

# Charakterystyka chlamydii z rodziny Chlamydiaceae chorobotwórczych dla ludzi i zwierząt

MAŁGORZATA PAWLIKOWSKA, WIESŁAW DEPTUŁA

Katedra Mikrobiologii, Wydział Biologii, Uniwersytet Szczeciński, ul. Felczaka 3c, 71-412 Szczecin

Pawlikowska M., Deptuła W.

## Characteristics of the Chlamydia of the family Chlamydiaceae that are pathogenic to humans and animals

### Summary

The classification of the bacteria of the family Chlamydiaceae has undergone significant changes over the last 30 years. Initially, from the 1950s onwards, the genus *Chlamydia* (C.) included only two species: *C. trachomatis* and *C. psittaci*. Later, in the late 1980s and early 1990s, another two species, *C. pneumonia* and *C. pecorum*, were isolated from the existing species *C. psittaci*. The year 1999 saw a revolution in the chlamydial taxonomy: since, on the basis of molecular research, two genera were distinguished: the genus *Chlamydia* with 3 species (*C. trachomatis*, *C. suis*, *C. muridarum*) and the genus *Chlamydophila* (Cp.) with 6 species (Cp. *psittaci*, Cp. *pneumoniae*, Cp. *pecorum*, Cp. *abortus*, Cp. *felis*, Cp. *caviae*). In the last 2-3 years, further molecular studies have shown that, in fact, the Chlamydiaceae family comprises a single genus *Chlamydia* with 9 species. In this paper we present the changes that have occurred in the *Chlamydia* genus according to Bergey's bacterial taxonomy. The paper also presents the history of the nomenclature of those bacteria and short descriptions of the nine species of *Chlamydia*, including the most recent data.

**Keywords:** chlamydia, taxonomy

W związku z faktem pojawienia się nowego wydania Bergey's Manual of Systematic Bacteriology z lat 2001-2012 roku (10) i zmian w taksonomii tych bakterii, prezentujemy charakterystykę chlamydii chorobotwórczych dla ludzi i zwierząt po obecnej klasyfikacji. Ta taksonomia chlamydii powstała głównie w oparciu o analizę filogenetyczną konserwatywnych fragmentów 16S rRNA i 23S rRNA (10), natomiast wcześniejsza systematyka opierała się o homologię DNA oraz kształt ciałek elementarnych (EB), wybarwienie jodyną inkluzji, a także antybiotyko-wrażliwość (2). Obecna (10), tak jak i poprzednia (2) systematyka tych bakterii, wyodrębniła 9 gatunków chlamydii, wśród których wyróżniono (choć nie u wszystkich), biotypy, serotypy oraz, na podstawie tylko badań testem MIF (mikroimmunofluorescencji) (1), wskazano na istnienie immunotypów, które potwierdzono na podstawie badań immunologicznych wśród *Chlamydia trachomatis* – biotyp trachoma i *Chlamydia psittaci* – biotyp 1 (szczep CAMP R-24 i szczep Gołtowo) oraz biotyp 3-9 (szczep 6BC) (cyt. 15 oraz 15).

Obecnie (10) w rodzinie Chlamydiaceae uwzględniono powracający do historycznej nazwy rodzajowej tylko jeden rodzaj *Chlamydia*, którego nazwa w piśmiennictwie pojawiła się już w 1945 r. Według pierw-

szego wydania systematyki bakteriologicznej (2), chlamydie sklasyfikowane były w rodzinie Chlamydiaceae i rodzaju *Chlamydia* (C.) z dwoma gatunkami *C. trachomatis* i *C. psittaci*. Badania z przełomu lat 80. i 90. XX w., wyodrębniły z *C. trachomatis* – *C. pneumoniae* tzw. czynnik TWAR izolowany od ludzi (7) oraz *C. pecorum* z *C. psittaci*, izolowany od bydła i koala (5, 6). Pierwsza reklasyfikacja tych zarazków nastąpiła w 1999 roku, kiedy Everett i wsp. (4) zaproponowali rozdział chlamydii w obrębie rodziny Chlamydiaceae na dwa rodzaje: *Chlamydia* sp. i *Chlamydophila* sp. nov. Rodzaj *Chlamydia* sp. obejmował gatunki związane z *Chlamydia trachomatis*, w tym te, które izolowano od świń (*Chlamydia suis*) oraz myszy i chomików (*Chlamydia muridarum*), zaś rodzaj *Chlamydophila* sp. obejmował gatunki: *C. psittaci*, *C. pneumoniae* i *C. pecorum* oraz nowe gatunki wyodrębnione z *C. psittaci*, to jest: *Chlamydophila* (Cp.) *abortus*, Cp. *felis*, Cp. *caviae* (tab. 1). Takie rozwiązanie dokonane zostało na podstawie Kodu Nomenklatury (13), wg którego podział taki był możliwy, gdy w obrębie rodzaju spotyka się gatunki typowe – takim typowym gatunkiem w obrębie rodzaju *Chlamydia* był szczep A/Har-13<sup>T</sup> *Chlamydia trachomatis* – oraz na podstawie podobieństwa genetycznego, jako że podobieństwo we fragmencie 16S

Tab. 1. Obowiązująca (10) i poprzednia (2) systematyka bakterii z rzędu *Chlamydiales*

| Obowiązująca klasyfikacja |                                                                                | Poprzednia klasyfikacja |                       |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Rząd                      | Chlamydiales                                                                   |                         |                       |
| Rodzina                   | <i>Chlamydiaceae</i>                                                           | Rodzina                 | <i>Chlamydiaceae</i>  |
| Rodzaj                    | <i>Chlamydia</i> (C.)                                                          | Rodzaj                  | <i>Chlamydia</i> (C.) |
| Gatunek                   | <i>C. trachomatis</i><br><i>C. suis</i><br><i>C. muridarum</i>                 | Gatunek                 | <i>C. trachomatis</i> |
| Gatunek                   | <i>C. psittaci</i><br><i>C. abortus</i><br><i>C. felis</i><br><i>C. caviae</i> | Gatunek                 | <i>C. psittaci</i>    |
| Gatunek                   | <i>C. pecorum</i>                                                              | Gatunek                 | <i>C. pecorum</i>     |
| Gatunek                   | <i>C. pneumoniae</i>                                                           | Gatunek                 | <i>C. pneumoniae</i>  |
| Rodzina                   | <i>Parachlamydiaceae</i>                                                       |                         |                       |
| Rodzaj                    | <i>Parachlamydia</i> (P.)                                                      |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>P. acanthamoebae</i>                                                        |                         |                       |
| Rodzaj                    | <i>Neochlamydia</i> (N.)                                                       |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>N. hartmanellae</i>                                                         |                         |                       |
| Rodzaj                    | <i>Protochlamydia</i> (Pr.)                                                    |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>Pr. amoebophila</i>                                                         |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>Pr. neagreliophila</i>                                                      |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>Candidatus Metachlamydia lacustris</i>                                      |                         |                       |
| Rodzina                   | <i>Simkaniaceae</i>                                                            |                         |                       |
| Rodzaj                    | <i>Simkania</i> (S.)                                                           |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>S. negevensis</i>                                                           |                         |                       |
| Rodzaj                    | <i>Candidatus Fritschea</i>                                                    |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>Candidatus Fritschea bemisiae</i>                                           |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>Candidatus Fritschea eriococci</i>                                          |                         |                       |
| Rodzina                   | <i>Rhabdochlamydiaceae</i>                                                     |                         |                       |
| Rodzaj                    | <i>Rhabdochlamydia</i> (R.)                                                    |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>R. porcellionis</i>                                                         |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>R. crassificans</i>                                                         |                         |                       |
| Rodzina                   | <i>Waddliaceae</i>                                                             |                         |                       |
| Rodzaj                    | <i>Waddlia</i> (W.)                                                            |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>W. chondrophila</i>                                                         |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>W. malaysiensis</i>                                                         |                         |                       |
| Rodzina                   | <i>Candidatus Piscichlamydiaceae</i>                                           |                         |                       |
| Rodzaj                    | <i>Candidatus Piscichlamydia</i>                                               |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>Candidatus Piscichlamydia salmonis</i>                                      |                         |                       |
| Rodzina                   | <i>Candidatus Clavichlamydiaceae</i>                                           |                         |                       |
| Rodzaj                    | <i>Candidatus Clavichlamydia</i>                                               |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>Candidatus Clavichlamydia salmonicola</i>                                   |                         |                       |
| Rodzina                   | <i>Criblamydiaceae</i>                                                         |                         |                       |
| Rodzaj                    | <i>Criblamydia</i>                                                             |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>Criblamydia sequanensis</i>                                                 |                         |                       |
| Gatunek                   | <i>Estrella lausannensis</i>                                                   |                         |                       |

rRNA obu rodzajów, to jest *Chlamydia* i *Chlamydophila*, było na poziomie > 96% (4). Klasyfikacja ta (4) wyodrębniła nadto bardzo ważne, chorobotwórcze dla człowieka i zwierząt, chlamydie środowiskowe – reprezentowane przez dwie rodziny: *Simkaniaceae* i *Parachlamydiaceae*, by opisać w kolejnych latach (cyt. 15) pięć następnych rodzin (*Rhabdochlamydiaceae*, *Waddliaceae*, *Candidatus Piscichlamydiaceae*, *Candidatus Clavichlamydiaceae*,

*Criblamydiaceae*) (tab. 1). Dodać należy, że wśród chlamydii środowiskowych wiele jest niehodowlanych, a były one identyfikowane jedynie metodami molekularnymi w środowisku wodnym lub stwierdzano je jako endosymbionty owadów lub ryb (15).

Powrót do nazwy rodzajowej *Chlamydia* (C.) dyskutowany był już w momencie wprowadzenia przez Everett i wsp. (4) nowej nazwy w postaci *Chlamydophila sp. nov.*, bo wielu badaczy nadal używało jedynie jednej nazwy rodzajowej *Chlamydia* w odniesieniu do obydwu nowych rodzajów *Chlamydia* i *Chlamydophila*. Pierwsze sugestie odnośnie do powrotu tylko do rodzaju *Chlamydia* pojawiły się w piśmiennictwie w 2009 r. (20). Autorzy tej pracy (20) uwzględniając dane genetyczne i założenia Kodu Nomenklatury, z którego wynika, że podobieństwo genetyczne wynoszące powyżej 95%, warunkuje przynależność gatunków do jednej rodziny, zaproponowali ich przynależność do rodziny *Chlamydiaceae* z jednym rodzajem *Chlamydia*. Także Podkomitet ds. Taksonomii Chlamydii w ramach Międzynarodowego Komitetu ds. Taksonomii Prokariotów (8, 9) przyjął i potwierdził propozycję powrotu tylko do jednego rodzaju *Chlamydia* w obrębie rodziny *Chlamydiaceae*. Zespół ten (8, 9) zgodził się też z wcześniejszymi propozycjami Everett i wsp. (4), dotyczącymi klasyfikacji i przynależności tych bakterii do rzędu, rodziny i rodzaju na podstawie podobieństwa genetycznego regionu 16S rRNA, odpowiednio, na poziomie 80%, 90% i 95%. Komitet ten (9) zasugerował jednakże obniżenie granicy podobieństwa genetycznego w przypadku zaliczania bakterii do rzędu *Chlamydiales* pod warunkiem, że posiadają cechy typowe dla chlamydii, takie jak dwufazowy cykl rozwojowy i wewnątrzkomórkowe bytowanie. Dodać należy, że analizując 110 łączonych genów konserwatywnych dla wszystkich genomów bakterii z rodziny *Chlamydiaceae*, wykazano, że istnieje pewna rozbieżność pomiędzy poszczególnymi gatunkami *Chlamydia sp.*, jako że *C. trachomatis*, *C. muridarum*, *C. pneumoniae* i *C. pecorum* tworzą odrębny klaster w stosunku do gatunków: *C. psittaci*, *C. abortus*, *C. felis* i *C. caviae*, choć nie powoduje to ich zróżnicowania w znaczeniu biologicznym, w tym klinicznym (20).

Obecna systematyka chlamydii (10) grupuje te bakterie w domenę XXIV *Chlamydiae*, z jedną klasą *Chlamydia class. nov.* i z jednym rzędem *Chlamydiales*, który reprezentowany jest przez 8 rodzin: *Chlamydiaceae*, „*Candidatus Clavichlamydiaceae*”, *Criblamydiaceae*, *Parachlamydiaceae*, „*Candidatus Piscichlamydiaceae*”, *Rhabdochlamydiaceae*,

Tab. 2. Charakterystyka zakażeń u typowego gospodarza bakteriami z rodzaju *Chlamydia* (cyt. 15)

| Cechy biologiczne                              | Gatunek chlamydii                                  |                         |                                                           |                                                                    |                             |                                                          |                                      |                                         |                                                        |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                | <i>trachomatis</i>                                 | <i>suis</i>             | <i>muridarum</i>                                          | <i>psittaci</i>                                                    | <i>pneumoniae</i>           | <i>pecorum</i>                                           | <i>abortus</i>                       | <i>felis</i>                            | <i>caviae</i>                                          |
| Gospodarz typowy*                              | człowiek                                           | świnia                  | myszy, chomiki                                            | ptaki                                                              | człowiek, koala, konie      | bydło, koala                                             | owce, bydło                          | kot domowy                              | świnka morska                                          |
| Droga wniknięcia                               | donosowo, dospojówkowo, układ rozrodczy, odbytница | donosowo                | donosowo, układ rozrodczy                                 | donosowo, dospojówkowo, układ rozrodczy                            | donosowo, dospojówkowo      | doustnie                                                 | doustnie, układ rozrodczy            | donosowo, dospojówkowo, układ rozrodczy | donosowo, dospojówkowo, układ rozrodczy, układ moczowy |
| Narządy/układy zakażane                        | spojówki, płuca, układ rozrodczy, stawy, prostata  | spojówki, płuca, jelita | płuca, wątroba, śledziona, jelita, nerki, układ rozrodczy | spojówki, mózg, płuca, jelita, wątroba, śledziona, układ rozrodczy | mózg, płuca, tętnice, stawy | spojówki, mózg, jelita, pęcherz moczowy, stawy, prostata | jelita, śledziona, wątroba, płożysko | spojówki, płuca, stawy, układ rozrodczy | spojówki, płuca, układ rozrodczy, pęcherz moczowy      |
| Transmisja z krwiobiegiem                      | możliwa                                            | brak danych             | brak danych                                               | możliwa                                                            | możliwa                     | możliwa                                                  | możliwa                              | możliwa                                 | brak danych                                            |
| Występowanie bezobjawowe u gospodarza typowego | stwierdzone                                        | stwierdzone             | stwierdzone                                               | stwierdzone                                                        | stwierdzone                 | stwierdzone                                              | stwierdzone                          | brak danych                             | brak danych                                            |

Objaśnienia: \* – poszczególne gatunki *Chlamydia sp.* izolowane były także od innych gospodarzy niż typowy (cyt. 15): *C. trachomatis* izolowana była także od bydła; *C. suis* – od dzików, bydła, koni, kotów, ptaków i żab; *C. muridarum* od szczurów i ptaków; *C. psittaci* – różne serotypy – izolowane były także od: człowieka, koni, bydła, psów, kotów, gryzoni (zające, piżmoszczury i szczury), żółwi, krokodyli; *C. pneumoniae* izolowana była także od żółwi, krokodyli, waranów i kameleonów, węży oraz żab; *C. pecorum* od owiec i świń; *C. abortus* była izolowana także od kóz, koni, świń, dzików, człowieka, psów, królików, świńek morskich, myszy, ptaków, żab; *C. felis* izolowana była także od psów i człowieka; *C. caviae* izolowano od koni, królików i psów.

*Simkaniaceae*, *Waddliaceae*. W rodzinie *Chlamydiaceae* wyodrębnia się tylko jeden rodzaj *Chlamydia* z 9 gatunkami: *C. trachomatis*, *C. suis*, *C. muridarum*, *C. psittaci*, *C. pneumoniae*, *C. pecorum*, *C. abortus*, *C. felis*, *C. caviae* (tab. 2, 3).

Chlamydie mają kształt owalny, nie wykazują ruchu i są bezwzględnie wewnątrzkomórkowymi zarazkami, replikującymi w cytoplazmie gospodarza. Tworzą w niej inkluzje oraz wykazują unikalny, charakterystyczny tylko dla nich cykl rozmnażania, w czasie którego zarazki czerpią w pełni energię z ATP komórki gospodarza (cyt. 15). Nowością obecnie wykazaną jest to, że ich cykl rozmnażania zawiera nie dwie, a trzy formy morfologiczne, a mianowicie oprócz ciała elementarnego (EB – elementary body) i ciała siateczkowatego (RB – reticulate body), występuje ciało pośrednie (IB – intermediate body) (10). Ciało EB jest owalne i jest to forma zakaźna, wnikająca do komórki makroorganizmu, zawierająca skondensowany materiał genetyczny, rybosomy oraz posiadająca trójwarstwową ścianę komórkową. Natomiast ciało RB jest także kształtu owalnego, ale jest aktywne metabolicznie, dzielące się poprzecznie, jest w nim dużo więcej rybosomów niż w ciele EB i ich materiał genetyczny jest mniej upakowany niż w ciałach EB. Natomiast ciało IB może mieć różnorodny kształt, nie wykazuje cech zakaźnych i jego materiał genetyczny jest często w postaci mocno upakowa-

nej. Wykazano także u ciałek EB i RB, że ich ściana komórkowa zawiera podjednostki charakterystyczne dla ściany komórkowej bakterii Gram-ujemnych, choć nie zawiera wystarczającej ilości kwasu mureminowego i systemu sekrecji typu III (10, 15). Inną nowością podnoszoną obecnie w biologii zarazków rodziny *Chlamydiaceae* jest ich metabolizm, który należy rozpatrywać w oderwaniu od gospodarza oraz w powiązaniu z nim. Rozpatrując metabolizm tych bakterii w oderwaniu od gospodarza – jako wolno żyjących organizmów, stwierdzono, że mimo iż nie są zdolne do katabolizowania glukozy, produkują CO<sub>2</sub> z 6-fosforanu glukuronowego, glutaminianu, pirogronianu i aspiriginianu w obecności ATP, NADP i innych kofaktorów (11). Nie stwierdza się u nich także obecności cytochromów, flawiny, choć analiza genetyczna wykazała, że posiadają one geny kodujące kinazę pirogronianową i fosfoglicerynianową oraz dehydrogenazę 6-fosforanu glukuronowego, czyli enzymy, które biorą udział w produkcji energii na drodze fosforylacji (11). Mimo istnienia genów kodujących te enzymy, chlamydie nie produkują energii, a czerpią ją z komórki gospodarza, dzięki białkom transportowym Npt1 i Npt2 (nucleotide transport protein), które, odpowiednio, biorą udział w asymilacji ATP i zamianie ATP na ADP (11). Natomiast analizując metabolizm chlamydii, kiedy są powiązane z gospodarzem, ich przemiany należy rozpatrywać w połączeniu z etapami

Tab. 3. Zmiany chorobowe u człowieka i zwierząt po zakażeniu bakteriami z rodziny *Chlamydiaceae* (cyt. 15)

| Gatunek                      | Biotyp      | Serotyp                                              | Immunotyp                              | Zmiany chorobowe – nazwa schorzenia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------|-------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Chlamydia trachomatis</i> | oczny       | A, B, Ba, C                                          | wykazano istnienie jednego immunotypu* | endemiczna trachoma (jaglica) (człowiek)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                              | płciowy     | D, Da, E, F, G, H, I, Ia, J, K                       |                                        | choroby dróg moczowo-płciowych: nierzeżączkowe i porzeżączkowe zapalenie cewki moczowej, zapalenie prostaty, zapalenie najądrzy, niepłodność mężczyzn, zapalenie szyjki macicy, rak szyjki macicy, zapalenie moczowodu; zapalenie narządów miednicy mniejszej (PID), niepłodność kobiet, zapalenie odbytnicy, syndrom Fitz-Hugh-Curtisa, syndrom Reitera; zapalenie spojówek noworodków, zapalenie płuc noworodków, zespół SIDS, przedwczesne porody, śmierć okołoporodowa płodu (człowiek); bezobjawowe zakażenie u bydła**                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              | LGV         | L1, L2, L3                                           |                                        | lymphogranuloma venereum (ziarnica weneryczna pachwin) (człowiek)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <i>Chlamydia suis</i>        | brak danych | brak danych                                          | brak danych                            | zapalenie spojówek, płuc, jelit, osierdza, stawów, ronienia i słabość noworodków (świnie); zapalenie cewki moczowej, najądrzy i jąder (dziki); ronienia (bydło); zmiany w łożysku (konie); zakażenia bezobjawowe (bydło, koty); gammopatia (ptaki); zmiany w nabłonku jam ciała i jelit (żaby)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <i>Chlamydia muridarum</i>   | brak danych | brak danych                                          | brak danych                            | zapalenie płuc i jelit (myszy, chomiki); zapalenie najądrzy (szczury); zmiany w postaci gammopatii (ptaki)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <i>Chlamydia psittaci</i>    | brak danych | A, B, C, D, E, F                                     | wykazano istnienie jednego immunotypu* | zapalenie spojówki i rogówki, schorzenia dróg oddechowych, zaburzenia nerwowe, utrata piór i zmniejszona płodność, zamieranie zarodków, gammopatia, zakażenia bezobjawowe (ptaki dzikie i domowe); ornitoza, czyli zapalenia oskrzeli i płuc, zapalenie wsierdza, mięśnia sercowego, mózgu, opon mózgowych i rdzenia nerwowego, uszkodzenie nerek (człowiek); zapalenie spojówek, stawów, wątroby, zwyrodnienie mózgu, nawracająca niedrożność dróg oddechowych, ronienia (konie); schorzenia dróg oddechowych, zapalenie jelit, zaburzenia rozrodu, ronienia (bydło); zapalenie mózgu, rogówki i spojówki oraz płuc (psy); zapalenie spojówek (koty); zapalenia dróg oddechowych (zając, piżmoszczur); zakażenia bezobjawowe (szczur); zapalenie płuc (żółwie); zakażenia bezobjawowe (krokodyle)                                                                                 |
| <i>Chlamydia pneumoniae</i>  | ludzki      | TW-183, AR-37, AR-277, AR-388, AR-427, AR-231, LR-65 | brak danych                            | schorzenia dolnych i górnych dróg oddechowych: zapalenie tchawicy, oskrzeli, płuc, zatok, uszu i gardła, astma, obturacyjna choroba płuc, rak płuc, sarkoidoza; choroby układu krążenia: choroba wieńcowa, miażdżyca, tętniaki aorty, zapalenie naczyń, zespół Cogana; choroby układu nerwowego: choroba Alzheimera, stwardnienie rozsiane, zapalenie istoty szarej podobne do porażenia wiotkiego; odczynowe zapalenie stawów; chłoniaki T-komórkowe skóry (ziarniniak grzybiasty, syndrom Sezary'ego), stan przedrzucawkowy (człowiek); zapalenie płuc, mięśnia sercowego i jelit (żółwie); zapalenie i obrzęk wątroby (krokodyle); kolonizacja makrofagów płucnych i śledzionowych (warany, kameleony); zapalenie ziarniniakowe płuc, osierdza, nerek i wątroby (węże); zmiany wątrobowe, degeneracja i zapalenie nerek, zapalenie mięśnia sercowego i nekroza śledziony (żaby) |
|                              | koala       | brak danych                                          | brak danych                            | schorzenia dróg oddechowych, oczu, dróg moczowo-płciowych (koala); zapalenie płuc, anemia (żaby)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                              | Equine      | brak danych                                          | brak danych                            | schorzenia górnych dróg oddechowych (konie)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <i>Chlamydia pecorum</i>     | brak danych | brak danych                                          | brak danych                            | zapalenie spojówek, mózgu, płuc, jelit, stawów, jajowodów, macicy, ronienia, bezpłodność (bydło); zapalenie spojówek, ślepotą, schorzenia dróg oddechowych, bezpłodność (koala); zapalenie spojówek, mózgu, płuc, jelit, stawów, narządów miednicy mniejszej, jajowodu i słuźowki macicy, ronienia, bezpłodność (owce); zapalenia płuc i stawów, ronienia (świnie)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <i>Chlamydia abortus</i>     | brak danych | brak danych                                          | wykazano istnienie dwóch immunotypów*  | ronienia, słabość noworodków (owce); zapalenie płuc, wymienia, ronienia, słabość noworodków, zaburzenia rozrodu i zaburzenia procesu wzrostu (bydło); zapalenie błony śluzowej macicy i pochwy, ronienia, słabość noworodków (kozy); ronienia, słabość noworodków, nawracająca niedrożność dróg oddechowych (konie); ronienia, słabość noworodków (świnie); zapalenie jąder, poronienia (dziki); ronienia, obumieranie płodów i słabość noworodków, zapalenie płuc (człowiek); zapalenie spojówek, płuc, mózgu, stawów, ronienia (psy); obniżona płodność, śmierć płodów, wodogłowie, zapalenie spojówek i płuc (króliki); ronienia (świnki morskie, myszy); objawy gammopatii (ptaki); zmiany w jelitach i mezotelium jamy ciała (żaby)                                                                                                                                           |
| <i>Chlamydia felis</i>       | brak danych | brak danych                                          | brak danych                            | nieżyt nosa, zapalenie spojówek i atypowe zapalenie płuc, ronienia (koty); zapalenie spojówek (psy); atypowe zapalenie płuc i spojówek, nieżyt nosa, zapalenie mięśnia sercowego i kłębuszków nerkowych (człowiek)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <i>Chlamydia caviae</i>      | brak danych | brak danych                                          | brak danych                            | zapalenie spojówek, płuc, dróg moczowo-płciowych (świnka morska); nieżyt nosa i zapalenie spojówek (konie); zakażenia bezobjawowe (króliki, psy)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Objaśnienia: \* – badając profil immunologiczny w zakresie wskaźników nieswoistej i swoistej odporności komórkowej oraz nieswoistej i swoistej odporności humoralnej, u królików immunizowanych trzema szczepami *Chlamydia psittaci* (biotyp 1 – obecnie *C. abortus* oraz biotyp 3-9) oraz jednym szczepem *C. trachomatis*, zarejestrowano odmienną ich immunogenność, co pozwoliło wyodrębnić wśród nich 3 immunotypy (14); \*\* – wykazano ze stanów bezobjawowych w nasieniu buhajów i kale bydła obecność *C. trachomatis* (3, 19).

cyklu rozwojowego, gdyż wykazano, że ich aktywność metaboliczna wzrasta w 20. godzinie od infekcji, kiedy jest najwyższa kumulacja ciałek RB oraz w 48. godzinie, w momencie przekształcania się w ciałka RB w ciałka EB (21).

Również obecnie, tak jak i poprzednio, stwierdza się, że *Chlamydia sp.* należy do bakterii o stosunkowo niedużym genomie, bo jego wielkość waha się od  $1,03 \times 10^6$  par zasad u *C. trachomatis* do  $1,23 \times 10^6$  par zasad u *C. pneumoniae*, zaś zawartość par zasad G+C waha się u nich od 39% do 45% (10). Stwierdzono także, że *C. trachomatis*, *C. psittaci* i *C. pneumoniae* posiadają plazmidy, które kodują białka o nieznannej funkcji biologicznej, zaś *C. psittaci*, *C. pneumoniae*, *C. pecorum*, *C. abortus* i *C. caviae* są nosicielami fagów (10).

Prezentując wyróżnione w najnowszej systematyce 9 gatunków chlamydii (*C. trachomatis*, *C. suis*, *C. muridarum*, *C. psittaci*, *C. pneumoniae*, *C. pecorum*, *C. abortus*, *C. felis*, *C. caviae*), tworzących rodzinę *Chlamydiaceae*, należy stwierdzić, że są one z natury patogene dla człowieka i wielu zwierząt, w tym także dla zwierząt bezkręgowych, u których powodują różne stany chorobowe oraz zakażenia bezobjawowe (tab. 2, 3). Ich chorobotwórczość u ludzi i zwierząt cechuje się m.in. wieloma różnymi symptomami (tab. 3), bo w zależności od gospodarza dotyczą różnych układów (tab. 3) i ich patogenność łączy się z reguły z serotypem i biotypem (tab. 3), mimo że nie wyodrębniono ich u wszystkich gatunków *Chlamydia sp.*, które cechują się tym, że wśród nich występuje zawsze szczep typowy.

***Chlamydia trachomatis*** – bakteria izolowana w zasadzie głównie od człowieka m.in. z przypadków jaglicy i schorzeń układu moczowo-płciowego (tab. 2), choć stwierdzono ją u bydła w kale i nasieniu (3, 19 oraz cyt. 3) (tab. 3). Na podstawie tropizmu tkankowego i patogenności wyodrębniono 3 biotypy, a mianowicie: oczny (ocular), płciowy (genital) i ziarniniak weneryczny (LGV), z tym, że do biotypu ocznego zaliczono serotypy: A, B, Ba i C, do biotypu płciowego serotypy od D do K, a do biotypu LGV serotypy: L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> i L<sub>3</sub> (tab. 3). Typowym szczepem dla *C. trachomatis* jest szczep A/Har-13<sup>T</sup>, choć także w każdym biotypie opisano typowy szczep i tak dla biotypu ocznego takim szczepem jest szczep Pk-2, serotyp C; dla płciowego szczep UW-3/Cx, serotyp D i dla biotypu LGV – szczep 434, serotyp L<sub>2</sub> (10).

***Chlamydia suis*** – to bakteria wyodrębniona ze szczepów *C. trachomatis* izolowanych od świń ze schorzeń jelit (15-19) (tab. 2), która była już opisywana u świń w latach 50. XX w. (22), a szczepem typowym jest szczep S45<sup>T</sup> (10). Nie wyodrębnia się wśród *C. suis* biotypów i serotypów, a jej chorobotwórczość opisano dla dzików, bydła, koni, kotów, ptaków i żab (tab. 3).

***Chlamydia muridarum*** – to zarazek wyodrębniony z *C. trachomatis* jako szczep MoPn (Mouse pneumonitis), powodujący zapalenie płuc u myszy i chomików.

Szczepem typowym dla tego gatunku jest szczep Nigg II<sup>T</sup> (4, 10, 15). Bakteria ta, podobnie jak *C. suis*, nie dzieli się na biotypy i serotypy, ale jest chorobotwórcza dla szczurów, a także ptaków (tab. 3).

***Chlamydia psittaci*** – bakteria ta jest chorobotwórcza głównie dla ptaków dzikich i domowych (tab. 2) i jest drugą, po *C. trachomatis*, najczęściej stwierdzaną chlamydią o znaczeniu klinicznym (13 oraz cyt. 15). W jej obrębie wyróżniono 6 serotypów, oznaczonych literami od A do F (tab. 3), z tym, że szczepem typowym jest szczep 6BC<sup>T</sup> (9). *C. psittaci* jest chorobotwórcza także dla ludzi, choć opisano schorzenia wywoływane przez nią u: koni, bydła, psów, kotów, zajęcy, piżmoszczurów, szczurów, żółwi i krokodyli (tab. 3).

***Chlamydia pneumoniae*** – to trzeci gatunek, po *C. trachomatis* i *C. psittaci* (7), który jako szczep TWAR był izolowany z przypadków zapalenia płuc u ludzi, ale jest również chorobotwórczy dla koala i koni, stąd wyróżniono wśród niego biotyp ludzki, koala i koński oraz serotypy, które zarejestrowano jedynie w obrębie biotypu ludzkiego (tab. 3). Szczepem typowym *C. pneumoniae* jest szczep TW-183<sup>T</sup> (10). Bakteria ta jest chorobotwórcza, oprócz wcześniej wymienionych gatunków ssaków (człowiek, koala, konie), także dla gadów (żółwie, krokodyle, warany, kameleony, węże) i płazów (żaby) (tab. 3), choć te ostatnie izolaty wg nowej systematyki (10) nie są zaliczone do gatunku *C. pneumoniae*.

***Chlamydia pecorum*** – opisany był jako nowy, czwarty gatunek chlamydii, po *C. trachomatis*, *C. psittaci* i *C. pneumoniae*, który wyizolowano po raz pierwszy od bydła z zakażeń bezobjawowych (5), a od koali ze zmian chorobowych oczu i dróg moczowo-płciowych (6) (tab. 2). Szczepem typowym dla *C. pecorum* jest szczep Bo/E58<sup>T</sup> (10). Bakteria ta nie dzieli się na biotypy i serotypy, jest patogenna także dla owiec i świń (tab. 3).

***Chlamydia abortus*** – jest to bakteria wyodrębniona z gatunku *C. psittaci* z przypadków poronień, głównie u owiec i bydła (4, 14) (tab. 2) i jej szczepem typowym jest szczep B577<sup>T</sup> (10). W jej obrębie nie wyróżnia się biotypów i serotypów. *C. abortus* jest chorobotwórcza nie tylko dla owiec i bydła, ale także dla: kóz, koni, świń, dzików, człowieka, psów, gryzoni (królików, świnek morskich, myszy), ptaków oraz żab (tab. 3).

***Chlamydia felis*** – wyodrębniona z *C. psittaci* jako izolat z zapalenia spojówek i rogówki od kotów (tab. 2), która także nie dzieli się na biotypy i serotypy, a szczepem typowym jest szczep FP Baker<sup>T</sup> (4, 10, 15). Bakteria ta może być chorobotwórcza nie tylko dla kotów, ale także dla psa i człowieka (tab. 3).

***Chlamydia caviae*** – wyodrębniona z *C. psittaci*, jako powodująca zapalenie spojówek u świnek morskich. Jej szczepem typowym jest izolat GPIC<sup>T</sup> (4, 10, 15). *C. caviae* nie dzieli się na biotypy i serotypy, ale zakaża oprócz świnek morskich konie, psy i króliki.

Reasumując należy stwierdzić, że wśród rodziny *Chlamydiaceae* wyodrębnia się obecnie 9 gatunków

*Chlamydia* sp., które ze względu na swoje szerokie spektrum gospodarzy są bakteriami bardzo niebezpiecznymi i mimo istnienia dla nich typowego gospodarza, wykazują zdolność do przełamania barier gatunkowych, powodując czy stając się przyczyną u wielu zwierząt, w tym ludzi, różnych stanów chorobowych, manifestujących się różnymi objawami ze strony poszczególnych układów czy narządów. Bakterie te także pod względem cech biologicznych są zarazkami interesującymi, bo opisano u nich bardzo specyficzny cykl rozmnażania – typowy tylko u tych zarazków, a także zarejestrowano oprócz ciałek EB i RB trzecią formę (ciałko pośrednie – IB), jak też opisano u nich dwie formy metabolizmu.

### Piśmiennictwo

1. Andersen A. A.: Serotyping of *Chlamydia psittaci* isolates using serovar-specific monoclonal antibodies with the microimmunofluorescence test. *J. Clin. Microbiol.* 1991, 29, 707-711.
2. Bergey D. H., Harrison F. C., Breed R. C., Hammer B. W., Huntoon F. M.: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Springer, New York 1984-89.
3. Deptuła W., Ruczkowska J., Szenfeld J., Choroszy-Król I., Travniček M.: Immunologický status u hovězího dobytka prirodně infikovaného mikroorganizmy *Chlamydia trachomatis* a *Chlamydia psittaci*. *Vet. Med. (Praha)* 1990, 35, 73-80.
4. Everett K. D., Bush R. M., Andersen A. A.: Emended description of the order Chlamydiales, proposal of Parachlamydiaceae fam. nov., each containing one monotypic genus, revised taxonomy of the family Chlamydiaceae, including a new genus and five new species, and standards for the identification of organisms. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1999, 49, 415-440.
5. Fukushima H., Hirai K.: Proposal of *Chlamydia pecorum* sp. nov. for chlamydia strains derived from ruminants. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1992, 43, 613-617.
6. Girjes A. A., Hugall A., Graham D. M., McCaul T. F., Lavin M. F.: Comparison of type I and type II *Chlamydia psittaci* strains infecting koalas (*Phascolarctos cinereus*). *Vet. Microbiol.* 1993, 37, 65-83.
7. Grayston J. T., Kuo C.-C., Campbell L. A., Wang S.-P.: *Chlamydia pneumoniae* sp. nov. for *Chlamydia* sp. strain TWAR. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1989, 39, 88-90.
8. Greub G.: International Committee on Systematic of Prokaryotes. Subcommittee on the taxonomy of the Chlamydiae. Minutes of the closed meeting, 21 June 2010, Hof bei Salzburg, Austria. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2010, 60, 2694.
9. Greub G.: International Committee on Systematic of Prokaryotes. Subcommittee on the taxonomy of the Chlamydiae. Minutes of the inaugural closed meeting, 21 March 2009, Little Rock, AR, USA. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2010, 60, 2691-2693.
10. Horn W.: Phylum XXIV. Chlamydiae Garrity and Holt 2001, [w:] Krieg N. R., Staley J. T., Brown D. R., Hedlund B. P., Paster B. J., Ward N. L., Ludwig W., Whitman W. B. (red.): *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Second Edition. Volume four. Springer, New York, 2001-2012, 4, 843-878.
11. Iliffe-Lee E. R., McClarty G.: Glucose metabolism in *Chlamydia trachomatis*: the 'energy parasite' hypothesis revisited. *Mol. Microbiol.* 1999, 33, 177-187.
12. Lapage S. P., Sneath P. H. A., Lessel E. F., Skerman V. B. D., Seeliger H. P. R., Clark W. A.: *International Code of Nomenclature of Bacteria (1990 Revision)*. Bacteriological Code. Washington, DC: American Society of Microbiology 1992.
13. Lillie R. D.: Psittacosis: Rickettsia-like inclusions in man and in experimental animals. *Public Health Reports* 1930, 45, 773-778.
14. Pawlikowska M.: Kształtowanie się wybranych parametrów odporności u królików immunizowanych różnymi szczepami *Chlamydia* sp. Praca doktorska, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2003 (maszynopis).
15. Pawlikowska M., Deptuła W.: *Chlamydie i chlamydofile u ludzi i zwierząt*. Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2012.
16. Rogers D. G., Andersen A. A.: Intestinal lesions caused by two swine chlamydial isolates in gnotobiotic pigs. *J. Vet. Diagn. Invest.* 1996, 8, 433-440.
17. Rogers D. G., Andersen A. A., Hogg A., Nielsen D. L., Huebert M. A.: Conjunctivitis and keratoconjunctivitis associated with chlamydia in swine. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 1993, 203, 1321-1323.
18. Rogers D. G., Andersen A. A., Hunsaker B. D.: Lung and nasal lesions caused by a swine chlamydial isolates in gnotobiotic pigs. *J. Vet. Diagn. Invest.* 1996, 8, 45-55.
19. Ruczkowska J., Choroszy-Król I., Deptuła W.: Detection of *Ch. trachomatis* in the bulls ejaculates by immunoenzymatic /Chlamydiazyme Abbott/ immunofluorescent /Chlamyset Orion/ and cell culture /McCoy/ methods. *Zoonoses Cong. Int. Participation VI<sup>th</sup> Joint Meeting of European Leptospira Workers*, Brno 1988, p. 40.
20. Stephens R. S., Myers G., Eppinger M., Bavoil P. M.: Divergence without difference: phylogenetics and taxonomy of *Chlamydia* resolved. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.* 2009, 55, 115-119.
21. Tjaden J., Winkler H. H., Schwoppe C., Van Der Laan M., Mohlman T., Neuhaus H. E.: Two nucleotide transport proteins in *Chlamydia trachomatis*, one for net nucleoside triphosphate uptake and the other for transport of energy. *J. Bacteriol.* 1999, 181, 1196-1202.
22. Willigan D. A., Beamer P. D.: Isolation of transmissible agent from pericarditis of swine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1955, 126, 118-122.

Adres autora: prof. dr hab. Wiesław Deptuła, Katedra Mikrobiologii, Wydział Biologii, Uniwersytet Szczeciński, ul. Felczaka 3c, 71-436 Szczecin; e-mail: kurp13@univ.szczecin.pl