

Piotr Czupryna<sup>1</sup>, Anna Moniuszko<sup>1</sup>, Sławomir Pancewicz<sup>1</sup>, Olga Zajkowska<sup>2</sup>, Adam Garkowski<sup>1</sup>, Sambor Grygorczuk<sup>1</sup>, Maciej Kondrusik<sup>1</sup>, Joanna Zajkowska<sup>1</sup>

## WPLYW CZYNNIKÓW KLIMATYCZNYCH, DEMOGRAFICZNYCH I SOCJOEKONOMICZNYCH NA ZAPADALNOŚĆ NA KLESZCZOWE ZAPALENIE MÓZGU W 6 POWIATACH WOJEWÓDZTWA PODLASKIEGO W LATACH 1994-2014

<sup>1</sup>Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Klinika Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji

<sup>2</sup>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Fakultet Zastosowań Matematyki i Informatyki

### STRESZCZENIE

**CEL.** Celem pracy była analiza wpływu czynników klimatycznych, demograficznych i socjoekonomicznych na zapadalność na kleszczowe zapalenie mózgu (KZM) w województwie podlaskim. Analizie poddano dane z 6 powiatów w województwie podlaskim (białostocki, suwalski, hajnowski, grajewski, kolneński, siemiatycki) w latach 1994-2014.

**MATERIAŁ I METODY.** Analizowano następujące dane: średnia, minimalna i maksymalna temperatura (mierzona na wysokości 2 m nad poziomem gruntu), amplitudy temperatury, opady, liczby dni z opadami śniegu i czas zalegania pokrywy śnieżnej, liczbę ludności każdego powiatu, liczbę osób zatrudnionych w grupach ryzyka, jak leśników, myśliwych, rolników i bezrobotnych, powierzchnia każdego powiatu, lasów i gruntów rolnych.

**WYNIKI.** Analiza statystyczna wykazała korelację pomiędzy zapadalnością na KZM i średnimi temperaturami powietrza w kwietniu i lipcu. Ponadto stwierdzono korelację między częstością występowania KZM i sumą opadów w kwietniu. Nie stwierdzono istotnych korelacji pomiędzy czynnikami socjoekonomicznymi i zmianami zagospodarowania terenu a zapadalnością na KZM.

**Słowa kluczowe:** KZM, zapadalność, czynniki klimatyczne, czynniki socjoekonomiczne, region podlaski

### WSTĘP

Kleszcze stanowią jedną z najliczniejszych grup wektorów chorób zakaźnych. Mogą przenosić takie patogeny jak m.in. wirus kleszczowego zapalenia mózgu (KZM), *Borrelia burgdorferi*, *Babesia*, *Anaplasma* (1).

KZM jest uznawane za chorobę wskaźnikową w analizie epidemiologicznej zapadalności na choroby odkleszczowe. Wszystkie zachorowania na KZM podlegają zgłoszeniu do Powiatowej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej. Ponadto w większości przypadków zachorowania na KZM możliwe jest określenie przybliżonego czasu zakażenia, gdyż choroba rozwija się najczęściej w przeciągu miesiąca od pokłucia przez kleszcza (2).

W Polsce rejonem endemicznym zachorowań na choroby odkleszczowe jest województwo podlaskie.

Zachorowania na KZM rejonu województwa białostockiego (przed reformą administracyjną w 1998 roku) i podlaskiego (po reformie) stanowiły odpowiednio 43% i 46% wszystkich przypadków tej choroby w Polsce (3). Badania prowadzone na tym obszarze wykazały znaczny wzrost zapadalności na KZM w ciągu ostatnich 20 lat (3). Podobne zmiany obserwowano w wielu krajach europejskich (4,5,6).

Zjawisko to próbowano tłumaczyć m.in. wpływem ocieplenia klimatu na wzrost populacji kleszczy, bądź zmianami socjoekonomicznymi i demograficznymi, które sprzyjały częstszym kontaktom ludzi z kleszczami (5-12).

Celem pracy było poszukiwanie możliwych zależności pomiędzy czynnikami meteorologicznymi i socjoekonomicznymi a zapadalnością na KZM w Województwie Podlaskim.

## MATERIAŁ I METODY

Przeanalizowano dane meteorologiczne z 6 powiatów województwa podlaskiego (białostocki, suwalski, hajnowski, grajewski, kolneński, siemiatycki) z lat 1994-2014. Powiaty zostały wybrane ze względu na zapadalność na KZM (białostocki, suwalski, hajnowski – wysoka zapadalność, siemiatycki, kolnenski, grajewski – niska zapadalność).

Dane odnośnie zapadalności na KZM uzyskano z Państwowego Zakładu Higieny. Dokładne dane dotyczące zapadalności w poszczególnych powiatach były dostępne od roku 1994 (od tego roku KZM podlega obowiązkowemu zgłaszaniu).

Dzienne dane meteorologiczne uzyskano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej oraz z Climatic Research Unit, Norwich. Analizowano: średnie, minimalne, maksymalne temperatury powietrza (mierzone 2m ponad poziomem gruntu), amplitudy temperatur (różnica między maksymalną i minimalną temperaturą), sumę opadu, liczbę dni z opadem śniegu oraz długość zalegania pokrywy śnieżnej w latach 1994-2014.

Dane demograficzne i socjoekonomiczne (liczba ludności, zatrudnienie w leśnictwie, myślistwie, bezrobocie, powierzchnia powiatów, zalesienie, obszary użytkowe) z lat 1994-2014 uzyskano z Głównego Urzędu Statystycznego oraz Wojewódzkiego Urzędu Pracy w Białymstoku.

W latach 2012-2013 wszyscy chorzy (90 pacjentów) hospitalizowanych w Klinice Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji z powodu KZM wypełnili ankietę dotyczącą okoliczności zachorowania i wiedzy o szczepieniach na KZM. Pacjenci pochodzili z całego województwa podlaskiego.

### Analiza statystyczna

Analizę statystyczną danych z 6 powiatów przeprowadzono metodą regresji GLS. Stworzono 2 prawdopodobne modele objaśniające zależności między zmianami zapadalności na KZM a warunkami klimatycznymi. Model I uwzględnia wpływ warunków klimatycznych w kwietniu, natomiast model II warunków klimatycznych w lipcu.

Oddzielnie przeprowadzono analizę metodą regresji OLS wyłącznie dla powiatu białostockiego. Do oceny korelacji między analizowanymi parametrami wykorzystano test Spearmana. Do analizy statystycznej używano programu Statistica 10. Za istotne statystycznie przyjęto  $p < 0.05$ .

## WYNIKI

### Epidemiologia KZM

Do roku 1992, na terenie obecnego Województwa Podlaskiego notowano 2-13 zachorowań na KZM rocznie (zapadalność 0,4-1,9/100000) (Ryc.1). W 1993 roku nastąpił znaczny wzrost zapadalności (15,9/100000). Od tego momentu liczba zachorowań wzrasta stopniowo z niewielkimi szczytami w 2003, 2006 i 2009 roku.

### Analiza danych klimatycznych

Porównanie średnich temperatur w 6 analizowanych powiatach z lat 1994-2000, 2001-2007, 2008-2014 wykazało stopniowe ocieplenie klimatu, a średnia temperatura powietrza w analizowanych okresach wynosiła odpowiednio:  $7,3^{\circ}\text{C} \pm 1,0$ ,  $7,4^{\circ}\text{C} \pm 0,6$ ,  $7,5^{\circ}\text{C} \pm 0,6$ .

Największe zmiany obserwowano w zakresie średnich, minimalnych i maksymalnych temperatur w drugiej i trzeciej dekadzie kwietnia oraz w trzeciej dekadzie października, drugiej i trzeciej dekadzie listopada.

W latach 1994-2000 średnia roczna suma opadów w badanych powiatach wynosiła –  $584,2 \pm 54,3$  mm, w latach 2001-2007 –  $561,0 \pm 67,5$  mm, w latach 2008-2014 –  $619,9 \pm 109,0$  mm.

W latach 1994-2000 średnia liczba dni z opadem śniegu w badanych powiatach wynosiła  $46 \pm 9,8$ /rok, w latach 2000-2007 –  $61,9 \pm 15,8$ /rok, a w latach 2008-2014 –  $62,4 \pm 16,1$ /rok.

Zapadalność na KZM korelowała istotnie statystycznie z liczbą dni z opadem śniegu ( $R = -0.42$ ,  $p < 0.05$ ) w kwietniu.

### Analiza danych demograficznych i socjoekonomicznych

Reforma administracyjna w 1998 roku nie wprowadziła istotnych zmian w powierzchni badanych obszarów. W powiatach suwalskim, hajnowskim, grajewskim, siemiatyckim, kolneńskim w latach 1994-2014 stwierdzono zmniejszenie powierzchni terenów rolnych, w powiecie białostockim – zwiększenie. We wszystkich badanych powiatach obserwowano zwiększenie powierzchni terenów leśnych.

Nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji zmian powierzchni terenów leśnych z zapadalnością na KZM. Zapadalność na KZM była znacząco wyższa w powiatach o wysokim odsetku terenów leśnych.

We wszystkich 6 powiatach obserwowano znaczne zmniejszenie liczby osób zatrudnionych w leśnictwie, myślistwie, rolnictwie.

Liczba osób bezrobotnych w województwie białostockim w 1990 roku wynosiła 29263 (8,5%), zaś w 1998 roku (przed reformą administracyjną) 29703 (9,4%).

Po reformie administracyjnej liczba osób bezrobotnych w województwie podlaskim w 1998 wynosiła 62750 (10,8%), zaś w roku 2014 – 60394 (12,9%).

Nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji między zmianą zatrudnienia a zapadalnością na KZM.

### Wyniki ankiety

Spośród 90 pacjentów, którzy wypełnili ankietę 60% stanowili mężczyźni. 34,5% stanowiły osoby pracujące, 16,7% - bezrobotni, 39,9% - emeryci i renciści, 8,8% - studenci.

44 osoby zostały pokłute przez kleszcza podczas zbierania grzybów, 12 – podczas rekreacji, 13 – podczas pracy (leśnicy, rolnicy), 21 osób nie pamiętało pokłucia przez kleszcza.

Do najczęściej podawanych przyczyn niezaszczepienia przeciwko KZM należały: brak wiedzy o istnieniu szczepionki (48 chorych) i brak świadomości ryzyka zakażenia KZM (42 chorych). Jedynie 8 osób uważało, że szczepionka jest zbyt droga.

### Analiza statystyczna

W założeniach analizy statystycznej przyjęto dwie prawdopodobne zależności między zmianą zapadalności na KZM a czynnikami klimatycznymi.

- 1) Warunki klimatyczne na danym obszarze mają kluczowe znaczenie dla liczby kleszczy w analizowanym obszarze. Zakładając, że odsetek zarażonych kleszczy pozostaje stały, wzrost liczebności kleszczy zwiększa jednocześnie ryzyko zakażenia wirusem KZM. Najważniejsze dla przeżycia kleszczy są warunki klimatyczne panujące w kwietniu, kiedy temperatury powietrza przekraczają 5, 7, 10°C (progi rozpoczęcia aktywności przez kolejne stadia kleszczy).
- 2) Sprzyjające warunki pogodowe mogą skłonić ludzi do częstszego przebywania ludzi na terenach leśnych (rekreacja), a tym samym zwiększać narażenie na pokłucie przez kleszcze. W analizie statystycznej poszukiwano zależności między zapadalnością na KZM a warunkami klimatycznymi w lipcu (początek wakacji letnich w Polsce).

Zastosowano analizę panelową i stworzono modele statystyczne. Ze względu na dużą liczbę prawdopodobnych zmiennych objaśniających i małą liczbę stopni swobody zastosowanie standardowych algorytmów nie było możliwe. Zmienne zostały wybrane arbitralnie na bazie danych literaturowych i własnego doświadczenia. Potencjalne związki przyczynowości zostały przeanalizowane oddzielnie.

### Model I

Zmiany występowania TBE można wyjaśnić zmianą warunków meteorologicznych w kwietniu. Po wnikliwej analizie wybraliśmy temperatury średnie

i sumę opadów atmosferycznych w 3 dekadach kwietnia. Uwzględniono zmienną trendu czasu. Tylko średnia temperatura w 2 dekadzie kwietnia jest istotna statystycznie. Pozostałe zmienne zostały zachowane ze względu na poprawę  $R^2$  modelu. Model w 24,52% objaśnia zmienność zapadalności na KZM na analizowanym terenie. Ten model jest przedstawiony w Tabeli I.

### Model II.

Zmiany występowania TBE można wyjaśnić zmianą warunków meteorologicznych w lipcu. Temperatury średnie w trzech dekadach lipca oraz trend czasowy wykazują istotność statystyczną, a suma opadów atmosferycznych w trzech dekadach lipca była nieistotna statystycznie i została usunięta z modelu. Model w 17,07% objaśnia zmienność zapadalności na KZM na analizowanym terenie. Ten model jest przedstawiony w Tabeli II.

Dane z powiatu białostockiego różniły się istotnie od danych z pozostałych powiatów, dlatego wykonano osobną analizę dla powiatu białostockiego przy użyciu regresji OLS. Istotne statystycznie są wartości średniej temperatury w drugiej dekadzie kwietnia i opadów w trzeciej dekadzie kwietnia. Proponowany model dla powiatu białostockiego w 80,38% wyjaśnia zmiany zapadalności na KZM w latach 1994-2014 (Tabela III).

## DYSKUSJA

Analizując zmiany w epidemiologii KZM należy uwzględnić co najmniej 3 czynniki: rezerwuar (głównie małe ssaki), wektor (kleszcz) i możliwość przeniesienia patogenu na człowieka. Zmiany klimatyczne mogą mieć wpływ na wszystkie te czynniki.

*I. ricinus* zaczyna żerowanie wiosną, gdy temperaturę powietrza przekroczy określoną wartość (7°C dla nimf i 10°C dla larw). Zarówno larwy jak i nimfy żerują na małych ssakach. Gdy temperatura powietrza przekroczy 10°C, możliwe staje się wspólne żerowanie larw i nimf na tym samym żywicielu (współżerowanie) i przenoszenie wirusa pomiędzy nimi. Skutkuje to wzrostem ilości zakażonych kleszczy (12). Wpływ temperatur powietrza w trzeciej dekadzie kwietnia i współżerowania na wzrost zapadalności w krajach nadbałtyckich opisywały m.in. *Randolph* i *Sumilo* (8,12,13). Potencjalny związek tych zjawiska ze wzrostem zapadalności na KZM w powiecie białostockim był również opisywany przez *Zajkowską* i wsp (14).

W opracowanych przez nas modelach statystycznych zapadalność na KZM dodatkowo korelowała ze średnimi temperaturami w trzeciej dekadzie kwietnia, zaś ujemnie ze średnimi temperaturami w drugiej dekadzie. Dopiero w trzeciej dekadzie kwietnia temperatury zaczynają przekraczać próg 10°C, więc niższe tempe-

ratury w drugiej dekadzie ułatwiają synchronizację żerowania larw i nimf.

Korelacje pomiędzy zapadalnością na KZM a średnimi temperaturami w lipcu trudno uzasadnić wpływem na cykl życiowy kleszczy. Bardziej prawdopodobne wydaje się oddziaływanie temperatur na aktywność ludzi (np. zbieranie grzybów, wypoczynek). Jest to zgodne z badaniami *Jaenson* i wsp, którzy m.in. w ten sposób wyjaśniali wzrost zapadalności na KZM w Szwecji w 2011r (15).

Wysokie temperatury powietrza późną jesienią wydłużają aktywność kleszczy i pozwalają na przeobrażenie larw w nimfy, co ułatwia kleszczom przetrwanie zimy. Dlatego obserwowany przez nas wzrost temperatur w październiku i listopadzie również może mieć wpływ na wzrost zapadalności na KZM.

Wpływ opadów na zapadalność na KZM jest niejednoznaczny. Kleszcze są wrażliwe na wysychanie, więc duży opad powinien spowodować wzrost ilości kleszczy i ułatwić żerowanie. Zbyt duży opad zwiększa jednak śmiertelność kleszczy.

Nasze badanie wykazało, że opad w kwietniu był jednym z głównych czynników wpływających na zapadalność na KZM w województwie podlaskim.

Pokrywa śnieżna chroni kleszcze przed niską temperaturą zimą. Zaleganie porywy śnieżnej wiosną opóźnia jednak rozpoczęcie przez nie żerowania. W naszym badaniu wykazaliśmy negatywną korelację między zapadalnością na KZM a czasem zalegania pokrywy śnieżnej w kwietniu.

Wielu autorów uważa, że mimo iż klimat odgrywa dużą rolę w zmianach zapadalności na KZM, to wpływ czynników socjoekonomicznych i zmiany zagospodarowania terenu jest bardziej istotny. *Randolph* i wsp oraz *Sumilo* i wsp wzrost zapadalności na KZM w krajach nadbałtyckich wiąże przede wszystkim ze zmianami ustrojowymi, które spowodowały częstszą ekspozycję ludzi na pokłucia przez kleszcze (wzrost bezrobocia, zbieranie grzybów jako metoda zarobkowania, likwidacja państwowych gospodarstw rolnych) (9,10,16).

Mimo, iż zmiany ustrojowe w Polsce przebiegały podobnie jak w krajach nadbałtyckich, nie obserwowano istotnego zmniejszenia odsetka terenów rolnych, przy niewielkim wzroście odsetka terenów leśnych.

W badanych powiatach stwierdzono zmniejszenie zatrudnienia w zawodach związanych z narażeniem na

pokłucie przez kleszcze (leśnicy, rolnicy, myśliwi). Nie stwierdzono jednak istotnej korelacji z zapadalnością na KZM.

*Godfrey* i *Randolph* badali przyczyny wzrostu zapadalności na KZM w 2009 r w Polsce, na Litwie i Łotwie. Autorzy przypisali największy udział w tym zjawisku zwiększenia liczby osób zbierających grzyby oraz niskiemu wskaźnikowi szczepień na KZM (17).

Wyniki ankiety wskazują, że prawie połowa chorych została pokłuta przez kleszcze podczas zbierania grzybów, a 39,9% pacjentów stanowili emeryci i renciści. Ta grupa ludności wydaje się więc być najbardziej narażona na zachorowanie na KZM.

Wg badań *Barszcz* i wsp. z roku 2004 źródłem utrzymania 27% populacji polskiej w miesiącach letnich i 18% podczas całego roku jest dochód pochodzących ze sprzedaży owoców runa leśnego (18). Wg danych GUS w 2014 roku ludność w wieku poprodukcyjnym stanowiła 18,7%. Porównując te dane z wynikami przeprowadzonej przez nas ankiety można wysnuć wniosek, że grupy są szczególnie narażone na pokłucia przez kleszcze i zachorowanie na KZM.

Ponadto wyniki ankiety wskazują, że wiedza o szczepieniach przeciwko KZM jest bardzo mała, a brak wiedzy o szczepionce był podawany jako główna przyczyna braku szczepień.

## WNIOSKI

Wzrost zapadalności na KZM w województwie podlaskim został wywołany wieloma czynnikami, zarówno klimatycznymi, jak i socjoekonomicznymi. Wydaje się jednak, że odmiennie niż np. w krajach nadbałtyckich decydującą rolę odgrywały tu zmiany klimatyczne.

Otrzymano: 17.07.2015 r.

Zaakceptowano do publikacji: 11.01.2016 r.

### Adres do korespondencji:

Piotr Czupryna  
Klinika Chorób Zakaźnych i Neuroinfekcji  
Uniwersytet Medyczny w Białymstoku  
ul. Żurawia 14, 15-540 Białystok  
Tel. 85 7409514  
e-mail: avalon-5@wp.pl