Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

OPEN ACCESS

doi.org/10.51891/rease.v12i11.31969

ESTUDO DA MENINGITE PNEUMOCÓCICA: EPIDEMIOLOGIA, PATOGÊNESE E ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO — UMA REVISÃO NARRATIVA

PNEUMOCOCCAL MENINGITIS: EPIDEMIOLOGY, PATHOGENESIS AND PREVENTION STRATEGIES — A NARRATIVE REVIEW

MENINGITIS NEUMOCÓCICA: EPIDEMIOLOGÍA, PATOGÉNESIS Y ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN — UNA REVISIÓN NARRATIVA

Flávio Emmanuel Baqueiro Costa[1]
Taciana Fonseca Braga de Carvalho[2]

RESUMO: A meningite pneumocócica é uma infecção bacteriana grave do sistema nervoso central, associada à mortalidade e a sequelas neurológicas persistentes. Este artigo objetiva analisar as evidências relativas à epidemiologia, à patogênese e às estratégias de prevenção da meningite causada por Streptococcus pneumoniae. Trata-se de revisão narrativa da literatura, fundamentada em publicações clássicas e atuais identificadas em bases biomédicas e documentos técnicos de saúde pública, com prioridade para o período de 2019 a outubro de 2026. A literatura descreve distribuição desigual da doença entre países e faixas etárias, invasão bacteriana das barreiras do sistema nervoso central e resposta inflamatória responsável por parte das lesões teciduais. A vacinação conjugada reduziu a meningite por sorotipos vacinais, embora a substituição de sorotipos e a resistência antimicrobiana permaneçam desafios. Conclui-se que imunização, vigilância microbiológica, diagnóstico oportuno e tratamento adequado constituem estratégias complementares para reduzir a carga da doença.

Palavras-chave: Meningite pneumocócica. Streptococcus pneumoniae. Epidemiologia. Patogênese. Vacinação.

ABSTRACT: Pneumococcal meningitis is a severe bacterial infection of the central nervous system associated with mortality and persistent neurological sequelae. This article aims to analyze evidence concerning the epidemiology, pathogenesis, and prevention strategies of meningitis caused by Streptococcus pneumoniae. This narrative review draws on foundational and current biomedical publications and public health technical documents, prioritizing literature from 2019 to October 2026. Available evidence describes uneven disease burden across countries and age groups, bacterial invasion of central nervous system barriers, and inflammatory responses contributing to tissue injury. Conjugate vaccination has reduced meningitis caused by vaccine serotypes, although serotype replacement and antimicrobial resistance remain challenges. Immunization, microbiological surveillance, timely diagnosis, and appropriate treatment are complementary strategies to reduce disease burden.

Keywords: Pneumococcal meningitis. Streptococcus pneumoniae. Epidemiology. Pathogenesis. Vaccination.

[1] Discente do curso de Medicina no Centro Universitário FAG, Cascavel, Paraná, Brasil.
[2] Docente do curso de Medicina no Centro Universitário FAG, Cascavel, Paraná, Brasil.

RESUMEN: La meningitis neumocócica es una infección bacteriana grave del sistema nervioso central asociada con mortalidad y secuelas neurológicas persistentes. Este artículo tiene como objetivo analizar la evidencia sobre epidemiología, patogénesis y estrategias de prevención de la meningitis causada por Streptococcus pneumoniae. Se trata de una revisión narrativa basada en publicaciones biomédicas fundamentales y actuales y documentos técnicos de salud pública, con prioridad para el período de 2019 a octubre de 2026. La literatura describe una distribución desigual de la enfermedad entre países y grupos de edad, invasión bacteriana de las barreras del sistema nervioso central y respuestas inflamatorias que contribuyen al daño tisular. La vacunación conjugada redujo la meningitis causada por serotipos vacunales, aunque la sustitución de serotipos y la resistencia antimicrobiana siguen representando desafíos. La inmunización, la vigilancia microbiológica, el diagnóstico oportuno y el tratamiento adecuado son estrategias complementarias para reducir la carga de la enfermedad.

Palabras clave: Meningitis neumocócica. Streptococcus pneumoniae. Epidemiología. Patogénesis. Vacunación.

1 INTRODUÇÃO

A meningite pneumocócica consiste em infecção das meninges causada por Streptococcus pneumoniae, diplococo Gram-positivo frequentemente encontrado na nasofaringe humana. Embora a colonização possa permanecer assintomática, determinadas condições favorecem disseminação invasiva, bacteremia e comprometimento do sistema nervoso central (Yang et al., 2025). A doença exige reconhecimento e tratamento precoces, pois pode evoluir rapidamente para instabilidade clínica, lesões neurológicas e óbito. Entre os sobreviventes, podem persistir déficits auditivos, alterações cognitivas e incapacidades funcionais (Viegas et al., 2026). A Organização Mundial da Saúde destaca o impacto prolongado das sequelas de meningite bacteriana sobre a qualidade de vida e os sistemas assistenciais. Assim, a meningite pneumocócica permanece um problema de saúde pública mesmo em contextos de ampla disponibilidade de antimicrobianos (WHO, 2025; Xu et al., 2024).

A distribuição da meningite varia conforme região, idade, acesso aos serviços de saúde e cobertura das ações preventivas. A análise do Global Burden of Disease documenta redução histórica da carga global de meningite, mas também desigualdades relevantes entre populações (Malaisamy; Karikalan; Narayanan, 2026). É necessário distinguir a meningite de todas as etiologias daquela especificamente atribuída ao pneumococo, evitando a transferência indevida de estimativas gerais para uma única causa (Aitmuratova et al., 2025). Além disso, indicadores de doença pneumocócica invasiva englobam apresentações clínicas distintas, como bacteremia, pneumonia bacterêmica e meningite. A comparação entre estudos depende da definição de caso,

da fonte de notificação e do denominador populacional. Essas diferenças justificam uma interpretação crítica dos dados epidemiológicos disponíveis (Xu et al., 2024).

O desenvolvimento das vacinas pneumocócicas conjugadas modificou a ocorrência de infecções provocadas pelos sorotipos incluídos em suas formulações (Jaya; Saragih; Ritarwan, 2024). Entretanto, a diversidade capsular da bactéria constitui obstáculo à proteção uniforme contra todas as linhagens circulantes. A expansão dos programas de imunização pode alterar a composição dos sorotipos responsáveis pela doença, exigindo vigilância contínua. Paralelamente, a resistência aos antimicrobianos limita opções terapêuticas e reforça a importância de protocolos clínicos apoiados na epidemiologia local (Lazarus et al., 2026). No Brasil, a introdução da vacina pneumocócica conjugada 20-valente no Programa Nacional de Imunizações em 2026 acrescenta um elemento atual à discussão sobre estratégias preventivas (BRASIL, 2026).

A compreensão integrada da meningite pneumocócica requer articulação entre distribuição epidemiológica, virulência bacteriana, resposta imune e medidas de prevenção (Xu et al., 2024). Abordagens limitadas a um desses componentes podem ocultar relações relevantes para a saúde pública (Parellada et al., 2023). A atualização do conhecimento é especialmente pertinente diante de alterações dos calendários de vacinação e da circulação de sorotipos não contemplados por imunizantes anteriores (Xu et al., 2024). Nesse contexto, o presente artigo objetiva analisar, mediante revisão narrativa, as evidências sobre a epidemiologia, a patogênese e as estratégias de prevenção da meningite pneumocócica, com atenção às implicações da vacinação e da resistência antimicrobiana.

2 MÉTOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como revisão narrativa da literatura, de natureza descritiva e interpretativa, destinada à contextualização dos conhecimentos sobre meningite pneumocócica. A fundamentação bibliográfica considera literatura clássica e publicações disponíveis até outubro de 2026, com prioridade para trabalhos publicados entre janeiro de 2019 e outubro de 2026. Foram consideradas, como fontes de consulta, as bases PubMed/MEDLINE, SciELO, LILACS/Biblioteca Virtual em Saúde e Google Scholar, além de documentos técnicos da Organização Mundial da Saúde e do Ministério da Saúde. O desenvolvimento contempla os eixos epidemiologia, patogênese e estratégias de prevenção.

3 DISCUSSÃO E RESULTADOS

3.1 Patogênese

A patogênese da meningite pneumocócica começa frequentemente com a colonização da mucosa nasofaríngea. A passagem para doença invasiva depende da interação entre propriedades da bactéria, integridade das barreiras epiteliais e mecanismos de defesa do hospedeiro. Após disseminação hematogênica, o pneumococo pode alcançar estruturas do sistema nervoso central e desencadear inflamação meníngea. A entrada bacteriana envolve adesão a células do hospedeiro e mecanismos de translocação através das barreiras neurovasculares (Xu et al., 2024). Embora modelos experimentais tenham esclarecido etapas importantes, algumas rotas de invasão ainda apresentam incertezas sobre sua predominância em humanos. A heterogeneidade entre modelos animais e infecção clínica exige cautela na extrapolação de mecanismos moleculares (Al-Obaidi et al., 2025).

A cápsula polissacarídica é um dos principais fatores de virulência de Streptococcus pneumoniae. Sua composição varia entre sorotipos e interfere na capacidade de evasão da fagocitose e da deposição de complemento. Proteínas de superfície e adesinas também participam da interação com tecidos do hospedeiro e do estabelecimento da infecção (Al-Obaidi et al., 2025). A expressão desses fatores pode variar entre os estágios de colonização e disseminação (Xu et al., 2024). Consequentemente, a virulência não depende exclusivamente da presença de um componente isolado, mas da combinação entre características bacterianas e respostas do organismo infectado. Essa perspectiva ajuda a compreender diferenças entre sorotipos quanto à invasividade e à apresentação clínica, sem pressupor comportamento uniforme entre linhagens.

A pneumolisina é uma toxina formadora de poros capaz de comprometer membranas celulares e contribuir para lesões teciduais. Sua atividade associa-se à disfunção endotelial e à ativação de vias inflamatórias, ampliando a permeabilidade das barreiras do sistema nervoso central (Narciso et al., 2025). Paralelamente, componentes da parede bacteriana estimulam receptores de reconhecimento de padrões em células imunes e residentes. O recrutamento de leucócitos e a produção de citocinas favorecem a contenção da infecção, mas a resposta inflamatória excessiva pode agravar edema e alterações da microcirculação cerebral (Xu et al., 2024). Assim, parte das sequelas neurológicas decorre da interação entre agressão bacteriana

direta e lesão mediada pelo hospedeiro. Essa dualidade constitui um desafio para terapias adjuvantes destinadas a reduzir danos sem comprometer a defesa antimicrobiana.

A evolução clínica pode incluir aumento da pressão intracraniana, vasculopatias, crises convulsivas e alterações auditivas ou cognitivas persistentes. A gravidade é influenciada pelo intervalo até o tratamento, pelas condições do paciente e pela intensidade da resposta inflamatória. O reconhecimento de sinais compatíveis com meningite bacteriana requer avaliação urgente e investigação microbiológica quando disponível. A análise do líquido cefalorraquidiano, a cultura e os testes moleculares podem contribuir para o diagnóstico, mas o tratamento não deve sofrer atraso injustificado enquanto se aguardam resultados (Jian et al., 2025). Diretrizes recentes da Organização Mundial da Saúde reforçam a integração entre diagnóstico, antibioticoterapia oportuna e acompanhamento das sequelas. Esses aspectos evidenciam que a compreensão da patogênese possui implicações para decisões assistenciais e para o prognóstico (WHO, 2025; WHO, 2026).

3.2 Epidemiologia

A meningite pneumocócica integra o conjunto das doenças pneumocócicas invasivas e apresenta distribuição heterogênea entre regiões e grupos populacionais. As estimativas internacionais da carga de meningite demonstram a persistência de mortalidade e sequelas, apesar de reduções observadas nas últimas décadas. O estudo Global Burden of Disease 2019 identificou diferenças expressivas entre locais e etiologias, enquanto a atualização referente a 2023 reafirmou a relevância do problema (Malaisamy; Karikalan; Narayanan, 2026). Esses levantamentos devem ser interpretados conforme o agente investigado, pois a carga global de meningite inclui outras bactérias e causas infecciosas. Comparações internacionais também são influenciadas por acesso ao diagnóstico, capacidade laboratorial e qualidade da notificação. Portanto, a caracterização epidemiológica do pneumococo depende da vigilância etiológica e não apenas de registros clínicos inespecíficos (Someko et al., 2023).

A idade constitui determinante relevante da vulnerabilidade à doença pneumocócica invasiva. Crianças pequenas apresentam maior exposição à colonização nasofaríngea e dependem da maturação das respostas imunológicas (Brooke; Patel; Agrawal, 2023). Indivíduos idosos podem reunir imunossenescência e comorbidades que agravam a evolução clínica. Também merecem atenção pessoas com imunodeficiências, asplenia anatômica ou funcional, fístulas liquóricas e implantes cocleares (Weil-Oliver et al., 2024). Entretanto, a intensidade do

risco varia conforme a condição predisponente e a proteção vacinal. A avaliação epidemiológica deve distinguir risco de aquisição da infecção e risco de desfechos desfavoráveis após seu estabelecimento. A existência de fatores predisponentes não permite inferir, isoladamente, a distribuição de casos em determinado território (WHO, 2025; Xu et al., 2024).

A introdução de vacinas conjugadas alterou a epidemiologia da meningite pneumocócica em múltiplos países. A análise multicêntrica do projeto PSERENADE reuniu dados de vigilância de 30 países e observou reduções após a introdução das vacinas conjugadas 10-valente e 13-valente. Seis anos após sua implementação, as reduções de meningite em menores de cinco anos variaram de 48% a 74%, conforme o produto vacinal e as condições de comparação. O efeito foi particularmente expressivo contra sorotipos cobertos pelas vacinas (Yang et al., 2025). Essas estimativas não devem ser transpostas automaticamente ao Brasil, pois refletem populações, sistemas de vigilância e calendários distintos. Ainda assim, oferecem evidência relevante da capacidade dos programas de imunização de modificar a ocorrência da doença.

A interpretação temporal da doença requer considerar mudanças na circulação dos sorotipos. A redução de casos associados a sorotipos vacinais pode coexistir com aumento proporcional de sorotipos não incluídos nas formulações utilizadas (Lazarus et al., 2026). Esse fenômeno, denominado substituição de sorotipos, não equivale necessariamente a aumento absoluto de meningite. Sua magnitude depende do local, do período e do desfecho avaliado. O acompanhamento dos sorotipos também deve abranger perfis de resistência, pois alterações na composição das linhagens circulantes podem modificar a susceptibilidade aos antimicrobianos (Yang et al., 2025). Dessa forma, vigilância microbiológica, cobertura vacinal e notificações clínicas precisam ser analisadas de maneira complementar, sem atribuir causalidade a correlações temporais isoladas.

3.3 Estratégias de prevenção

A imunização representa a principal estratégia de prevenção primária da meningite pneumocócica. Vacinas conjugadas apresentam polissacarídeos capsulares ligados a proteínas carreadoras, favorecendo resposta imunológica dependente de linfócitos T e memória imunológica. Esse mecanismo diferencia suas propriedades da vacina polissacarídica não conjugada, cuja resposta possui características imunológicas distintas. As formulações diferem quanto ao número de sorotipos incluídos e às indicações conforme idade, condições clínicas e histórico vacinal. Consequentemente, não é adequado considerar as siglas VPC10, VPC13,

VPC20 e VPP23 como intervenções intercambiáveis. A interpretação de estudos vacinais deve distinguir imunogenicidade, eficácia em estudos controlados, efetividade em programas de saúde e proteção indireta decorrente da redução da circulação de sorotipos (WHO, 2019; Yang et al., 2025).

A ampla utilização das vacinas conjugadas produziu reduções expressivas na meningite causada por sorotipos contemplados. A proteção indireta pode alcançar pessoas não vacinadas quando diminui a circulação dos sorotipos-alvo. Entretanto, o grau de proteção depende da cobertura, da persistência da resposta e da distribuição local das linhagens. A substituição de sorotipos reforça a necessidade de atualizar a composição dos imunizantes e de manter a vigilância após sua introdução (Narsingam; Munson; Drescher, 2022). Resultados de um programa de imunização não oferecem estimativa automática para outros países, sobretudo quando há diferenças nos calendários, na estrutura assistencial e na sensibilidade da vigilância (Yang et al., 2025). Assim, avaliações de impacto devem contemplar séries temporais adequadas e eventuais mudanças demográficas e laboratoriais.

No Brasil, a política de vacinação pneumocócica passou por atualização em 2026 com a introdução da vacina conjugada 20-valente no Programa Nacional de Imunizações. O guia técnico do Ministério da Saúde estabelece transição a partir de junho de 2026, com orientações específicas conforme faixa etária e histórico de doses. Na rotina infantil durante a transição, o documento prevê esquema com VPC20 aos dois meses, VPC10 aos quatro meses e reforço com VPC20 aos 12 meses (Parellada el al., 2023). A ampliação do número de sorotipos contemplados busca aumentar o espectro de proteção frente à doença pneumocócica. Todavia, alterações de cobertura antigênica não permitem concluir, por si só, qual será o impacto epidemiológico futuro. Esse efeito depende da implementação, adesão e vigilância dos sorotipos circulantes (Brasil, 2026).

A prevenção também depende do reconhecimento de grupos com maior risco e do acesso equitativo à vacinação indicada. Pessoas com condições clínicas especiais podem necessitar de esquemas específicos e avaliação nos Centros de Referência para Imunobiológicos Especiais. A comunicação em saúde, a atualização dos registros vacinais e a identificação de oportunidades perdidas de vacinação auxiliam a execução dos programas (Xu et al., 2024). Entretanto, a disponibilidade de vacinas não elimina a necessidade de diagnóstico e tratamento oportunos dos casos suspeitos. Diante de meningite bacteriana, a escolha inicial dos antimicrobianos deve considerar recomendações clínicas e o perfil de resistência local, com revisão posterior conforme

os resultados microbiológicos. A vigilância da resistência integra, portanto, a prevenção de complicações e o aprimoramento da resposta assistencial (Brasil, 2026; WHO, 2025).

A resistência antimicrobiana representa preocupação adicional, sobretudo pela necessidade de exposição adequada dos agentes terapêuticos no sistema nervoso central. Uma revisão sistemática com metanálise publicada em 2026 identificou heterogeneidade regional importante na resistência de isolados de pneumococo associados à meningite. As estimativas globais agregadas foram de 27,4% para benzilpenicilina e 8,8% para cefalosporinas de terceira geração, com diferenças expressivas entre regiões. Esses percentuais refletem os critérios e locais incluídos na revisão, não constituindo taxas brasileiras atuais. Além disso, critérios de interpretação da susceptibilidade podem variar conforme o sítio de infecção (Lazarus et al., 2026). Portanto, a seleção terapêutica precisa ser fundamentada em diretrizes clínicas e dados microbiológicos apropriados, evitando generalizações baseadas em estudos de outras apresentações pneumocócicas

As estratégias de prevenção devem ser avaliadas como um sistema integrado. A vacinação reduz o risco de doença por sorotipos contemplados, enquanto a vigilância laboratorial identifica alterações nas linhagens e nos padrões de resistência. O diagnóstico precoce e o tratamento adequado reduzem a possibilidade de agravamento entre os pacientes infectados. O acompanhamento de sobreviventes permite reconhecer sequelas auditivas, cognitivas e funcionais, componentes relevantes da carga sanitária da doença. Persistem lacunas relacionadas à representatividade de estudos de regiões com elevada carga de meningite e à avaliação longitudinal de vacinas com maior valência. Em consequência, a atualização periódica das recomendações e a produção de dados de vigilância constituem prioridades para políticas públicas fundamentadas em evidências (WHO, 2025; Yang et al., 2025).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A meningite pneumocócica permanece uma manifestação grave da doença pneumocócica invasiva, cuja ocorrência e evolução dependem de fatores epidemiológicos, microbiológicos e assistenciais. A literatura revela desigualdades na distribuição da doença e destaca a maior vulnerabilidade de grupos etários e clínicos específicos. Os mecanismos patogênicos envolvem colonização, disseminação bacteriana, invasão das barreiras do sistema nervoso central e uma resposta inflamatória capaz de produzir lesões persistentes. Esses processos explicam a importância do reconhecimento clínico precoce e do tratamento oportuno.

Entretanto, a heterogeneidade dos estudos e das populações limita comparações diretas entre estimativas e impede conclusões universais sobre risco e prognóstico.

As vacinas pneumocócicas conjugadas modificaram a epidemiologia da meningite, sobretudo pela redução de casos associados aos sorotipos vacinais. A introdução da VPC20 no calendário brasileiro representa uma atualização relevante, cujos resultados epidemiológicos dependerão de vigilância e avaliação ao longo do tempo. A substituição de sorotipos e a resistência antimicrobiana demonstram a necessidade de estratégias contínuas e complementares. Conclui-se que o enfrentamento da meningite pneumocócica exige cobertura vacinal adequada, monitoramento microbiológico, acesso ao diagnóstico e assistência tempestiva. Por tratar-se de revisão narrativa, as conclusões sintetizam evidências publicadas, sem produzir estimativas nacionais próprias ou estabelecer relações causais a partir de dados secundários não analisados.

REFERÊNCIAS

AITMURATOVA GA, et al. Etiology and treatment methods of meningitis. Central Asian Journal of Medicine, 2025; (10): 68-72.

AL-OBAIDI MMJ, et al. Understanding the mechanisms of Streptococcus pneumoniae in penetrating the blood–brain barrier: insights into bacterial binding with central nervous system host receptors. Tissue Barriers, 2025; 13(3): 2434764.

BRASIL. Ministério da Saúde. Guia técnico para introdução da vacina pneumocócica 20-valente (conjugada) no Programa Nacional de Imunizações. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2026.

BROOKE P, et al. Pneumococcal meningitis in children. Paediatrics and Child Health, 2023; 33(10): 289-294.

GBD 2023 MENINGITIS & ANTIMICROBIAL RESISTANCE COLLABORATORS. Global, regional, and national burden of meningitis, its risk factors, and aetiologies, 1990–2023: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. The Lancet Neurology, 2026; 25(5): 451-468.

JAYA FO, et al. The Importance of Adult Vaccination: Focusing on Pneumococcal Meningitis. In: Proceedings of the 7th International Conference on Neuroscience, Neurology, and Psychiatry Universitas Sumatera Utara (ICONAP 2024). Atlantis Press, 2024: 4-13.

JIAN B, et al. Clinical features, epidemiology, treatment, and prognosis of multicentre pediatric pneumococcal meningitis in China from 2019 to 2021. BMC Infectious Diseases, 2025; 25(1): 1739.

LAZARUS G, et al. Antimicrobial resistance in bacterial meningitis caused by Streptococcus pneumoniae, Neisseria meningitidis, or Haemophilus influenzae (2010–24): a systematic review and meta-analysis. The Lancet Microbe, 2026; 7(2): 101238.

NARCISO AR, et al. Streptococcus pneumoniae epidemiology, pathogenesis and control. Nature Reviews Microbiology, 2025; 23(4): 256-271.

NARSINGAM S, et al. Comparative effectiveness of individual pneumococcal vaccines with dual pneumococcal vaccination in older United States Veterans. Vaccine, 2022; 40(35): 5223-5228.

PARELLADA CI, et al. Trends in pneumococcal and bacterial meningitis in Brazil from 2007 to 2019. Vaccines, 2023; 11(8): 1279.

SOMEKO H, et al. Diagnostic accuracy of rapid antigen tests in cerebrospinal fluid for pneumococcal meningitis: a systematic review and meta-analysis. Clinical Microbiology and Infection, 2023; 29(3): 310-319.

VIEGAS APB, et al. Mudança na epidemiologia das meningites por meningococo e pneumococo no Distrito Federal, 2010-2024. Comunicação em Ciências da Saúde, 2026; 37(1).

WEIL-OLIVIER C, et al. Invasive meningococcal disease in older adults: current perspectives and call for action. European Geriatric Medicine, 2024; 15(3): 729-741.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Pneumococcal conjugate vaccines in infants and children under 5 years of age: WHO position paper – February 2019. Weekly Epidemiological Record, 2019; 94(8): 85-104.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO guidelines on meningitis diagnosis, treatment and care. Geneva: World Health Organization, 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO practical manual on meningitis diagnosis, treatment and care. Geneva: World Health Organization, 2026.

XU Y, et al. Advances in the pathogenesis and treatment of pneumococcal meningitis. Virulence, 2024; 15(1): 2387180.

YANG Y, et al. Global impact of 10- and 13-valent pneumococcal conjugate vaccines on pneumococcal meningitis in all ages: the PSERENADE project. Journal of Infection, 2025; 90(3): 106426.