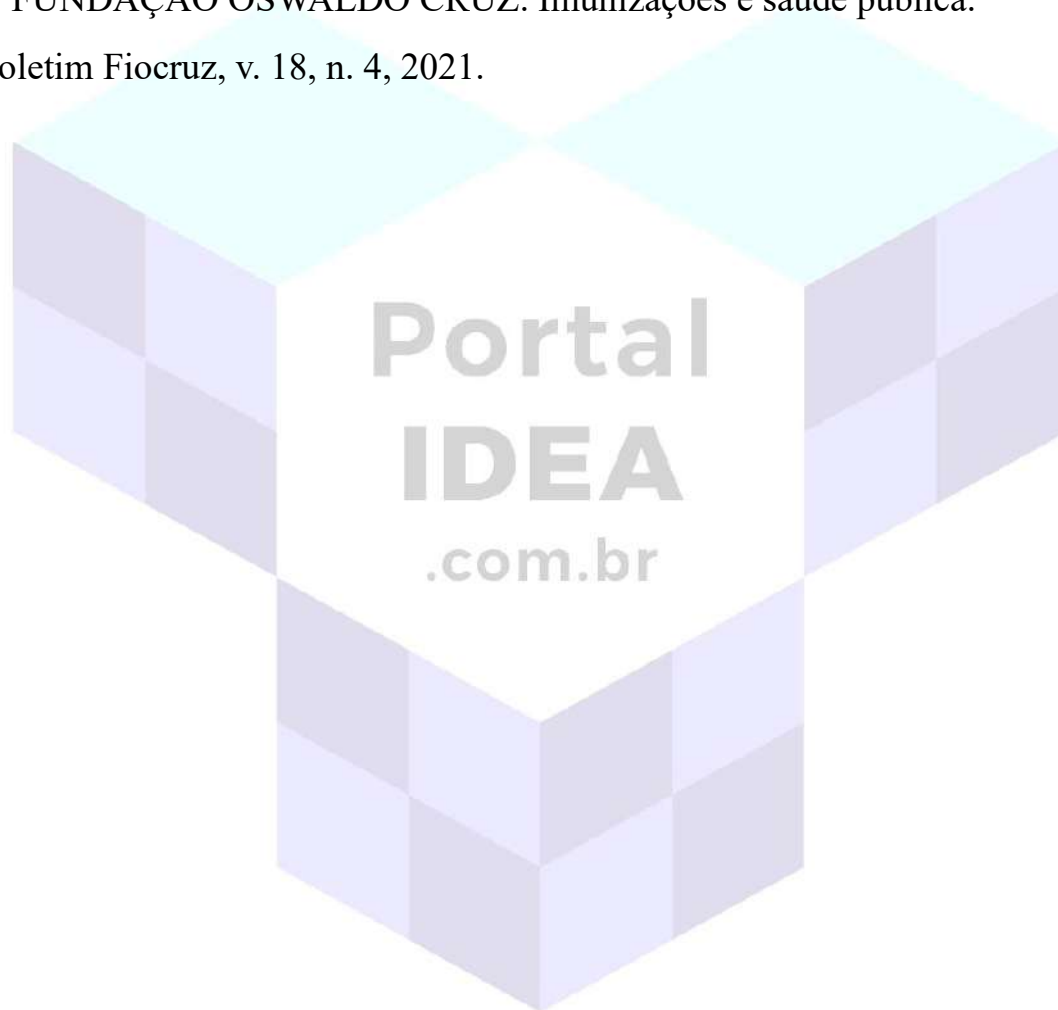
Geneva: Gavi Secretariat, 2021.

□ FIOCRUZ. Vacinação no Brasil: história e desafios. Rio de Janeiro:

Editora Fiocruz, 2020.

□ FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Imunizações e saúde pública.

Boletim Fiocruz, v. 18, n. 4, 2021.



Vacinas atenuadas e inativadas

As vacinas são ferramentas essenciais na promoção da saúde pública, desempenhando papel central na prevenção de doenças infecciosas. Entre os diversos tipos de vacinas existentes, as classificadas como atenuadas e inativadas estão entre as mais tradicionais e amplamente utilizadas ao longo da história da imunização. Compreender suas características, diferenças, vantagens e limitações é fundamental para profissionais de saúde, estudantes e qualquer pessoa interessada no funcionamento das estratégias de prevenção por meio da vacinação.

Definição e princípios gerais

Vacinas são substâncias que estimulam o sistema imunológico a reconhecer e combater agentes patogênicos de forma eficaz. Para isso, utilizam-se fragmentos ou formas modificadas dos próprios agentes infecciosos, como vírus ou bactérias, de modo a induzir uma resposta protetora sem causar a doença propriamente dita.

Nesse contexto, vacinas atenuadas utilizam microrganismos vivos, porém enfraquecidos (atenuados), que foram modificados em laboratório para perderem sua virulência — ou seja, sua capacidade de causar doença grave. Já as vacinas inativadas são compostas por microrganismos mortos, inteiros ou fragmentados, que perderam completamente sua capacidade de replicação, mas ainda são capazes de provocar uma resposta imune no organismo.

Vacinas atenuadas: características e aplicações

As vacinas atenuadas contêm formas vivas de vírus ou bactérias que foram submetidos a processos laboratoriais para reduzir sua patogenicidade. Esses microrganismos ainda conseguem se replicar no organismo humano, mas de maneira controlada e segura, simulando uma infecção natural. Isso gera uma resposta imunológica robusta e duradoura, frequentemente com produção de anticorpos e ativação de células de memória.

Entre os exemplos mais conhecidos de vacinas atenuadas estão:

- ☐ Vacina contra o sarampo, caxumba e rubéola (tríplice viral);
- ☐ Vacina contra a febre amarela;
- ☐ Vacina oral contra a poliomielite (Sabin);
- ☐ Vacina contra a varicela (catapora);
- ☐ Vacina BCG, utilizada para prevenção das formas graves da tuberculose.

As vacinas atenuadas oferecem a vantagem de induzir imunidade prolongada com uma ou poucas doses, devido à sua capacidade de replicação e de estimular intensamente o sistema imune. No entanto, não são recomendadas para pessoas imunocomprometidas ou em situações especiais, como gestantes, devido ao risco, ainda que pequeno, de reverterem à forma virulenta ou provocarem reações adversas em organismos mais frágeis.

Vacinas inativadas: características e aplicações

As vacinas inativadas, por outro lado, são formuladas a partir de microrganismos que foram completamente mortos ou desativados por calor,

radiação ou agentes químicos, como o formaldeído. Essas vacinas não possuem capacidade de replicação, o que as torna especialmente seguras para todos os públicos, incluindo imunossuprimidos e gestantes.

Por não se replicarem no organismo, as vacinas inativadas geralmente requerem mais de uma dose (esquema primário seguido de reforços) para garantir uma resposta imunológica eficaz e duradoura. Além disso, é comum o uso de adjuvantes — substâncias que potencializam a resposta imune — em sua composição.

Exemplos importantes de vacinas inativadas incluem:

- ☐ Vacina contra a hepatite A;
- ☐ Vacina contra a raiva;
- ☐ Vacina contra a poliomielite inativada (Salk);
- ☐ Vacina contra a gripe (influenza);
- ☐ Vacinas contra coqueluche, difteria e tétano (em forma combinada, como a DTP, sendo inativadas ou acelulares).

A principal vantagem das vacinas inativadas é a segurança. Como o agente vacinal está morto, não há risco de causar a doença, mesmo em populações vulneráveis. Por outro lado, sua eficácia depende de múltiplas aplicações e, em alguns casos, pode haver resposta imunológica menos duradoura em comparação às vacinas atenuadas.

Considerações práticas e escolha do tipo vacinal

A escolha entre o uso de vacinas atenuadas ou inativadas depende de diversos fatores, incluindo o perfil da população-alvo, a situação epidemiológica, os recursos logísticos disponíveis e os objetivos do

programa de vacinação.

Vacinas atenuadas, por exemplo, tendem a ser preferidas em campanhas de vacinação em massa para rápida contenção de surtos, especialmente em locais com infraestrutura limitada, uma vez que proporcionam imunidade prolongada com poucas doses. No entanto, exigem maior cuidado no transporte e armazenamento, pois são sensíveis a variações de temperatura, o que exige manutenção rigorosa da cadeia de frio.

Vacinas inativadas, por sua vez, são mais estáveis e seguras, podendo ser armazenadas e transportadas com maior facilidade. São ideais para uso em pessoas com sistema imunológico comprometido e em programas de imunização de rotina, especialmente quando é possível garantir o cumprimento do esquema vacinal completo.

Ambos os tipos de vacina são indispensáveis nas estratégias globais de imunização e complementares entre si. O desenvolvimento contínuo de tecnologias vacinais, incluindo plataformas genéticas, vetores virais e vacinas recombinantes, busca aliar a eficácia das vacinas atenuadas à segurança das inativadas, otimizando os resultados para diferentes contextos.

Considerações finais

Vacinas atenuadas e inativadas representam marcos fundamentais no controle e na erradicação de doenças infecciosas ao longo do tempo. Cada uma possui características específicas que devem ser consideradas na elaboração de programas de imunização, sempre com base em critérios de

segurança, eficácia e contexto epidemiológico.

Entender o funcionamento desses dois modelos de vacina é essencial para a promoção da confiança da população na vacinação, para o enfrentamento da desinformação e para a tomada de decisões embasadas por parte dos profissionais de saúde. A imunização não é apenas uma ferramenta médica — é uma estratégia coletiva de proteção, solidariedade e responsabilidade social.

Referências Bibliográficas

- MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação. 5ª ed. Brasília: MS, 2014.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Types of vaccines. Geneva: WHO, 2021.
- FIOCRUZ. Guia de Imunização: vacinas atenuadas e inativadas. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2020.
- PLOTKIN, S.; ORENSTEIN, W.; OFFIT, P. A. Vaccines. 7th ed. Philadelphia: Elsevier, 2018.
- ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H. Imunologia Celular e Molecular. 9ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.

Vacinas de subunidade, conjugadas e de RNA

O desenvolvimento de vacinas tem evoluído significativamente nas últimas décadas, com a incorporação de novas tecnologias que ampliaram as opções para a prevenção de doenças infecciosas. Entre essas inovações, destacam-se as vacinas de subunidade, as vacinas conjugadas e as vacinas baseadas em RNA mensageiro (mRNA). Essas abordagens modernas representam um avanço importante em relação às vacinas tradicionais, pois oferecem maior segurança, especificidade e, em alguns casos, uma resposta imunológica mais eficaz. Compreender como funcionam esses tipos de vacinas é essencial para entender o futuro da imunização e seus impactos na saúde pública global.

Vacinas de subunidade

As vacinas de subunidade contêm apenas partes específicas do agente patogênico — geralmente proteínas ou polissacarídeos — que são reconhecidas pelo sistema imunológico como antígenos. Ao contrário das vacinas inativadas ou atenuadas, que utilizam o microrganismo inteiro (vivo ou morto), as vacinas de subunidade são compostas por fragmentos purificados e selecionados por sua capacidade de induzir uma resposta imune.

Esse tipo de vacina é altamente seguro, pois não há risco de que o patógeno provoque a doença, mesmo em pessoas com imunidade comprometida. No entanto, como os fragmentos isolados podem gerar uma resposta imune menos robusta do que os microrganismos inteiros, essas vacinas geralmente requerem o uso de adjuvantes — substâncias que potencializam a resposta

imunológica — e podem necessitar de múltiplas doses para garantir proteção duradoura.

Exemplos de vacinas de subunidade incluem:

- ☐ Vacina contra a hepatite B, composta por antígenos de superfície do vírus;
- ☐ Vacina contra o HPV, que utiliza proteínas do capsídeo viral;
- ☐ Vacina contra o herpes-zóster, em sua formulação recombinante.

As vacinas de subunidade são resultado da aplicação de técnicas avançadas de biotecnologia, como a engenharia genética, e têm demonstrado alta eficácia e perfil de segurança favorável.

Vacinas conjugadas

As vacinas conjugadas representam uma evolução das vacinas de subunidade, especialmente no caso de antígenos polissacarídicos. Alguns microrganismos, como certas bactérias, possuem cápsulas compostas por polissacarídeos que são pouco imunogênicos, ou seja, geram respostas imunes fracas, principalmente em crianças pequenas.

Para superar essa limitação, os polissacarídeos desses microrganismos são ligados quimicamente a uma proteína transportadora, formando um “conjugado”. Essa combinação estimula uma resposta imune mais eficaz e duradoura, com a geração de memória imunológica, mesmo em populações vulneráveis.

As vacinas conjugadas desempenham papel fundamental na prevenção de infecções bacterianas graves, como meningites e pneumonias. **Entre os exemplos mais relevantes estão:**

- ☐ Vacina contra o *Haemophilus influenzae* tipo b (Hib);
- ☐ Vacina pneumocócica conjugada (contra *Streptococcus pneumoniae*);
- ☐ Vacina meningocócica conjugada (contra *Neisseria meningitidis*).

Além de proteger os indivíduos vacinados, essas vacinas contribuem para a redução da circulação dos patógenos na comunidade, promovendo imunidade de rebanho e impactando positivamente os indicadores de saúde pública.

Vacinas de RNA mensageiro (mRNA)

As vacinas de RNA mensageiro representam uma inovação disruptiva no campo da imunização. Diferente das abordagens convencionais, elas não contêm fragmentos do vírus ou bactéria, mas sim instruções genéticas codificadas em uma molécula de mRNA. Esse material genético é introduzido nas células do corpo humano, que passam a produzir temporariamente uma proteína específica do agente infeccioso — geralmente uma proteína de superfície, como a proteína Spike do SARS-CoV-2, causador da COVID-19.

Essa proteína é então reconhecida como estranha pelo sistema imunológico, desencadeando a produção de anticorpos e a ativação de células de defesa, criando assim imunidade contra o patógeno real.

Entre as principais características das vacinas de mRNA, destacam-se:

- Alta segurança, pois não utilizam vírus vivos nem material infeccioso;
- Rápido desenvolvimento, uma vez que a tecnologia permite desenhar vacinas com base apenas na sequência genética do agente;
- Possibilidade de atualização ágil, especialmente útil em surtos com variantes virais.

O exemplo mais conhecido de vacinas mRNA são as vacinas contra a COVID-19 desenvolvidas pelas empresas Pfizer-BioNTech e Moderna. Ambas mostraram altíssima eficácia em estudos clínicos e tiveram papel central no enfrentamento da pandemia global iniciada em 2020.

Apesar do sucesso, vacinas de mRNA exigem infraestrutura adequada para conservação, pois são sensíveis ao calor e requerem temperaturas extremamente baixas para armazenamento. Pesquisas em andamento buscam superar esses desafios e expandir o uso da tecnologia para outras doenças, como HIV, Zika, gripe e até certos tipos de câncer.

Considerações finais

As vacinas de subunidade, conjugadas e de RNA representam avanços significativos no campo da imunologia e da saúde pública. Cada uma dessas tecnologias traz características próprias, que influenciam sua segurança, eficácia, modo de produção e estratégias de aplicação em diferentes populações.

A combinação desses recursos permite ampliar o alcance da vacinação, protegendo grupos antes vulneráveis e respondendo com agilidade a novos desafios epidemiológicos. À medida que a ciência avança, essas vacinas se tornam peças-chave na construção de sistemas de saúde mais resilientes,

equitativos e preparados para o enfrentamento de futuras pandemias.

Investir no desenvolvimento, produção e distribuição equitativa dessas vacinas é, portanto, uma prioridade estratégica para governos, organizações internacionais e instituições de pesquisa, com impacto direto na redução de desigualdades e na promoção do direito à saúde.

Referências Bibliográficas

- MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação. Brasília: MS, 2014.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Vaccine types and platforms. Geneva: WHO, 2021.
- PLOTKIN, S. A.; ORENSTEIN, W. A.; OFFIT, P. A. Vaccines. 7th ed. Philadelphia: Elsevier, 2018.
- FIOCRUZ. Guia sobre novas plataformas vacinais. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2021.
- CDC – Centers for Disease Control and Prevention. Understanding mRNA COVID-19 vaccines. Atlanta: CDC, 2022.
- GAVI – The Vaccine Alliance. Conjugate vaccines explained. Geneva: Gavi, 2021.

Vantagens e desvantagens de cada tipo de vacina

As vacinas são produtos biológicos que estimulam o sistema imunológico a reconhecer e combater agentes infecciosos, prevenindo doenças e contribuindo para a saúde pública. Com os avanços científicos, diversas tecnologias foram desenvolvidas para a produção de vacinas, cada uma com suas características próprias, vantagens e limitações. Entre os principais tipos de vacinas, destacam-se as vacinas atenuadas, inativadas, de subunidade, conjugadas e de RNA mensageiro. Compreender os benefícios e restrições associados a cada categoria é essencial para decisões estratégicas em campanhas de imunização e desenvolvimento de novos imunobiológicos.

Vacinas atenuadas: prós e contras

As vacinas atenuadas são produzidas com microrganismos vivos que foram enfraquecidos em laboratório, de modo que perdem sua capacidade de causar doença em indivíduos saudáveis, mas ainda conseguem se multiplicar no organismo e desencadear uma resposta imunológica intensa e duradoura.

Vantagens

A principal vantagem das vacinas atenuadas é a sua alta eficácia. Por se replicarem no organismo, esses microrganismos estimulam tanto a resposta imune humoral quanto celular, frequentemente com apenas uma ou duas doses. Além disso, conferem proteção de longa duração, muitas vezes por toda a vida. Outro ponto positivo é a indução de imunidade comunitária, uma vez que o patógeno atenuado pode ser eliminado nas secreções e gerar

proteção indireta em contatos próximos.

Desvantagens

Apesar da eficácia, as vacinas atenuadas apresentam limitações importantes. Podem causar efeitos adversos em indivíduos imunocomprometidos, incluindo pessoas com HIV/AIDS, pacientes oncológicos em quimioterapia ou receptores de transplantes. Além disso, exigem cuidados rigorosos de conservação e transporte, pois são sensíveis à temperatura. Há ainda um risco teórico, embora raro, de reativação do patógeno atenuado e desenvolvimento da doença.

Vacinas inativadas: segurança com múltiplas doses

As vacinas inativadas utilizam microrganismos mortos por calor ou substâncias químicas. Por não conterem agentes vivos, não possuem a capacidade de se replicar, o que garante um elevado grau de segurança.

Vantagens

A principal vantagem das vacinas inativadas é sua segurança, mesmo em pessoas imunocomprometidas, gestantes e lactentes. Elas são estáveis e menos sensíveis ao calor, o que facilita seu armazenamento e transporte, especialmente em regiões com infraestrutura limitada. Além disso, raramente provocam efeitos adversos graves.

Desvantagens

Em contrapartida, a resposta imunológica provocada por vacinas inativadas tende a ser mais fraca e de curta duração. Por isso, geralmente exigem esquemas com múltiplas doses e reforços periódicos. Em muitos casos, é

necessário o uso de adjuvantes para estimular uma resposta imunológica eficaz, o que pode causar reações locais, como dor e vermelhidão no local da aplicação.

Vacinas de subunidade: especificidade com menor risco

As vacinas de subunidade são produzidas a partir de fragmentos purificados do agente infeccioso, geralmente proteínas ou polissacarídeos, que são suficientes para ativar a resposta imunológica sem a presença do microrganismo inteiro.

Vantagens

Elas apresentam excelente perfil de segurança, com baixo risco de efeitos colaterais. Por conterem apenas os componentes essenciais, eliminam a possibilidade de reverterem à forma patogênica, o que as torna ideais para públicos sensíveis. A produção é altamente controlável, com menor risco de contaminação cruzada.

Desvantagens

Como desvantagem, essas vacinas tendem a ser menos imunogênicas, ou seja, provocam resposta imune mais fraca. Normalmente, exigem a adição de adjuvantes e múltiplas doses para garantir a eficácia. Além disso, podem não estimular adequadamente a imunidade celular, fundamental para certos tipos de infecção.

Vacinas conjugadas: eficácia reforçada em crianças

As vacinas conjugadas são uma variação das vacinas de subunidade, nas quais antígenos polissacarídicos — pouco imunogênicos por si só — são

ligados a proteínas transportadoras, que aumentam sua capacidade de induzir resposta imune.

Vantagens

As principais vantagens dessas vacinas incluem a indução de memória imunológica e a proteção eficaz em crianças pequenas, que não respondem bem a vacinas polissacarídicas puras. Também reduzem a colonização do patógeno nas vias aéreas, diminuindo sua transmissão e contribuindo para a imunidade de grupo.

Desvantagens

As vacinas conjugadas apresentam custo de produção elevado devido à complexidade do processo de conjugação. Exigem tecnologia avançada, o que pode dificultar sua fabricação em larga escala em países com menor capacidade tecnológica. Além disso, assim como as vacinas de subunidade, podem necessitar de reforços e adjuvantes.

Vacinas de RNA mensageiro: inovação e rapidez

As vacinas de RNA mensageiro (mRNA) representam uma revolução no campo da imunização. Elas contêm uma sequência genética que codifica uma proteína do patógeno. Ao ser introduzido no organismo, o mRNA é traduzido em proteína, que por sua vez estimula a resposta imune.

Vantagens

As vacinas de mRNA podem ser desenvolvidas e produzidas rapidamente, especialmente em situações de emergência sanitária, como foi observado na pandemia de COVID-19. Possuem alta eficácia, perfil de segurança

favorável e não utilizam componentes infecciosos. São facilmente adaptáveis para novas variantes ou mutações virais.

Desvantagens

Entre as desvantagens, destaca-se a necessidade de armazenamento a temperaturas extremamente baixas, o que impõe desafios logísticos significativos. A tecnologia ainda é relativamente nova e requer monitoramento constante quanto à duração da proteção e à segurança em longo prazo. O custo também tende a ser elevado, especialmente nas primeiras fases de produção.

Considerações finais

Cada tipo de vacina possui um conjunto específico de características que influenciam sua escolha em diferentes contextos epidemiológicos, populacionais e logísticos. As vacinas atenuadas destacam-se pela robustez da resposta imune, mas com restrições para certos grupos. As inativadas oferecem ampla segurança, mas com necessidade de reforços. As de subunidade e conjugadas equilibram segurança e eficácia, sendo ideais para crianças e populações de risco. Já as vacinas de RNA introduzem uma nova era de agilidade e personalização na imunização, embora ainda enfrentem desafios técnicos.

A escolha da vacina ideal depende de uma análise cuidadosa das condições locais de saúde pública, infraestrutura, perfil demográfico e objetivos de controle de doenças. Em muitos casos, o uso combinado de diferentes tipos de vacinas é a estratégia mais eficiente para alcançar ampla cobertura e proteção da população.

Referências Bibliográficas

- PLOTKIN, S. A.; ORENSTEIN, W. A.; OFFIT, P. A. Vaccines. 7th ed. Philadelphia: Elsevier, 2018.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação. Brasília: MS, 2014.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Vaccine types and platforms. Geneva: WHO, 2021.
- FIOCRUZ. Tecnologias vacinais e perspectivas para a saúde pública. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2020.
- CDC – Centers for Disease Control and Prevention. Understanding different types of COVID-19 vaccines. Atlanta: CDC, 2022.

Portal
IDEA
.com.br