

*Michał Nienaltowski¹, Kaja Bors¹, Helena Żórawska¹, Blanka Bugajewska¹,
Joanna Zajkowska², Anna Moniuszko-Malinowska²*

**OCCURRENCE OF MENINGITIS IN PATIENTS OF THE DEPARTMENT
OF INFECTIOUS DISEASES AND NEUROINFECTIONS
AT THE MEDICAL UNIVERSITY OF BIAŁYSTOK, 2022-2024**

**WYSTĘPOWANIE ZAPALEŃ OPON MÓZGOWO-RDZENIOWYCH
U PACJENTÓW KLINIKI CHOROÓB ZAKAŻNYCH I NEUROINFЕКCJI
UNIwersYTETU MEDYCZNEGO W BIAŁYMSTOKU W LATACH 2022-2024**

¹Student Scientific Society at the Department of Infectious Diseases and Neuroinfection,
Medical University of Białystok, Poland

Studenckie Koło Naukowe przy Klinice Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji,
Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

²Department of Infectious Diseases and Neuroinfection, Medical University of Białystok,
Poland

Klinika Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

ABSTRACT

INTRODUCTION. Meningitis is a significant public health problem due to the risk of permanent neurological complications and a potentially life-threatening course. Its etiology is diverse, and the distribution of infectious agents depends on patient age, seasonality, and environmental factors.

AIM. The aim of the study was to characterize the etiology of meningitis in the Podlaskie Voivodeship based on the analysis of cases hospitalized at the Department of Infectious Diseases and Neuroinfections of the Medical University of Białystok between 2022 and 2024.

MATERIAL AND METHODS. This study presents a retrospective analysis of cases of meningitis hospitalized between 2022 and 2024 at the Department of Infectious Diseases and Neuroinfections of the Medical University of Białystok. The analysis included a review of medical records with regard to the etiology of infection as well as selected epidemiological and demographic characteristics.

RESULTS. During the analyzed period, viral etiology predominated (67%), with tick-borne encephalitis (TBE) accounting for approximately 55% of cases. The proportion of cases with unknown viral etiology increased from 6.9% in 2022 to 12.7% in 2024. Bacterial etiology was identified in 13% of patients. The incidence of neuroborreliosis decreased from 6.9% in 2022 to 2.2% in subsequent years (2.5% overall). Single cases were caused by *Haemophilus influenzae* and *Streptococcus pneumoniae*. Abscesses and granulomas of the central nervous system accounted for 4.8% of all cases.

CONCLUSIONS. In 2022-2024, meningitis in north-eastern Poland was characterized by a predominance of viral etiology, particularly infections caused by tick-borne encephalitis virus, with an increasing trend. An increase in cases of unknown etiology was also observed. Bacterial infections accounted for a smaller proportion of cases, which may reflect the effectiveness of vaccination programs. These trends are consistent with national and European data and highlight the growing importance of environmental factors, as well as the need to strengthen prevention and improve diagnostic strategies.

Keywords: meningitis, neuroinfections, tick-borne encephalitis, neuroborreliosis, infectious diseases

INTRODUCTION

Meningitis is a serious clinical problem that may be life-threatening due to its frequently rapid course (1). The incidence varies depending on age and socioeconomic status, and the highest risk of disease, mortality, and neurological complications is observed among children and older adults (2). Despite the availability of preventive measures, including vaccinations, as well as the development of diagnostics and treatment, meningitis remains an important challenge for modern medicine.

The etiology of meningitis is diverse and depends, among other factors, on the patient's age. In adults, the most common causes are *Streptococcus pneumoniae* and *Neisseria meningitidis*, whereas in newborns and infants, *Escherichia coli*, *Streptococcus agalactiae*, and *Listeria monocytogenes* are of significant importance. In the elderly population, the proportion of infections caused by *L. monocytogenes* and Gram-negative bacteria increases (1,3,4). Viral meningitis in all age groups is most commonly caused by enteroviruses and flaviviruses, including tick-borne encephalitis virus (5). Meningitis may also have a fungal or parasitic etiology, although these causes are less common.

Infection most often occurs through the droplet route in cases of viral meningitis or through the hematogenous route, when bacteria colonizing the nasopharynx enter the bloodstream and then cross the blood–brain barrier into the subarachnoid space (5). Less frequently, infection spreads directly from inflammatory foci, such as the middle ear or sinuses, or constitutes a post-traumatic complication (6,7). The presence of pathogens in cerebrospinal fluid induces a strong inflammatory response, leading to increased vascular permeability, increased intracranial pressure, and cerebral edema (7).

In recent years, a gradual increase in the number of meningitis cases has been observed in Poland following a period of decline associated with the COVID-19 pandemic. In 2022, the number of registered cases increased by nearly 80% compared with the previous year. Viral infections predominated in the etiological structure, whereas among bacterial infections, *N. meningitidis*, *Haemophilus influenzae*, and *S. pneumoniae* were most frequently identified (8). The year 2022 was also a period directly following the COVID-19 pandemic, during which changes in the epidemiology of many infectious diseases were observed, associated with epidemic restrictions and reduced transmission of pathogens. These phenomena may have influenced the subsequent etiological profile of meningitis, which justifies the assessment of cases from 2022-2024 (9).

The aim of this study is to characterize the etiology of meningitis in the Podlaskie Voivodeship based on an analysis of cases hospitalized at the Department of Infectious Diseases and Neuroinfections of the Medical University of Białystok in the years 2022-2024.

MATERIALS AND METHODS

A retrospective observational study was conducted involving patients hospitalized due to meningitis at the Department of Infectious Diseases and Neuroinfections of the Medical University of Białystok in the years 2022-2024. During the analyzed period, a total of 2177 patients were hospitalized, among whom, after preliminary selection based on ICD-10 codes corresponding to the study criteria, 357 cases meeting the adopted criteria were identified. ICD-10 codes corresponding to viral infections (A84.0, A84.1, A84.9, A85.8, A87.8, A87.9, A88.0, A89, B00.4, B02.0), bacterial infections and central nervous system abscesses (G00.0, G00.1, G00.2, G00.8, G00.9, G06.0, G06.1, G06.2), as well as infections of unspecified etiology (G03.0, G03.8, G03.9, G04.8, G04.9), were used for preliminary identification. ICD-10 codes were used exclusively for preliminary selection, whereas the final classification was based on the analysis of medical documentation and additional test results.

Patients with a diagnosis of neuroinfection, classified based on medical documentation and meeting the study criteria, were included in the study. Patients readmitted due to the same disease episode, including follow-up after previous treatment, were excluded from the study.

Patients were classified into three etiological groups: viral, bacterial, and unspecified. The bacterial group included cases with positive Gram staining, positive CSF and/or blood cultures, positive PCR results from CSF, or the presence of a CNS abscess on imaging studies. Features supporting the diagnosis of bacterial infection included CSF pleocytosis $>100/\mu\text{L}$ with neutrophil predominance $>75\%$, protein concentration $>100\text{ mg/dL}$, and a CSF glucose-to-serum glucose ratio <0.4 . This group also included cases of neuroborreliosis diagnosed based on positive ELISA and Western blot results. In neuroborreliosis, a CSF/serum index >1.5 and an index of intrathecal synthesis of antibodies against *Borrelia* spp. were additionally considered (10).

The viral group included cases with positive PCR results from CSF and/or positive IgM/IgG serology. Features supporting the diagnosis of viral infection included lymphocytic CSF pleocytosis of $10\text{-}500/\mu\text{L}$, slightly increased protein concentration, normal glucose concentration, and absence of features of bacterial infection.

The unspecified group included cases in which, despite the use of available diagnostics, including a PCR panel for the most common bacterial pathogens causing meningitis (*E. coli*

K1, *H. influenzae*, *L. monocytogenes*, *N. meningitidis*, *S. agalactiae*, *S. pneumoniae*), a PCR panel for viral pathogens (HSV-1 and HSV-2, VZV, CMV, enteroviruses, HHV-6, human parechovirus), PCR testing for *Cryptococcus neoformans* and *Cryptococcus gattii*, as well as serological testing for Lyme disease and tick-borne encephalitis, the etiology could not be definitively determined.

Demographic data, laboratory test results, CSF analyses, microbiological, serological, and molecular tests, as well as imaging results, were obtained from medical documentation. Statistical analysis was descriptive. Qualitative variables were presented as numbers, and quantitative variables as arithmetic means and standard deviations. The distribution of cases over time and the relationship between etiology, sex, and place of residence were also assessed.

The study was retrospective and non-interventional, and the analysis included only anonymized medical documentation.

RESULTS

In the years 2022-2024, 357 patients were hospitalized due to meningitis at the Department of Infectious Diseases and Neuroinfections of the Medical University of Białystok. Patients were divided into three main etiological groups: viral, bacterial, and unspecified. In the studied population, 59.66% were men ($n = 213$), and 40.34% were women ($n = 144$). The mean age was 46.7 ± 15.96 years. The majority of patients came from urban areas (59.10%; $n = 217$), while 40.90% came from rural areas ($n = 140$).

In the studied population, viral etiology predominated, whereas bacterial and unspecified etiologies occurred significantly less frequently (Fig. 1). The distribution of cases according to the main etiological groups in the years 2022–2024 did not show statistically significant differences ($\chi^2 = 5.45$; $df = 4$; $p > 0.05$), indicating a stable proportion of individual groups during the analyzed period.

The distribution of etiology was similar in both sex groups. Among women, viral etiology was the most common (64.6%), followed by unspecified (23.1%) and bacterial etiology (12.3%), whereas among men, viral etiology also predominated (61.7%), followed by unspecified (24.2%) and bacterial etiology (14.1%) (Fig. 2). No statistically significant differences were found in the distribution of etiology between women and men ($\chi^2 = 0.44$; $df = 2$; $p = 0.80$).

Among urban residents, viral etiology was the most common (62.2%), followed by unspecified (23.5%) and bacterial etiology (14.3%). Among rural residents, viral etiology also predominated (75.0%), followed by unspecified (13.6%) and bacterial etiology (11.4%) (Fig.3).

Pearson's χ^2 test analysis showed a significant association between place of residence and infection etiology ($\chi^2 = 6.88$; $df = 2$; $p = 0.032$). Viral infections were proportionally more frequent among rural residents, whereas cases of unspecified etiology were more frequently observed among urban residents. However, it should be emphasized that the obtained results are descriptive in nature and do not allow for causal inference. The observed differences may be associated with different environmental exposures, however, their interpretation requires further studies.

The number of meningitis cases according to etiology in the years 2022–2024 is presented in Fig. 4, and the detailed numerical and percentage distribution is shown in Table 1. During the analyzed period, the largest group consisted of cases with viral etiology ($n = 240$; 67%), followed by cases with unspecified etiology ($n = 70$; 19.6%) and bacterial etiology ($n = 47$; 13.2%). The number of cases fluctuated in individual years while maintaining a similar epidemiological profile.

The most frequently identified etiological factor among viral infections was tick-borne encephalitis virus. The number of cases remained high: 49 in 2022, 72 in 2023, and 76 in 2024. In total, this accounted for 197 cases, representing 55.2% of all infections of viral etiology. The number of viral meningitis cases with unspecified etiology also increased, from 6 cases in 2022 to 17 cases in 2024. Infections caused by viruses other than tick-borne encephalitis virus constituted a small proportion of all cases. Herpes simplex virus type 1 infection was diagnosed in three patients in total, while varicella-zoster virus infection was identified in only one patient in 2024 (Fig. 4, Table 1).

In the years 2022–2024, a total of 47 (13.2%) cases of meningitis with bacterial etiology were recorded. The number of infections was 14 in 2022, 10 in 2023, and 23 in 2024, respectively. In this group, 11 cases involved infections caused by other specified bacteria, including *S. pneumoniae*, *H. influenzae*, *Staphylococcus aureus*, *L. monocytogenes*, and Gram-negative bacilli, whereas bacterial meningitis of unspecified etiology was diagnosed in five patients. Classical bacterial pathogens, such as *S. pneumoniae* and *H. influenzae*, were rare and were identified exclusively in 2023, with one case each.

Abscesses and granulomas of the central nervous system constituted a separate group of bacterial infections ($n = 17$), not occurring in 2022; in 2023 and 2024, 9 and 8 cases were recorded, respectively. Neuroborreliosis, being a complication of Lyme disease, was diagnosed in a total of 12 patients. The highest number of cases was recorded in 2022 ($n = 6$), while in 2023 and 2024 there were 3 cases each.

DISCUSSION

During the analyzed period of 2022-2024, meningitis remained a significant health problem in north-eastern Poland, constituting a challenge both for the healthcare system and epidemiological surveillance. The Department of Infectious Diseases and Neuroinfections of the Medical University of Białystok is the only facility in the Podlaskie Voivodeship specializing in the diagnosis and treatment of neuroinfections in adults. Therefore, the patients hospitalized there most likely represent the majority of cases from this region.

Analysis of available clinical data clearly indicates the predominance of viral etiology, particularly infections caused by tick-borne encephalitis viruses (TBE) (11). In the analyzed material, a total of 197 cases of tick-borne encephalitis were recorded, accounting for more than half of all viral meningitis cases. The number of TBE cases showed a clear increasing trend, from 49 in 2022 to 76 in 2024, indicating a real and significant epidemiological dynamic of this disease in the region. This is consistent with data from other regions of Poland – 466 cases in 2022 compared with 805 cases in 2024 (12). Similar trends are also observed in data reported by the European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The most affected regions include the Baltic countries (Lithuania, Latvia, Estonia), Austria, southern Germany, the Czechia, Slovenia, and southern Scandinavia (13,24).

According to data from the European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) from 2023, Poland is classified among countries with a medium risk of TBE occurrence. However, a continuous increase in the number of cases has been observed, resulting in its inclusion on the CDC list of areas at risk of TBE (15). In 2021, approximately 250 cases of tick-borne encephalitis (TBE) were recorded in Poland. These cases were concentrated mainly in the Podlaskie and Warmińsko-Mazurskie voivodeships, which accounted for approximately 45% and 25% of all reported cases, respectively. The high proportion of cases in Podlaskie may be partly associated with the high availability of diagnostics and the effectiveness of the TBE case reporting system (16), but it also suggests that the number of ticks infected with TBE virus may be relatively high in this region. One of the key factors contributing to disease occurrence is increased population exposure to ticks resulting from climate changes favoring the expansion of tick habitats and the extension of their annual activity period. Consequently, the risk of tick bites increases not only during the traditional spring and summer season but also in autumn, as well as in areas previously not considered endemic (17). Insufficient vaccination coverage against TBE is also observed despite the availability of an

effective vaccine, which can be seen when comparing Poland with countries such as Germany or the Czechia (18-20). In Poland, 83,000 people were vaccinated against TBE in 2022 (21).

Another important phenomenon observed during the analyzed period was an increase in the number of viral meningitis cases with unspecified etiology, which increased from 6 cases in 2022 to 17 cases in 2024. This increase may result from limitations of molecular diagnostics, including the lack of rare or emerging pathogens in currently used PCR panels and serological tests. Therefore, investments in modern diagnostic technologies, such as next-generation sequencing (NGS), are necessary to enable broader identification of viral agents and more accurate differentiation of infection etiologies (22).

Between 2022 and 2024, 47 cases caused by bacterial infections were included in the bacterial group, accounting for 13.2% of all cases. According to data published by the National Institute of Public Health NIH – National Research Institute concerning cases of meningitis or encephalitis in Poland in 2023, the proportion of bacterial etiology was higher and amounted to 43%. Compared with 2022, the number of cases increased by more than 39%, from 848 cases in 2022 to 1185 cases in 2023 (23). Infections caused by *H. influenzae* and *S. pneumoniae* were very rarely observed, which may indirectly reflect the impact of vaccination programs and epidemiological changes; however, this interpretation is limited by the lack of data regarding vaccination status and age structure. A single case of *H. influenzae* infection in an adult indicates the need for further assessment of risk in vulnerable groups, including elderly individuals and patients with immunodeficiency or comorbidities (24,25).

In the analyzed group, neuroborreliosis accounted for only 2.5% of all meningitis cases. Despite the low and stable proportion of cases, the disease is often confused with other tick-borne infections, emphasizing the importance of systematic qualitative surveillance of diagnostic methods and the need for precise clinical and laboratory differentiation (26,27).

The analyzed epidemiological data indicate a clear predominance of viral infections over bacterial infections and an increasing role of environmental and social factors in shaping disease dynamics, which is fully consistent with national and international data (12,13). Therefore, coordinated actions are necessary, including intensification of preventive vaccinations against pathogens recognized as major causes of encephalitis/meningitis, public education regarding prevention of tick-borne infections, further development of diagnostics (including molecular diagnostics) for viral infections of unspecified etiology, and more effective reporting and monitoring of meningitis cases, including infections undetectable by standard diagnostic procedures.

Limitations. Serological diagnostics of TBE based on the ELISA method have limitations resulting from the possibility of cross-reactions with antibodies produced by the patient's body in response to infections with other flaviviruses (e.g., dengue virus, yellow fever virus) or following vaccination against these pathogens, which may result in false-positive results. Therefore, in populations exposed to contact with other flaviviruses, confirmation of obtained results using neutralization tests is necessary. In patients who developed disease despite previous vaccination, it is important to demonstrate the synthesis of specific antibodies in cerebrospinal fluid (27-29). It should also be remembered that if the test is performed too early, antibody concentrations may be too low, resulting in a false-negative result.

Additionally, detection of viral genetic material using the PCR technique is possible only in the early phase of the disease, as during the neurological phase the sensitivity and specificity of this method are too low, which limits its routine use (27).

The COVID-19 pandemic may have significantly influenced the observed number of cases during the initial period of analysis. In 2022, a lower number of meningitis cases, including TBE cases, was recorded, which may have resulted from prolonged effects of the pandemic, such as reduced social mobility and decreased outdoor activity in previous years, limiting exposure to ticks. Furthermore, some patients may have delayed seeking medical care due to fear of SARS-CoV-2 infection and changes in healthcare delivery models, which may have affected the interpretation of early epidemiological trends (30,31). However, it should be noted that in Poland, pandemic restrictions were no longer in place in 2022, and according to ECDC data, in 2022, 20 EU/EEA countries reported 3516 confirmed TBE cases, representing a 14% increase compared with 2021 (13). This indicates an overall increase in incidence in Europe, despite local fluctuations in Poland during the initial period of analysis.

REFERENCES

1. Johansson Kostenniemi U, Norman D, Borgström M, Silfverdal SA. The clinical presentation of acute bacterial meningitis varies with age, sex and duration of illness. *Acta Paediatr.* 2015;104(11):1117–1124. doi:10.1111/apa.13149
2. Bulaeva A, Derber C. Bacterial Meningitis. *Med Clin North Am.* 2025;109(3):587–599. doi:10.1016/j.mcna.2024.12.012
3. Fouad R, Khairy M, Fathalah W, Gad T, El-Kholy B, Yosry A. Role of clinical presentations and routine CSF analysis in the rapid diagnosis of acute bacterial meningitis in cases of negative Gram stained smears. *J Trop Med.* 2014;2014:213762. doi:10.1155/2014/213762

4. Runde TJ, Anjum F, Hafner JW Jr. Bacterial Meningitis. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
5. Cantu RM, Das JM. Viral Meningitis. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
6. Wright WF, Pinto CN, Palisoc K, Baghli S. Viral (aseptic) meningitis: A review. *J Neurol Sci.* 2019;398:176–183. doi:10.1016/j.jns.2019.01.050
7. Coureuil M, Join-Lambert O, Lécuyer H, Bourdoulous S, Marullo S, Nassif X. Mechanism of meningeal invasion by *Neisseria meningitidis*. *Virulence.* 2012;3(2):164–172. doi:10.4161/viru.18639
8. Mrozowska-Nyckowska K, Zbrzeźniak J, Paradowska-Stankiewicz I. Meningitis and encephalitis in Poland in 2022. *Przegl Epidemiol.* 2024;78(2):219–234. doi:10.32394/pe/191221
9. Rosińska M, Czarkowski MP, Sadkowska-Todys M. Infectious diseases in Poland in 2022. *Przegl Epidemiol.* 2024;78(4):524–542. doi:10.32394/pe/202170
10. Chmielewski T, Dunaj J, Gołąb E, Gut W, Horban A, Pancewicz S, Puacz E, Szelenbaum-Cielecka D, Tylewska-Wierzbowska S; Grupa Robocza Krajowej Izby Diagnostów Laboratoryjnych, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Konsultant Krajowy ds. chorób zakaźnych, Klinika Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji UMB, Polskie Towarzystwo Wirusologiczne. Diagnostyka laboratoryjna chorób odkleszczowych: rekomendacje. Warszawa: Krajowa Izba Diagnostów Laboratoryjnych; 2014. 27 p. Available from: https://kidl.org.pl/get-file/150_05kleszcze-z-okladka.pdf
11. Gray JS, Dautel H, Estrada-Peña A, Kahl O, Lindgren E. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe. *Interdiscip Perspect Infect Dis.* 2009;2009:593232. doi:10.1155/2009/593232
12. Infectious Diseases and Poisonings in Poland in 2024. Bulletin of the National Institute of Public Health NIH – National Research Institute and Chief Sanitary Inspectorate: Warsaw, 2025 Available from: https://wwwold.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/2024/Ch_2024.pdf
13. ECDC. Tick-borne encephalitis. Annual Epidemiological Report for 2022. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control; 2024. Available from: https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/tick-borne-encephalitis-annual-epidemiological-report-2022_0.pdf

14. ECDC. Locally-acquired tick-borne encephalitis cases. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/infectious-disease-topics/tick-borne-encephalitis/surveillance-and-updates/locally-acquired-tbe>
15. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Areas at Risk for Tick-borne Encephalitis. Atlanta: CDC. Available from: <https://www.cdc.gov/tick-borne-encephalitis/data-maps/index.html>
16. Zakład Epidemiologii Chorób Zakaźnych i Nadzoru, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny. Kleszczowe zapalenie mózgu w Polsce i na świecie. Ocena sytuacji epidemiologicznej KZM w Polsce w latach 2015–2019 w oparciu o dane pochodzące z nadzoru epidemiologicznego [raport]. Warszawa: NIZP-PZH; 2021. Available from: https://www.pzh.gov.pl/wp-content/uploads/2021/03/KleszczoweZapalenieMozgu-raport-PZH_2021.pdf
17. Bojkiewicz E, Toczyłowski K, Grygorczuk S, Zelazowska-Rutkowska B, Dunaj J, Zebrowska A, et al. The prevalence of asymptomatic infections with tick-borne encephalitis virus and attitude towards tick-borne encephalitis vaccine in the endemic area of northeastern Poland. *Vaccines (Basel)*. 2022;10(8):1294. doi:10.3390/vaccines10081294.
18. Mrozowska-Nyckowska K, Zbrzeźniak J, Paradowska-Stankiewicz I. Zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych i mózgu w 2022 roku. *Przegl Epidemiol*. 2024;78(1):1–12. doi:10.32394/pe/191221
19. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Tick-borne encephalitis (TBE) in Europe: new maps published. Stockholm: ECDC; 2025 Apr 15 [cytowane 2025 Sep 21]. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/news-events/tick-borne-encephalitis-tbe-europe-new-maps-published>
20. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny. Meldunki o zachorowaniach na choroby zakaźne, zakażeniach i zatruciach w Polsce, 2009-2023. Warszawa: NIZP-PZH; 2023 [cytowane 2024 Mar 13]. Available from: https://wwwold.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/index_p.html#01
21. Vaccinations in Poland in 2022. Bulletin of the National Institute of Public Health NIH – National Research Institute and Chief Sanitary Inspectorate: Warsaw, 2023 [Accessed 2024 Mar 15]. Available from: https://wwwold.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/2022/Sz_2022.pdf

22. Koelman DLH, Brouwer MC, ter Horst L, Bijlsma MW, van der Ende A, van de Beek D. Pneumococcal meningitis in adults: A prospective nationwide cohort study over a 20-year period. *Clin Infect Dis*. 2022;74(4):657–667. doi:10.1093/cid/ciab477
23. Kunze M, Banović P, Bogović P, Briciu V, Čivljak R, Dobler G, et al. Recommendations to improve tick-borne encephalitis surveillance and vaccine uptake in Europe. *Microorganisms*. 2022;10(7):1283. doi:10.3390/microorganisms10071283
24. Martin NG, Sadarangani M, Pollard AJ, Goldacre MJ. Hospital admission rates for meningitis and septicaemia caused by *Haemophilus influenzae*, *Neisseria meningitidis*, and *Streptococcus pneumoniae* in children in England over five decades: a population-based observational study. *Lancet Infect Dis*. 2014;14(5):397–405. doi:10.1016/S1473-3099(14)70027-1
25. Kazberuk M, Kondrat A, Nieniałowski M, Czupryna P, Pancewicz S, Zajkowska J, et al. Assessment of the accuracy of initial diagnoses and the frequency of clinical forms of Lyme disease among hospitalized patients: a single-center study. *Przegl Epidemiol*. 2025. doi:10.32394/pe/209790
26. Nordberg CL, Bodilsen J, Knudtzen FC, Storgaard M, Brandt C, Wiese L, et al. Lyme neuroborreliosis in adults: A nationwide prospective cohort study. *Ticks Tick Borne Dis*. 2020;11(4):101411. doi:10.1016/j.ttbdis.2020.101411
27. Kuchar E, Zajkowska J, Flisiak R, Mastalerz-Migas A, Rosińska M, Szenborn L, et al. Epidemiologia, diagnostyka i profilaktyka kleszczowego zapalenia mózgu w Polsce i wybranych krajach europejskich – stanowisko polskiej grupy ekspertów. *Med Pr*. 2021;72(2):193–210. doi:10.13075/mp.5893.01063
28. Vilibic-Cavlek T, Ferenc T, Vujica Ferenc M, Bogdanic M, Potocnik-Hunjadi T, Sabadi D, et al. Cross-reactive antibodies in tick-borne encephalitis: Case report and literature review. *Antibodies (Basel)*. 2022;11(4):72. doi:10.3390/antib11040072
29. Dobler G, Treib J, Kiessig ST, Blohn WV, Frösner G, Haass A. Diagnosis of tick-borne encephalitis: evaluation of sera with borderline titers with the TBE-ELISA. *Infection*. 1996;24(5):405–406. doi:10.1007/BF01716097
30. Grygorczuk S, Dunaj-Małyszko J, Czupryna P, Sulik A, Toczyłowski K, Siemieniako-Werszko A, et al. The detectability of the viral RNA in blood and cerebrospinal fluid of patients with tick-borne encephalitis. *Int J Mol Sci*. 2022;23(16):9332. doi:10.3390/ijms23169332

31. Mrożek-Gąsiorowska MA. Assessment of the impact of the COVID-19 pandemic on the level of health care services in Poland – a review. Med Og Nauk Zdr. 2023;29(4):251–261. doi:10.26444/monz/177033

Received: 01.03.2026

Accepted for publication: 07.08.2026

Otrzymano: 01.03.2026 r.

Zaakceptowano do druku: 07.08.2026 r.

Address for correspondence:

Adres do korespondencji:

Michał Nienaltowski

Studenckie Koło Naukowe

przy Klinice Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji,

Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

email: nienaltowski1@o2.pl

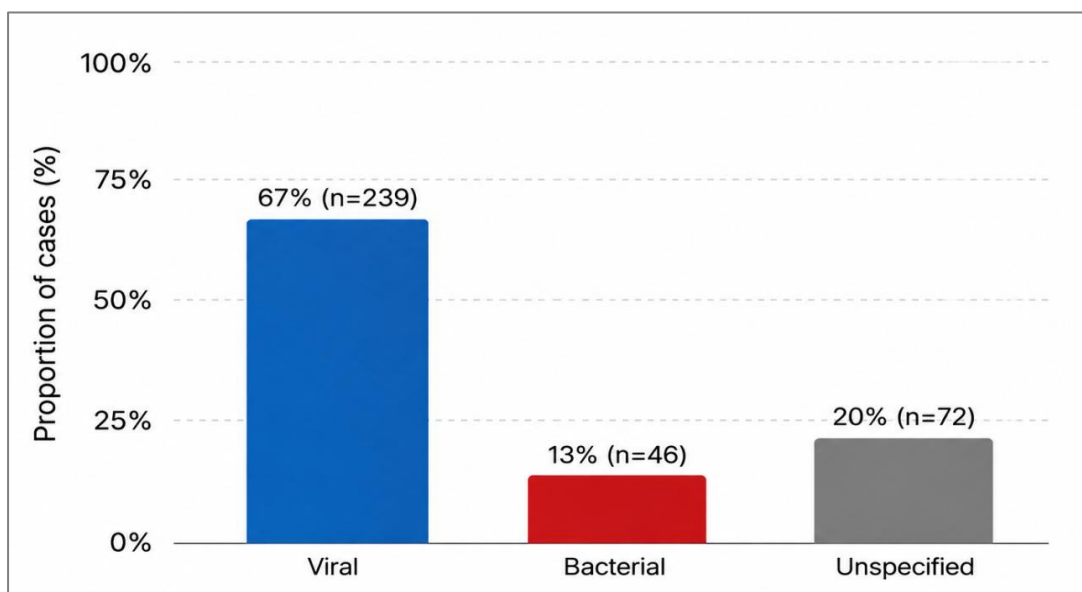


Figure 1. Distribution of the main etiological groups of meningitis in the study population (n=357)

Rycina 1. Udział głównych grup etiologicznych ZOMR w badanej populacji (n=357)

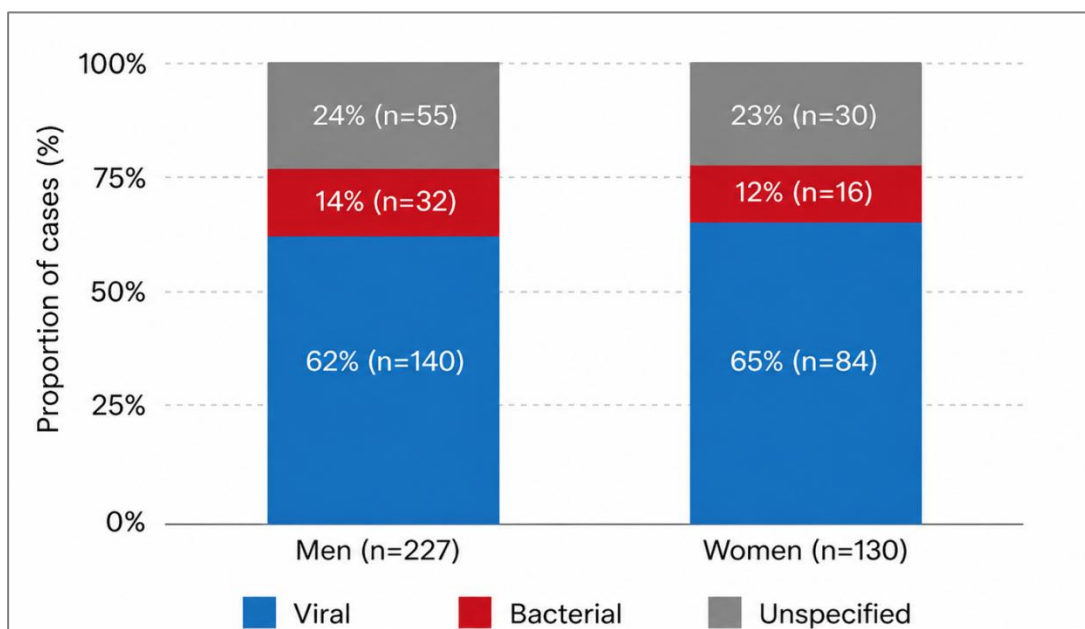


Figure 2. Percentage distribution of meningitis etiology among patients according to gender in the study group (n = 357)

Rycina 2. Procentowy rozkład etiologii zakażenia wśród pacjentów z ZOMR według płci w badanej grupie (n = 357)

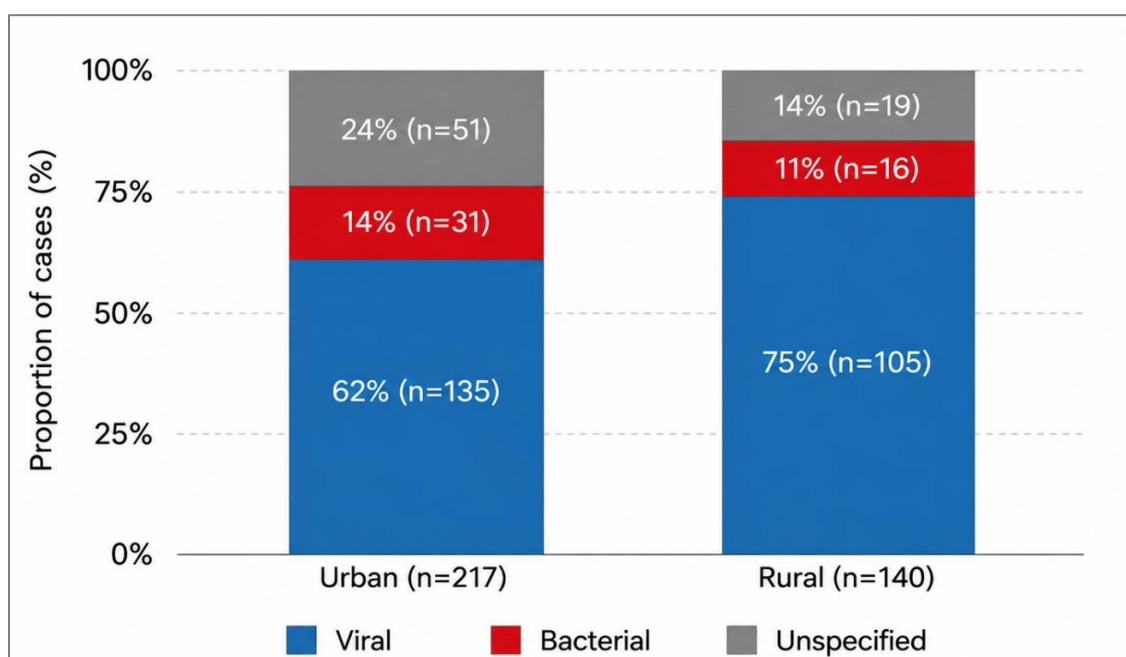


Figure 3. Percentage distribution of meningitis etiologies according to place of residence in the study group (n = 357)

Rycina 3. Procentowy rozkład etiologii ZOMR według miejsca zamieszkania w badanej grupie (n = 357)

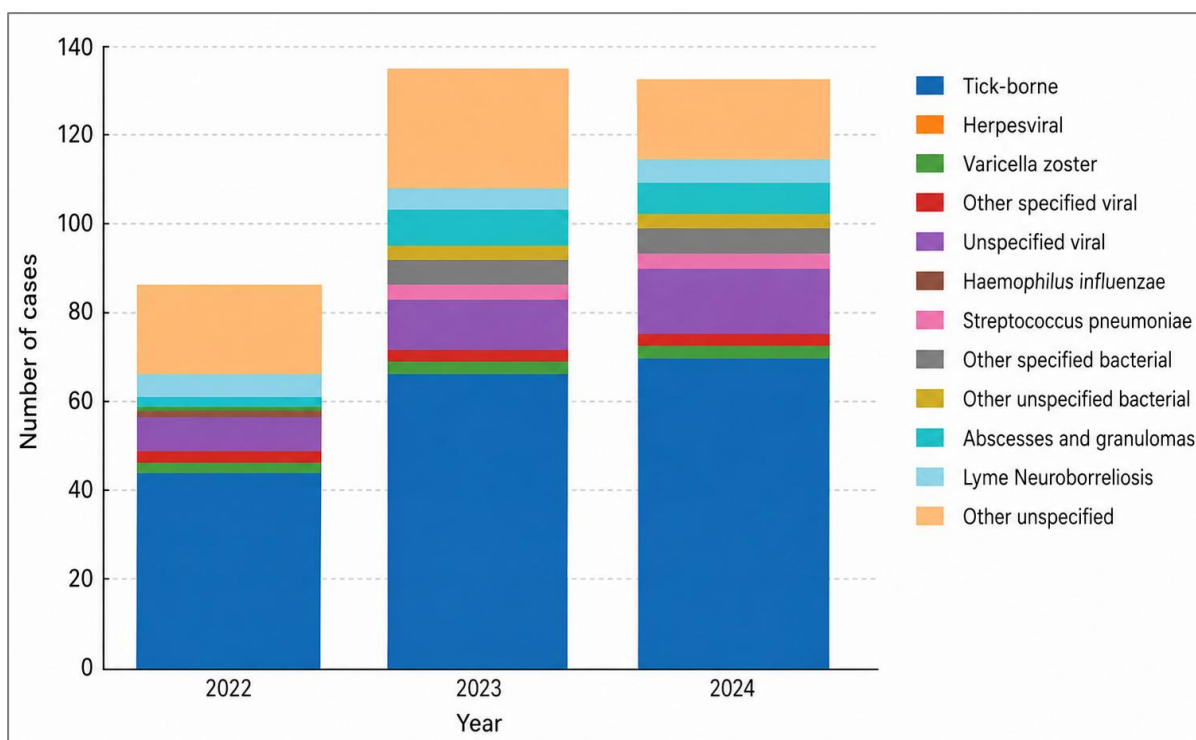


Figure 4. Cases of meningitis by etiology in 2022-2024

Rycina 4. Przypadki ZOMR według etiologii w latach 2022-2024

Table 1. Meningitis: incidence cases and their percentage distribution by etiological factor in 2022-2024

Tabela 1. ZOMR – zachorowania i ich procentowy rozkład wg czynnika etiologicznego latach 2022-2024

Etiological factor		2022		2023		2024		Total	
		Cases	Percent	Cases	Percent	Cases	Percent	Cases	Percent
viral	tick-borne	49	56,32	72	52,94	76	56,72	197	55,18
	Herpesviral	0	0	1	0,74	2	1,49	3	0,84
	varicella-zoster virus	0	0	1	0,74	0	0	1	0,28
	other specified	1	1,15	2	1,47	0	0	3	0,84
	unspecified	6	6,90	13	9,56	17	12,69	36	10,08
bacterial	Haemophilus influenzae	0	0	0	0	1	0,75	1	0,28
	Streptococcus pneumoniae	0	0	1	0,74	0	0	1	0,28
	other specified	1	1,15	5	3,68	5	3,73	11	3,08
	(G00.2–G00.8) other unspecified (G00.9)	1	1,15	2	1,47	2	1,49	5	1,40
	abscesses and granulomas	0	0	8	5,88	8	5,97	17	2,24
	Lyme Neuroborreliosis	6	6,90	3	2,21	3	2,24	12	2,52
	other unspecified	23	26,44	27	19,85	20	14,93	70	19,61

*Michał Nienaltowski¹, Kaja Bors¹, Helena Żórawska¹, Blanka Bugajewska¹,
Joanna Zajkowska², Anna Moniuszko-Malinowska²*

**OCCURRENCE OF MENINGITIS IN PATIENTS OF THE DEPARTMENT
OF INFECTIOUS DISEASES AND NEUROINFECTIONS
AT THE MEDICAL UNIVERSITY OF BIAŁYSTOK, 2022-2024**

**WYSTĘPOWANIE ZAPALEŃ OPON MÓZGOWO-RDZENIOWYCH
U PACJENTÓW KLINIKI CHOROÓB ZAKAŻNYCH I NEUROINFEKCJI
UNIwersytetu Medycznego w Białymstoku w latach 2022-2024**

¹Student Scientific Society at the Department of Infectious Diseases and Neuroinfection,
Medical University of Białystok, Poland

Studenckie Koło Naukowe przy Klinice Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji,
Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

²Department of Infectious Diseases and Neuroinfection, Medical University of Białystok,
Poland

Klinika Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

STRESZCZENIE

WSTĘP. Zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych (ZOMR) stanowi istotny problem zdrowia publicznego ze względu na ryzyko trwałych powikłań neurologicznych oraz potencjalnie zagrażający życiu przebieg. Etiologia choroby jest zróżnicowana, a częstość występowania poszczególnych czynników zakaźnych zależy od wieku pacjentów, sezonowości oraz czynników środowiskowych.

CEL PRACY. Celem pracy była charakterystyka etiologii zapaleń opon mózgowo-rdzeniowych w województwie podlaskim na podstawie analizy przypadków hospitalizowanych w Klinice Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku w latach 2022-2024.

MATERIAŁ I METODY. W niniejszej pracy przeprowadzono retrospektywną analizę przypadków ZOMR hospitalizowanych w latach 2022-2024 w Klinice Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku, obejmującą ocenę dokumentacji medycznej pod kątem etiologii zakażenia oraz wybranych cech epidemiologicznych i demograficznych.

WYNIKI. W analizowanym okresie dominowała etiologia wirusowa (67%), w tym kleszczowe zapalenie mózgu stanowiące około 55% przypadków. Odsetek przypadków o nieokreślonej etiologii wirusowej wzrósł z 6,9% w 2022 r. do 12,7% w 2024 r. Etiologię bakteryjną stwierdzono u 13,2% chorych. Częstość neuroboreliozy zmniejszyła się z 6,9% w 2022 r. do 2,2% w kolejnych latach (łącznie 2,5% wszystkich przypadków). Pojedyncze przypadki były wywołane przez *Haemophilus influenzae* oraz *Streptococcus pneumoniae*. Ropnie i ziarniniaki ośrodkowego układu nerwowego stanowiły 4,8% wszystkich przypadków.

WNIOSKI. W latach 2022-2024 zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych w północno-wschodniej Polsce charakteryzowało się dominacją etiologii wirusowej, zwłaszcza zakażeń wywołanych wirusem kleszczowego zapalenia mózgu, których liczba wykazywała tendencję wzrostową. Odnotowano również wzrost odsetka przypadków o nieokreślonej etiologii. Zakażenia bakteryjne stanowiły mniejszy odsetek zachorowań, co może odzwierciedlać skuteczność szczepień ochronnych. Obserwowane trendy są zgodne z danymi krajowymi i europejskimi oraz wskazują na rosnącą rolę czynników środowiskowych, a także potrzebę intensyfikacji działań profilaktycznych i doskonalenia diagnostyki.

Słowa kluczowe: zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, neuroinfekcje, kleszczowe zapalenie mózgu, neuroborelioza, choroby zakaźne

WSTĘP

Zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych (ZOMR) stanowi poważny problem kliniczny, mogący zagrażać życiu ze względu na często gwałtowny przebieg (1). Zapadalność jest zróżnicowana w zależności od wieku i statusu socjoekonomicznego, a najwyższe ryzyko zachorowania, śmiertelności oraz powikłań neurologicznych obserwuje się u dzieci i osób starszych (2). Mimo dostępności profilaktyki, w tym szczepień ochronnych, oraz rozwoju diagnostyki i leczenia, ZOMR pozostaje istotnym wyzwaniem dla współczesnej medycyny.

Etiologia ZOMR jest zróżnicowana i zależy m.in. od wieku chorego. U dorosłych najczęściej są to *Streptococcus pneumoniae* i *Neisseria meningitidis*, natomiast u noworodków i niemowląt istotne znaczenie mają *Escherichia coli*, *Streptococcus agalactiae* oraz *Listeria monocytogenes*. W populacji osób starszych rośnie udział zakażeń wywołanych przez *L. monocytogenes* oraz bakterie Gram-ujemne (1,3,4). Wirusowe zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych we wszystkich grupach wiekowych najczęściej wywołują enterowirusy oraz flawiwirusy, w tym wirus kleszczowego zapalenia mózgu (5). ZOMR może mieć również etiologię grzybiczą lub pasożytniczą, choć są to przyczyny rzadsze.

Do zakażenia dochodzi najczęściej drogą kropelkową w przypadku zapalenia wirusowego lub drogą krwiopochodną, gdy bakterie kolonizujące nosogardło przedostają się do krwiobiegu, a następnie przez barierę krew–mózg do przestrzeni podpajęczynówkowej (5). Rzadziej zakażenie szerzy się bezpośrednio z ognisk zapalnych, takich jak ucho środkowe czy zatoki, albo stanowi powikłanie pourazowe (6,7). Obecność patogenów w płynie mózgowo-rdzeniowym wywołuje silną odpowiedź zapalną, prowadząc do wzrostu przepuszczalności naczyń, zwiększenia ciśnienia śródczaszkowego oraz obrzęku mózgu (7).

W ostatnich latach w Polsce obserwuje się stopniowy wzrost liczby zachorowań na ZOMR po okresie spadku związanego z pandemią COVID-19. W 2022 roku liczba zarejestrowanych przypadków wzrosła o blisko 80% w porównaniu z rokiem poprzednim. W strukturze etiologicznej dominowały zakażenia wirusowe, natomiast wśród zakażeń bakteryjnych najczęściej identyfikowano *N. meningitidis*, *Haemophilus influenzae* oraz *S. pneumoniae* (8). Rok 2022 stanowił także okres bezpośrednio po pandemii COVID-19, w którym obserwowano zmiany w epidemiologii wielu chorób zakaźnych, związane z restrykcjami epidemicznymi i ograniczeniem transmisji patogenów. Zjawiska te mogły wpływać na późniejszy profil etiologiczny zapaleń opon mózgowo-rdzeniowych, co uzasadnia ocenę przypadków z lat 2022-2024 (9).

Celem pracy była charakterystyka etiologii zapaleń opon mózgowo-rdzeniowych w województwie podlaskim na podstawie analizy przypadków hospitalizowanych w Klinice Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku w latach 2022-2024.

MATERIAŁ I METODY

Przeprowadzono retrospektywne badanie obserwacyjne obejmujące pacjentów hospitalizowanych z powodu ZOMR w Klinice Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku w latach 2022-2024. W analizowanym okresie hospitalizowano łącznie 2177 pacjentów, spośród których po wstępnej selekcji na podstawie kodów ICD-10, odpowiadających kryteriom badania, wyłoniono 357 przypadków spełniających przyjęte kryteria. Do wstępnej identyfikacji wykorzystano kody ICD-10 odpowiadające zakażeniom wirusowym (A84.0, A84.1, A84.9, A85.8, A87.8, A87.9, A88.0, A89, B00.4, B02.0), zakażeniom bakteryjnym oraz ropniom ośrodkowego układu nerwowego (G00.0, G00.1, G00.2, G00.8, G00.9, G06.0, G06.1, G06.2) oraz zakażeniom o etiologii nieokreślonej (G03.0, G03.8, G03.9, G04.8, G04.9). Kody ICD-10 służyły wyłącznie do wstępnej selekcji, natomiast klasyfikacja ostateczna opierała się na analizie dokumentacji medycznej oraz wyników badań dodatkowych.

Do badania włączano pacjentów z rozpoznaniem neuroinfekcji zakwalifikowanych na podstawie dokumentacji medycznej i spełniających kryteria badania. Z badania wyłączano pacjentów ponownie hospitalizowanych z powodu tego samego epizodu chorobowego, w tym w celu kontroli po wcześniejszym leczeniu.

Pacjentów zaklasyfikowano do trzech grup etiologicznych: wirusowej, bakteryjnej oraz nieokreślonej. Do grupy bakteryjnej zaliczano przypadki z dodatnim barwieniem metodą Grama, dodatnim posiewem PMR i/lub krwi, dodatnim wynikiem PCR z PMR lub obecnością ropnia OUN w badaniach obrazowych. Za cechy wspierające rozpoznanie bakteryjne uznawano pleocytozę PMR $>100/\mu\text{l}$ z przewagą neutrofili $>75\%$, stężenie białka $>100\text{ mg/dl}$ oraz stosunek glukozy PMR do glukozy surowicy $<0,4$. Do tej grupy włączano również przypadki neuroboreliozy, rozpoznane na podstawie dodatniego wyniku ELISA i Western blot. W neuroboreliozie dodatkowo uwzględniano indeks PMR/surowica $>1,5$, wskaźnik wewnątrzoponowej syntezy przeciwciał przeciwko *Borrelia* spp. (10).

Do grupy wirusowej zaliczano przypadki z dodatnim wynikiem PCR z PMR i/lub dodatnią serologią IgM/IgG. Za cechy wspierające rozpoznanie wirusowe uznawano

limfocytarną pleocytozę PMR 10-500/ μ l, nieznacznie podwyższone stężenie białka, prawidłowe stężenie glukozy oraz brak cech zakażenia bakteryjnego.

Do grupy nieokreślonej zaliczano przypadki, w których mimo zastosowania dostępnej diagnostyki, obejmującej panel PCR w kierunku najczęstszych bakteryjnych patogenów wywołujących ZOMR (*E. coli* K1, *H. influenzae*, *Listeria. monocytogenes*, *N. meningitidis*, *S. agalactiae*, *S. pneumoniae*), panel PCR w kierunku patogenów wirusowych (HSV-1 i HSV-2, VZV, CMV, enterowirusy, HHV-6, human parechovirus) oraz badania PCR w kierunku *Cryptococcus neoformans* i *Cryptococcus gattii* oraz badania serologiczne w kierunku boreliozy oraz KZM, nie udało się jednoznacznie określić etiologii.

Z dokumentacji medycznej pozyskano dane demograficzne, wyniki badań laboratoryjnych, analizy PMR, badania mikrobiologiczne, serologiczne i molekularne oraz wyniki badań obrazowych. Analiza statystyczna miała charakter opisowy. Zmienne jakościowe przedstawiono jako liczebności, a zmienne ilościowe jako średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe. Oceniono również rozkład przypadków w czasie oraz zależność etiologii od płci i miejsca zamieszkania.

Badanie miało charakter retrospektywny i nieinterwencyjny, a analiza obejmowała wyłącznie zanonimizowaną dokumentację medyczną.

WYNIKI

W latach 2022-2024 hospitalizowano 357 pacjentów z powodu zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych w Klinice Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku. Pacjentów podzielono na trzy główne grupy etiologiczne: wirusową, bakteryjną oraz nieokreśloną. W badanej populacji 59,66% stanowili mężczyźni ($n = 213$), a 40,34% kobiety ($n = 144$). Średnia wieku wyniosła $46,7 \pm 15,96$ roku. Większość chorych pochodziła z terenów miejskich (59,10%; $n = 217$), a 40,90% z terenów wiejskich ($n = 140$).

W badanej populacji dominowała etiologia wirusowa, natomiast etiologia bakteryjna i nieokreślona występowały znacznie rzadziej (Ryc. 1). Rozkład przypadków według głównych grup etiologicznych w latach 2022-2024 nie wykazał istotnych różnic statystycznych ($\chi^2 = 5,45$; $df = 4$; $p > 0,05$), co wskazuje na stabilny udział poszczególnych grup w analizowanym okresie.

Rozkład etiologii był zbliżony w obu grupach płci. U kobiet najczęściej występowała etiologia wirusowa (64,6%), następnie nieokreślona (23,1%) i bakteryjna (12,3%), natomiast u mężczyzn również dominowała etiologia wirusowa (61,7%), dalej nieokreślona (24,2%) i

bakteryjna (14,1%) (Ryc. 2). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w rozkładzie etiologii pomiędzy kobietami i mężczyznami ($\chi^2 = 0,44$; $df = 2$; $p = 0,80$).

Wśród mieszkańców miast najczęściej występowała etiologia wirusowa (62,2%), następnie nieokreślona (23,5%) i bakteryjna (14,3%). Wśród mieszkańców wsi również dominowała etiologia wirusowa (75,0%), a następnie nieokreślona (13,6%) i bakteryjna (11,4%) (Ryc. 3). Analiza testem χ^2 Pearsona wykazała istotną zależność pomiędzy miejscem zamieszkania a etiologią zakażenia ($\chi^2 = 6,88$; $df = 2$; $p = 0,032$). Zakażenia wirusowe były proporcjonalnie częstsze wśród mieszkańców wsi, natomiast przypadki o etiologii nieokreślonej częściej obserwowano wśród mieszkańców miast. Należy jednak podkreślić, że uzyskane wyniki mają charakter opisowy i nie pozwalają na wnioskowanie przyczynowo-skutkowe. Zaobserwowane różnice mogą być związane z odmienną ekspozycją środowiskową, jednak ich interpretacja wymaga dalszych badań.

Liczbę przypadków ZOMR według etiologii w latach 2022-2024 przedstawiono na Ryc. 4, a szczegółowy rozkład liczbowy i procentowy w Tabeli 1. W analizowanym okresie najliczniejszą grupę stanowiły przypadki o etiologii wirusowej ($n = 240$; 67F%), następnie przypadki o etiologii nieokreślonej ($n = 70$; 19,6%) oraz bakteryjnej ($n = 47$; 13,2%). Liczba zachorowań wykazywała wahania w poszczególnych latach, przy zachowaniu podobnego profilu epidemiologicznego.

Najczęściej rozpoznawanym czynnikiem etiologicznym wśród zakażeń wirusowych był wirus kleszczowego zapalenia mózgu. Liczba przypadków utrzymywała się na wysokim poziomie: 49 w 2022 roku, 72 w 2023 roku i 76 w 2024 roku. Łącznie stanowiło to 197 przypadków, czyli 55,2% wszystkich zakażeń o etiologii wirusowej. Wzrosła również liczba przypadków wirusowych ZOMR o nieokreślonej etiologii: z 6 w 2022 roku do 17 w 2024 roku. Zakażenia wywołane przez inne wirusy, niż wirus kleszczowego zapalenia mózgu, stanowiły niewielki odsetek wszystkich zachorowań. Zakażenie wirusem opryszczki pospolitej typu 1 rozpoznano łącznie u trzech pacjentów, a zakażenie wirusem ospy wietrznej i półpaśca tylko u jednego chorego w 2024 roku (Ryc. 4, Tabela 1).

W latach 2022-2024 odnotowano łącznie 47 (13,2%) przypadków ZOMR o etiologii bakteryjnej. Liczba zakażeń wynosiła odpowiednio 14 w 2022 roku, 10 w 2023 roku oraz 23 w 2024 roku. W grupie tej 11 przypadków dotyczyło zakażeń wywołanych przez inne określone bakterie, w tym *S. pneumoniae*, *H. influenzae*, *Staphylococcus aureus*, *L. monocytogenes* oraz pałeczki Gram-ujemne, natomiast bakteryjne zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych o nieokreślonej etiologii rozpoznano u pięciu pacjentów. Klasyczne patogeny bakteryjne, takie

jak *S. pneumoniae* i *H. influenzae*, występowały rzadko i zostały stwierdzone wyłącznie w 2023 roku, po jednym przypadku.

Ropnie i ziarniniaki ośrodkowego układu nerwowego stanowiły odrębną grupę zakażeń bakteryjnych (n = 17), niewystępującą w 2022 roku; w latach 2023 i 2024 odnotowano odpowiednio 9 i 8 przypadków. Neuroborelioza, będąca powikłaniem choroby z Lyme, została rozpoznana łącznie u 12 pacjentów. Najwięcej przypadków odnotowano w 2022 roku (n = 6), a w 2023 i 2024 roku po 3 przypadki.

DYSKUSJA

W analizowanym okresie 2022-2024 zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych (ZOMR) pozostawały istotnym problemem zdrowotnym w północno-wschodniej Polsce, stanowiąc wyzwanie zarówno dla systemu opieki zdrowotnej, jak i nadzoru epidemiologicznego. Klinika Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku jest jedyną placówką w województwie podlaskim zajmującą się diagnostyką i leczeniem neuroinfekcji u dorosłych, dlatego hospitalizowani tam pacjenci najprawdopodobniej stanowią przeważającą większość przypadków z tego regionu.

Analiza dostępnych danych klinicznych jednoznacznie wskazuje na dominującą etiologię wirusową, w tym szczególnie zakażeń wywołanych przez wirusy kleszczowego zapalenia mózgu (KZM) (11). W badanym materiale zarejestrowano łącznie 197 przypadków zakażeń kleszczowego zapalenia mózgu, co stanowiło ponad połowę wszystkich wirusowych ZOMR. Liczba przypadków KZM wykazywała wyraźną tendencję wzrostową od 49 w 2022 r. do 76 w 2024 r., co wskazuje na realną i istotną dynamikę epidemiologiczną tego schorzenia w regionie. Jest to zgodne z danymi z innych regionów Polski – 466 przypadków w 2022 r., w porównaniu do 805 w 2024 r. (12). Analogiczne tendencje obserwuje się również w danych podawanych przez Europejskie Centrum Kontroli i Zapobiegania Chorób ECDC. Najbardziej dotknięte regiony to kraje bałtyckie (Litwa, Łotwa, Estonia), Austria, południowe Niemcy, Czechy, Słowenia oraz południowa Skandynawia (13,24).

Zgodnie z danymi Europejskiego Centrum ds. Zapobiegania i Kontroli Chorób (ECDC) z 2023 roku, Polska znajduje się w grupie krajów o średnim ryzyku występowania KZM, jednak obserwuje się stały wzrost liczby przypadków co powoduje, iż znalazła się na liście CDC obszarów zagrożonych KZM (15). W 2021 roku w Polsce odnotowano około 250 przypadków kleszczowego zapalenia mózgu (KZM). Zachorowania te koncentrowały się głównie w województwach podlaskim i warmińsko-mazurskim, które odpowiadały odpowiednio za około 45% i 25% wszystkich zgłoszonych przypadków. Wysoki odsetek przypadków w Podlaskiem

może być częściowo związany z wysoką dostępnością diagnostyki i efektywnością systemu zgłaszania przypadków KZM (16), ale również sugeruje, że w tym regionie liczebność kleszczy zakażonych wirusem KZM może być stosunkowo wysoka. Jednym z kluczowych czynników sprzyjających zachorowaniom jest zwiększona ekspozycja ludności na kontakt z kleszczami, wynikająca ze zmian klimatycznych sprzyjających rozszerzaniu się siedlisk tych wektorów oraz wydłużającego się okresu ich aktywności w ciągu roku. W konsekwencji rośnie ryzyko ukłuć nie tylko w klasycznym sezonie wiosenno-letnim, ale także jesienią, a także na terenach dotychczas nieuznawanych za obszary endemiczne (17). Obserwuje się również niewystarczający stan zaszczepienia przeciwko KZM, pomimo dostępności skutecznej szczepionki co możemy zaobserwować, porównując np. Polskę z Niemcami lub Czechami (18-20). W Polsce w 2022 r. przeciw KZM zaszczepiono 83 000 osób (21).

Drugim istotnym zjawiskiem obserwowanym w analizowanym okresie był wzrost liczby wirusowych ZOMR o nieokreślonej etiologii – z 6 przypadków w 2022 r. do 17 w 2024 r. Wzrost ten może wynikać z ograniczeń diagnostyki molekularnej, w tym braku uwzględnienia rzadkich lub nowo pojawiających się patogenów w stosowanych panelach PCR i testach serologicznych. W związku z tym niezbędne są inwestycje w nowoczesne technologie diagnostyczne, takie jak sekwencjonowanie nowej generacji (NGS), umożliwiające szerszą identyfikację czynników wirusowych oraz dokładniejsze różnicowanie etiologii zakażeń (22).

W latach 2022-2024 do grupy, których przyczyną były zakażenia bakteryjne zaliczono 47 przypadków, co stanowiło 13,2 % wszystkich zachorowań. W danych publikowanych przez NIZP PZH – PIB a dotyczących zachorowania na zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych lub mózgu w Polsce w roku 2023 udział etiologii bakteryjnej był większy i wynosił 43%. Natomiast w porównaniu do roku 2022 zaobserwowano wzrost o ponad 39% – z 848 do 1185 w roku 2023 (23). Bardzo rzadko obserwowano zakażenia *H. influenzae* i *S. pneumoniae*, co może pośrednio odzwierciedlać wpływ programów szczepień oraz zmiany epidemiologiczne, jednak interpretacja ta jest ograniczona brakiem danych o statusie szczepień i strukturze wieku. Pojedynczy przypadek *H. influenzae* u osoby dorosłej wskazuje na potrzebę dalszej oceny ryzyka w grupach ryzyka, w tym u seniorów i pacjentów z obniżoną odpornością lub chorobami współistniejącymi (24,25).

W analizowanej grupie neuroborelioza stanowiła jedynie 2,5% wszystkich przypadków ZOMR. Pomimo niskiego i stabilnego odsetka zachorowań, choroba ta bywa często mylona z innymi zakażeniami odkleszczowymi, co podkreśla znaczenie systematycznego nadzoru jakościowego nad stosowanymi metodami diagnostycznymi oraz konieczność precyzyjnego różnicowania klinicznego i laboratoryjnego (26,27).

Analizowane dane epidemiologiczne wskazują na wyraźną przewagę zakażeń wirusowych nad bakteryjnymi oraz rosnącą rolę czynników środowiskowych i społecznych w kształtowaniu dynamiki zachorowań co jest w pełni zgodne z danymi krajowymi oraz zagranicznymi (12,13). W związku z tym konieczne są skoordynowane działania obejmujące: intensyfikację szczepień ochronnych przeciwko patogenom uznawanym za główne przyczyny zapalenia mózgu / zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych, edukację społeczną w zakresie profilaktyki zakażeń odkleszczowych, dalszego rozwój diagnostyki (w tym również molekularnej) w kierunku infekcji wirusowych o nieokreślonej etiologii oraz skuteczniejsze raportowanie i monitorowanie przypadków ZOMR, obejmując także infekcje niewykrywalne w oparciu o standardowe procedury diagnostyczne.

Ograniczenia. Diagnostyka serologiczna KZM oparta na metodzie ELISA ma swoje ograniczenia wynikające z możliwości wystąpienia reakcji krzyżowych z przeciwciałami wytworzonymi przez organizm pacjenta w odpowiedzi na zakażenia innymi flawiwirusami (np. wirusami dengi, żółtej gorączki) lub po szczepieniach przeciwko tym patogenom, co w efekcie daje fałszywie pozytywny wynik. W związku tym w populacjach narażonych na kontakt z innymi flawiwirusami, konieczne jest potwierdzenie uzyskanych wyników testem neutralizacji. U pacjentów, którzy zachorowali mimo wcześniejszego szczepienia, istotne jest wykazanie syntezy swoistych przeciwciał w płynie mózgowo-rdzeniowym (27-29). Należy również pamiętać, że przy zbyt wczesnym wykonaniu testu stężenie przeciwciał może być zbyt niskie i zostanie uzyskany fałszywie negatywny wynik.

Dodatkowo, detekcja materiału genetycznego wirusa w oparciu o technikę PCR jest możliwa jedynie we wczesnej fazie choroby, gdyż w fazie neurologicznej czułość i swoistość tej metody są zbyt niskie, co utrudnia jej rutynowo stosowanie (27).

Pandemia COVID-19 mogła istotnie wpłynąć na obserwowaną liczbę zachorowań w początkowym okresie analizy. W 2022 r. odnotowano mniejszą liczbę przypadków ZOMR, w tym KZM, co może wynikać z przedłużających się skutków pandemii, takich jak ograniczona mobilność społeczna i zmniejszona aktywność na świeżym powietrzu w poprzednich latach, co ograniczało ekspozycję na kleszcze. Ponadto, część pacjentów mogła opóźniać kontakt z placówkami medycznymi ze względu na obawę przed zakażeniem SARS-CoV-2 oraz zmiany w modelu opieki zdrowotnej, co mogło wpływać na interpretację wczesnych trendów epidemiologicznych (30,31). Należy jednak zaznaczyć, że w Polsce w 2022 r. nie było już restrykcji pandemicznych, a zgodnie z danymi ECDC w 2022 r. 20 krajów UE/EOG zgłosiło 3516 potwierdzonych przypadków KZM, co stanowi wzrost o 14% w porównaniu z 2021 r.

(13), co wskazuje na ogólny wzrost zapadalności w Europie, mimo lokalnych wahań w Polsce w początkowym okresie analizy.

PIŚMIENNICTWO

1. Johansson Kostenniemi U, Norman D, Borgström M, Silfverdal SA. The clinical presentation of acute bacterial meningitis varies with age, sex and duration of illness. *Acta Paediatr.* 2015;104(11):1117–1124. doi:10.1111/apa.13149
2. Bulaeva A, Derber C. Bacterial Meningitis. *Med Clin North Am.* 2025;109(3):587–599. doi:10.1016/j.mcna.2024.12.012
3. Fouad R, Khairy M, Fathalah W, Gad T, El-Kholy B, Yosry A. Role of clinical presentations and routine CSF analysis in the rapid diagnosis of acute bacterial meningitis in cases of negative Gram stained smears. *J Trop Med.* 2014;2014:213762. doi:10.1155/2014/213762
4. Runde TJ, Anjum F, Hafner JW Jr. Bacterial Meningitis. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
5. Cantu RM, Das JM. Viral Meningitis. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
6. Wright WF, Pinto CN, Palisoc K, Baghli S. Viral (aseptic) meningitis: A review. *J Neurol Sci.* 2019;398:176–183. doi:10.1016/j.jns.2019.01.050
7. Coureuil M, Join-Lambert O, Lécuyer H, Bourdoulous S, Marullo S, Nassif X. Mechanism of meningeal invasion by *Neisseria meningitidis*. *Virulence.* 2012;3(2):164–172. doi:10.4161/viru.18639
8. Mrozowska-Nyckowska K, Zbrzeźniak J, Paradowska-Stankiewicz I. Meningitis and encephalitis in Poland in 2022. *Przegl Epidemiol.* 2024;78(2):219–234. doi:10.32394/pe/191221
9. Rosińska M, Czarkowski MP, Sadkowska-Todys M. Infectious diseases in Poland in 2022. *Przegl Epidemiol.* 2024;78(4):524–542. doi:10.32394/pe/202170
10. Chmielewski T, Dunaj J, Gołąb E, Gut W, Horban A, Pancewicz S, Puacz E, Szelenbaum-Cielecka D, Tylewska-Wierzbanowska S; Grupa Robocza Krajowej Izby Diagnostów Laboratoryjnych, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Konsultant Krajowy ds. chorób zakaźnych, Klinika Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji UMB, Polskie Towarzystwo Wirusologiczne. Diagnostyka laboratoryjna chorób odkleszczowych: rekomendacje. Warszawa: Krajowa Izba

- Diagnostów Laboratoryjnych; 2014. 27 p. Available from: https://kiol.org.pl/get-file/150_05kleszcze-z-okladka.pdf
11. Gray JS, Dautel H, Estrada-Peña A, Kahl O, Lindgren E. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe. *Interdiscip Perspect Infect Dis*. 2009;2009:593232. doi:10.1155/2009/593232
 12. Infectious Diseases and Poisonings in Poland in 2024. Bulletin of the National Institute of Public Health NIH – National Research Institute and Chief Sanitary Inspectorate: Warsaw, 2025 Available from: https://wwwold.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/2024/Ch_2024.pdf
 13. ECDC. Tick-borne encephalitis. Annual Epidemiological Report for 2022. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control; 2024. Available from: https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/tick-borne-encephalitis-annual-epidemiological-report-2022_0.pdf
 14. ECDC. Locally-acquired tick-borne encephalitis cases. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/infectious-disease-topics/tick-borne-encephalitis/surveillance-and-updates/locally-acquired-tbe>
 15. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Areas at Risk for Tick-borne Encephalitis. Atlanta: CDC. Available from: <https://www.cdc.gov/tick-borne-encephalitis/data-maps/index.html>
 16. Zakład Epidemiologii Chorób Zakaźnych i Nadzoru, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny. Kleszczowe zapalenie mózgu w Polsce i na świecie. Ocena sytuacji epidemiologicznej KZM w Polsce w latach 2015–2019 w oparciu o dane pochodzące z nadzoru epidemiologicznego [raport]. Warszawa: NIZP-PZH; 2021. Available from: https://www.pzh.gov.pl/wp-content/uploads/2021/03/KleszczoweZapalenieMozgu-raport-PZH_2021.pdf
 17. Bojkiewicz E, Toczyłowski K, Grygorczuk S, Zelazowska-Rutkowska B, Dunaj J, Zebrowska A, et al. The prevalence of asymptomatic infections with tick-borne encephalitis virus and attitude towards tick-borne encephalitis vaccine in the endemic area of northeastern Poland. *Vaccines (Basel)*. 2022;10(8):1294. doi:10.3390/vaccines10081294.
 18. Mrozowska-Nyckowska K, Zbrzeźniak J, Paradowska-Stankiewicz I. Zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych i mózgu w 2022 roku. *Przegl Epidemiol*. 2024;78(1):1–12. doi:10.32394/pe/191221

19. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Tick-borne encephalitis (TBE) in Europe: new maps published. Stockholm: ECDC; 2025 Apr 15 [cytowane 2025 Sep 21]. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/news-events/tick-borne-encephalitis-tbe-europe-new-maps-published>
20. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny. Meldunki o zachorowaniach na choroby zakaźne, zakażeniach i zatruciach w Polsce, 2009-2023. Warszawa: NIZP-PZH; 2023 [cytowane 2024 Mar 13]. Available from: https://wwwold.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/index_p.html#01
21. Vaccinations in Poland in 2022. Bulletin of the National Institute of Public Health NIH – National Research Institute and Chief Sanitary Inspectorate: Warsaw, 2023 [Accessed 2024 Mar 15]. Available from: https://wwwold.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/2022/Sz_2022.pdf
22. Koelman DLH, Brouwer MC, ter Horst L, Bijlsma MW, van der Ende A, van de Beek D. Pneumococcal meningitis in adults: A prospective nationwide cohort study over a 20-year period. *Clin Infect Dis*. 2022;74(4):657–667. doi:10.1093/cid/ciab477
23. Kunze M, Banović P, Bogović P, Briciu V, Čivljak R, Dobler G, et al. Recommendations to improve tick-borne encephalitis surveillance and vaccine uptake in Europe. *Microorganisms*. 2022;10(7):1283. doi:10.3390/microorganisms10071283
24. Martin NG, Sadarangani M, Pollard AJ, Goldacre MJ. Hospital admission rates for meningitis and septicaemia caused by *Haemophilus influenzae*, *Neisseria meningitidis*, and *Streptococcus pneumoniae* in children in England over five decades: a population-based observational study. *Lancet Infect Dis*. 2014;14(5):397–405. doi:10.1016/S1473-3099(14)70027-1
25. Kazberuk M, Kondrat A, Nienałowski M, Czupryna P, Pancewicz S, Zajkowska J, et al. Assessment of the accuracy of initial diagnoses and the frequency of clinical forms of Lyme disease among hospitalized patients: a single-center study. *Przegl Epidemiol*. 2025. doi:10.32394/pe/209790
26. Nordberg CL, Bodilsen J, Knudtzen FC, Storgaard M, Brandt C, Wiese L, et al. Lyme neuroborreliosis in adults: A nationwide prospective cohort study. *Ticks Tick Borne Dis*. 2020;11(4):101411. doi:10.1016/j.ttbdis.2020.101411
27. Kuchar E, Zajkowska J, Flisiak R, Mastalerz-Migas A, Rosińska M, Szenborn L, et al. Epidemiologia, diagnostyka i profilaktyka kleszczowego zapalenia mózgu w Polsce i wybranych krajach europejskich – stanowisko polskiej grupy ekspertów. *Med Pr*. 2021;72(2):193–210. doi:10.13075/mp.5893.01063

28. Vilibic-Cavlek T, Ferenc T, Vujica Ferenc M, Bogdanic M, Potocnik-Hunjadi T, Sabadi D, et al. Cross-reactive antibodies in tick-borne encephalitis: Case report and literature review. *Antibodies (Basel)*. 2022;11(4):72. doi:10.3390/antib11040072
29. Dobler G, Treib J, Kiessig ST, Blohn WV, Frösner G, Haass A. Diagnosis of tick-borne encephalitis: evaluation of sera with borderline titers with the TBE-ELISA. *Infection*. 1996;24(5):405–406. doi:10.1007/BF01716097
30. Grygorczuk S, Dunaj-Małyшко J, Czupryna P, Sulik A, Toczyłowski K, Siemieniako-Werszko A, et al. The detectability of the viral RNA in blood and cerebrospinal fluid of patients with tick-borne encephalitis. *Int J Mol Sci*. 2022;23(16):9332. doi:10.3390/ijms23169332
31. Mrożek-Gąsiorowska MA. Assessment of the impact of the COVID-19 pandemic on the level of health care services in Poland – a review. *Med Og Nauk Zdr*. 2023;29(4):251–261. doi:10.26444/monz/177033

Received: 01.03.2026

Accepted for publication: 07.08.2026

Otrzymano: 01.03.2026 r.

Zaakceptowano do druku: 07.08.2026 r.

Address for correspondence:

Adres do korespondencji:

Michał Nienaltowski

Studenckie Koło Naukowe

przy Klinice Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji,

Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

email: nienaltowski1@o2.pl