

Anna C. MAJEWSKA

Katedra i Zakład Biologii i Parazytologii Lekarskiej
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

ECHINOKOKOZA – PODSTĘPNA I ZABÓJCZA ZOOŃOZA O GLOBALNYM ZNACZENIU DLA ZDROWIA PUBLICZNEGO

ECHINOCOCCOSIS – AN INSIDIOUS AND DEADLY ZOOŃOSIS OF GLOBAL PUBLIC HEALTH IMPORTANCE

Echinococcosis, induced by the larva stages of tapeworms from the Echinococcus genus, is one of the three most dangerous parasitic zoonoses of substantial public health importance. About 2-3 million people worldwide are infected. However, it is generally assumed that many cases go undiagnosed due to the fact that the symptoms are not very distinctive and usually present after many years of infection. The lack of early recognition leads to late treatment, thereby drastically lowering the chances of saving the patient's life or directly causing death. While the Echinococcus genus encompasses a few species, human infection is most often caused by Echinococcus granulosus sensu lato and E. multilocularis. Humans become infected by the eggs of the tapeworm, which are excreted in the stool of infected dogs and other wild canines (i.e. foxes, wolves, coyotes, jackals) or, more rarely, cats. Therefore, an environment polluted by the excrement of these animals poses a large risk of infection for people as well as other intermediate hosts. The risk is increased since the eggs of both species of tapeworm are resistant to environmental conditions and means of disinfection. They are also difficult to identify in environmental samples due to their morphological similarity to the eggs of Taenida tapeworms, which are largely not invasive to humans. In light of recent data, echinococcosis presents a new and substantial challenge to assuring the safety of potable water as well as the protection of surface waters.

1. Wprowadzenie

Zoonozy to choroby wywołane przez patogeny zwierząt, które również są inwazyjne dla ludzi. Echinokokoza, wywoływana przez stadia larwalne tasiemców z rodzaju *Echinococcus*, jest jedną z trzech najgroźniejszych pasożytniczych zoonoz o dużym znaczeniu dla zdrowia publicznego. Około 2-3 milionów ludzi na świecie jest zarażonych [7]. Uważa się jednak, że wiele przypadków inwazji jest nierozpoznanych, ze

względu na fakt, że objawy są mało charakterystyczne i występują najczęściej po wielu latach od zarażenia. Brak wczesnego rozpoznania prowadzi do spóźnionej terapii i tym samym drastycznie zmniejsza szanse na uratowanie życia pacjenta lub prowadzi do zgonu. Chociaż rodzaj *Echinococcus* obejmuje kilka gatunków, to inwazję u ludzi najczęściej wywołuje *Echinococcus granulosus sensu lato* i *E. multilocularis*. Człowiek zaraża się jajami tasiemca wydalanymi z kałem zarażonych psów i dzikich psowatych (m.in.: lisów, wilków, kojotów, szakali) lub rzadziej z kałem kotów. Zatem, środowisko zanieczyszczone kałem tych zwierząt stwarza duże ryzyko zarażenia ludzi, jak i innych żywicieli pośrednich. Tym bardziej, że jaja obu gatunków tasiemców są odporne na działanie czynników środowiskowych i środków dezynfekcyjnych. Są też trudne do identyfikacji w próbach środowiskowych, ze względu na morfologiczne podobieństwo do jaj innych gatunków tasiemców z rodziny Taenidae, które w większości nie są inwazyjne dla człowieka. W świetle ostatnich danych, echinokokoza stanowi nowe i duże wyzwanie dla zapewnienia bezpieczeństwa wody pitnej oraz ochrony wód powierzchniowych.

2. *Echinococcus granulosus* - pasożyt i jego cykl rozwojowy

Postać dojrzała tego tasiemca charakteryzuje się niewielkimi rozmiarami (około 2-7 µm długości) i zbudowana jest ze skoleksu (zaopatrzonego w cztery przyssawki i ryjek z podwójnym wieńcem haków), szyjki i trzech proglotydwów – niedojrzałego, dojrzałego i przejrzałego. Proglotydw przejrzały zawiera jaja o wielkości 30-40 µm. Natomiast larwa *E. granulosus* ma postać pęcherza jednojamowego (4-20 cm) wypełnionego płynem i często zawierającego liczne torebki lęgowe z protoskoleksami.

Cykl rozwojowy *E. granulosus* jest złożony i odbywa się w dwóch żywicielach – ostatecznym i pośrednim. Postać dojrzała *E. granulosus* żyje w jelicie cienkim żywiciela ostatecznego, którym z reguły jest pies oraz w różnych rejonach geograficznych inne gatunki dzikich psowatych (lis, wilk, szakal, kojot, hiena, jenot, dingo), a tylko w niektórych przypadkach lew [10, 15, 36]. Postać dojrzała tasiemca produkuje tysiące jaj dziennie, które są wydalane do środowiska zewnętrznego wraz z kałem żywicieli ostatecznych. Oszacowano, że pojedynczy zarażony pies może wydalac z kałem więcej niż 8 000 jaj dziennie, co prowadzi do znacznego zanieczyszczenia środowiska [12]. Jaja są postacią inwazyjną dla szerokiego kręgu żywicieli pośrednich, w tym dla wielu gatunków zwierząt hodowlanych (owce, kozy, świnię, konie, wielbłądy, bydło), dziko żyjących (zające, króliki, gryzonia, łosie, renifery, jelenie, sarny, antylopy, zebry, małpy) oraz dla człowieka [4, 10]. Po połknięciu jaj przez odpowiedniego żywiciela pośredniego, w jelicie cienkim z jaj uwalniają się onkosfery, które penetrują ścianę jelita i drogą naczyń krwionośnych migrują do różnych narządów wewnętrznych, szczególnie do wątroby i płuc. W tych narządach, z onkosfery rozwija się larwa, która wzrasta bardzo powoli i po wielu latach może osiągnąć duże rozmiary. Objawy zarażenia u żywiciela pośredniego zależą od lokalizacji larw, ich wielkości i liczby. Po spożyciu larw *E. granulosus* przez żywiciela ostatecznego, protoskoleksy wyciowują się, przyczepiają się do śluzówki jelita cienkiego i w ciągu 32-80 dni rozwijają się do postaci dojrzałych. Inwazja u żywiciela ostatecznego jest bezobjawowa, nawet przy bardzo intensywnym zarażeniu (70 000 postaci dojrzałych tasiemca) i może trwać 20 miesięcy [11].

W ciągu ostatnich dekad, na podstawie badań molekularnych wykazano znaczącą genotypową heterogeniczność w obrębie *E. granulosus* [1, 2, 8, 15, 17, 21, 25, 26, 28, 31, 35, 36, 41]. *E. granulosus sensu lato* zawiera co najmniej 10 genotypów/szczepów i kilka gatunków różniących się zasięgiem występowania geograficznego, kręgiem żywicieli ostatecznych i pośrednich oraz inwazyjnością dla człowieka (Tabela 1).

Taksonomiczna klasyfikacja *E. granulosus sensu lato* jest nadal kontrowersyjna i uważa się, że genotypy G6, G7 i G9 stanowią odrębne gatunki i nie należą do *E. canadensis* [8, 28]. Ponadto, należy mieć również na uwadze, że krąg żywicieli ostatecznych i pośrednich może ulec zmianie wraz z coraz powszechniejszym wykorzystaniem technik biologii molekularnej w badaniach epidemiologicznych.

Transmisja genotypów/gatunków *E. granulosus sensu lato* odbywa się w cyklu domowym, obejmującym psy jako głównych żywicieli ostatecznych i zwierzęta hodowlane jako żywicieli pośrednich, oraz w cyklu sylwatyicznym, obejmującym dzikie drapieżne i kopytne. W wielu regionach geograficznych domowy i sylwatyiczny cykl nakłada się [27].

Tab. 1. Genotypy i gatunki *E. granulosus sensu lato*

Tab. 1. *E. granulosus sensu lato* genotypes and species

Gatunek Species	Genotyp Genotype	Żywiciele ostateczni Definitive hosts	Żywiciele pośredni Intermediate hosts	Inwazyjność dla ludzi Infective to humans
<i>E. granulosus sensu stricto</i>	G1	pies, lis, dingo, szakal, hiena dog, fox, dingo, jackal, hyena	owce, bydło, świnie, kozy, wielbłądy, torbacze sheep, cattle, pigs, goats, camels, macropods	Tak Yes
	G2	pies, lis dog, fox	owce (bydło?) sheep (cattle?)	Tak Yes
	G3	pies, (lis?) dog, (fox?)	bawoły, (bydło?) buffalo, (cattle?)	Tak Yes
<i>E. equinus</i>	G4	pies dog	konie i inne koni- owate horses and other equines	Nie No
<i>E. ortleppi</i>	G5	pies, dog	bydło, cattle	Tak, Yes
<i>E. canadensis</i>	G6	pies dog	wielbłądy (owce?) camels, (sheep?)	Tak Yes
	G7	pies, dog	świnie, pigs	
	G8, G10	wilk, pies wolf, dog	jeleniowate cervids	
	G9	pies, dog	świnie, pigs	
<i>E. felidis</i>	?	lew, lion	zebry, antylopy, bawoły, guziec zebra, antylopes, buffalo, warthog	?

3. *Echinococcus multilocularis* - pasożyt i jego cykl rozwojowy

Postać dojrzała tego tasiemca charakteryzuje się niewielkimi rozmiarami (około 1.2-4.5 μm długości) i zbudowana jest ze skoleksu (zaopatrzonego w cztery przyssawki i ryjek z podwójnym wieńcem haków), szyjki i czterech do pięciu proglotydów. Proglotyd przejrzysty jest krótszy od pozostałej części ciała tasiemca i zawiera jaja, które nie różnią się od jaj *E. granulosus*. Natomiast larwa *E. multilocularis* rozwijająca się u żywiciela pośredniego ma wyraźnie odmienną budowę – jest wielokomorowa i składa się z licznych drobnych pęcherzyków (o średnicy < 1-6 mm), zawierających protoskoleksy; nie jest otoczona błoną łącznotkankową żywiciela. Rozrost larwy *E. multilocularis* ma charakter naciekowy, co przypomina proces nowotworowy. Pojedyncze pęcherzyki mogą się odrywać i drogą naczyń krwionośnych przedostawać się do innych narządów, co przypomina przerzuty w procesie nowotworowym. Początkowo niewielkich rozmiarów larwa może osiągnąć wielkość 15-20 cm (u człowieka jako żywiciela pośredniego)

Cykl rozwojowy *E. multilocularis* jest podobny do cyklu *E. granulosus*, jednakże krążenie tego pasożyta odbywa się głównie w cyklu sylwatyicznym, w którym typowymi żywicielami ostatecznymi są lisy z rodzaju *Vulpes* i *Alopex*, a żywicielami pośrednimi są gryzonie (ponad 40 gatunków, głównie z rodziny Arvicolidae i Cricetidae) [9, 10]. W niektórych rejonach geograficznych, inne gatunki dzikich zwierząt drapieżnych, takie jak np. kojoty, wilki, jenoty, rysie pełnią rolę żywicieli ostatecznych [9]. Podobnie jak w przypadku *E. granulosus*, człowiek jest przypadkowym żywicielem pośrednim *E. multilocularis*. Inwazja wywołana przez ten gatunek tasiemca jest z najbardziej śmiertelnych zoonoz człowieka [10, 29]. Oprócz sylwatyicznego cyklu krążenia *E. multilocularis*, istnieje również synantropijny cykl, głównie w wiejskich i podmiejskich obszarach, gdzie psy lub rzadziej koty, jako żywiele ostateczni zarażają się zjadając dzikie gryzonie [9]. Ponadto, w ostatnich latach znacząco rośnie ryzyko zanieczyszczenia środowiska jajami *E. multilocularis* w miastach, ponieważ lisy coraz częściej występują w aglomeracjach miejskich w różnych regionach świata.

E. multilocularis wykazuje genetyczne zróżnicowanie, jednakże w mniejszym stopniu niż *E. granulosus sensu lato* [16]. Jednak wykorzystanie technik biologii molekularnej w epidemiologicznych dociekaniach umożliwia śledzenie rozprzestrzeniania się różnych genotypów *E. multilocularis*, co ma istotne znaczenie w programach zwalczania tego pasożyta.

4. Echinokokoza u ludzi

Echinokokoza (syn. hydatidoza, bąblowica) u ludzi jest pasożytniczą zoonozą, wywoływaną przez larwy tasiemców z rodzaju *Echinococcus*. W wielu krajach świata echinokokoza jest poważnym problemem dla zdrowia publicznego, podczas gdy w innych regionach jej częstość występowania znacząco wzrasta i stanowi nowo pojawiające się lub ponownie pojawiające się zagrożenie [23]. U ludzi inwazję najczęściej wywołują dwa gatunki - *E. granulosus sensu lato* i *E. multilocularis*, które powodują odmienne przewlekłe choroby – odpowiednio echinokozę jednojamową (syn. bąblowica jednojamowa, hydatidoza) i alweokozę (syn. bąblowica wielojamowa, bąblowica

wielokomorowa). Pomimo podobieństw cechujących oba gatunki tasiemców, choroby przez nie wywoływane różnią się, zarówno pod względem obrazu klinicznego, prognozowania, leczenia i epidemiologii.

Obraz kliniczny echinokokozy jednojamowej przypomina łagodny nowotwór, larwa zazwyczaj lokalizuje się w wątrobie i płucach, a prognozowania najczęściej są dobre przy zastosowaniu odpowiedniego leczenia. Natomiast alweokokoza ma cechy złośliwego nowotworu; larwa początkowo lokalizuje się w wątrobie, a potem może dawać przerzuty do wielu narządów. Nie leczona alweokokoza prowadzi do zgonu w ciągu kilku lat.

Człowiek jest przypadkowym żywicielem pośrednim dla obu gatunków tasiemców i dla pasożyta stanowi „dead-end”. Do zarażenia dochodzi po połknięciu jaj *Echinococcus*, które są wydalane z kałem żywicieli ostatecznych. Istnieją różne możliwości zarażenia – na drodze bezpośredniej, poprzez kontakt z kałem zarażonego żywiciela ostatecznego lub na drodze pośredniej, po spożyciu wody lub produktów pochodzenia roślinnego, zanieczyszczonych kałem żywicieli ostatecznych. Jednak dokładna droga zarażenia nie jest poznana, ponieważ okres inkubacji inwazji jest długi i może trwać miesiące lub lata. Echinokokoza, to podstępna choroba, która może rozwijać się bezobjawowo nawet przez 20-30 lat, przy czym późne rozpoznanie choroby z reguły drastycznie zmniejsza szanse przeżycia lub prowadzi do zgonu.

4.1. Echinokokoza jednojamowa

Większość przypadków echinokokozy jest wywołana przez *E. granulosus*. Szacuje się, że około 2-3 milionów ludzi na świecie jest zarażonych *E. granulosus sensu lato* [7]. Dotychczas u ludzi wykryto wszystkie genotypy i gatunki *E. granulosus sensu lato*, za wyjątkiem *E. equinus* i *E. felidis* [15, 31]. Jednakże większość zdiagnozowanych przypadków echinokokozy u ludzi jest wywołanych przez genotyp G1 *E. granulosus sensu stricto* [22].

Objawy kliniczne echinokokozy jednojamowej zależą od wielkości, liczby i lokalizacji larw. U około 40-80% pacjentów z bąblowicą jednojamową stwierdza się pojedyncze larwy bąblowca, najczęściej zlokalizowane w wątrobie i płucach oraz nerkach, śledzionie, mięśniach, skórze, jamie brzusznej i otrzewnowej, sercu, mózgu, kościach oraz w jajnikach, jądrach, gałce ocznej, rdzeniu kręgowym, trzustce i pęcherzu moczowym [10]. Początkowa faza echinokokozy przebiega bezobjawowo. Chociaż rozrost larwy w postaci pęcherza jednojamowego jest wolny, to po kilku lub kilkunastu latach, niektóre larwy *E. granulosus* mogą osiągać rozmiary nawet kilkudziesięciu centymetrów średnicy i mogą zawierać kilkanaście litrów płynu. W trakcie wzrostu larwa może uszkadzać przyległe tkanki i narządy lub może pęknąć, co prowadzi do wtórnego rozsiewu larw lub do wstrząsu anafilaktycznego, często kończącego się zgonem. Ostro lub gwałtownie przebiega echinokokoza, jeśli nawet małych rozmiarów larwa znajduje się w mózgu, rdzeniu kręgowym lub sercu. Czasami też zdarza się, że przez całe życie zarażenie jest bezobjawowe i larwy mogą być przypadkowo wykryte podczas operacji lub autopsji.

Echinokokoza występuje kosmopolitycznie, ale z powodu braku dobrze udokumentowanych przypadków z wielu krajów, globalne rozprzestrzenienie tej parazytozy jest niekompletne. Jakkolwiek wiadomo, że występuje na wszystkich kontynentach i w co najmniej 100 krajach [10]. Najwyższą częstość występowania echinokokozy jednojamowej u ludzi odnotowuje się w regionach o klimacie umiarkowanym [19].

W Europie echinokokozę u ludzi stwierdza się w każdym kraju; w Polsce, rocznie wykrywa się kilkadziesiąt przypadków. Większość przypadków echinokokozy w USA odnotowano w Kalifornii, Arizonie, Nowym Meksyku, Utah i na Alasce. W niektórych regionach świata (Ameryka Południowa, Afryka, Azja, Australia, kraje śródziemnomorskie) echinokokoza jednojamowa występuje endemicznie, podczas gdy w innych, np. w Chinach, Europie Wschodniej, Kazachstanie, Kirgistanie, Izraelu i w Bułgarii ma charakter nowo lub ponownie pojawiającej się inwazji [20]. Echinokokoza nie występuje obecnie w Islandii, Nowej Zelandii, Tasmanii oraz na Falklandach.

Należy także podkreślić, że echinokokoza jest przyczyną dużych strat ekonomicznych w hodowli zwierząt [4].

4.2. Alweokokoza

Alweokokoza u ludzi występuje rzadko ale stanowi poważne zagrożenie życia; alweokokoza należy do najgroźniejszych pasożytniczych zoonoz [37]. Wskaźniki śmiertelności przypadków nie leczonej alweokokozy lub leczonej nieodpowiednio są bardzo wysokie - 70-100% zgonów w ciągu 10 lat [10]. Jedynie 80% pacjentów z alweokokożą przeżywa 10 lat przy stosowaniu długotrwałej i bardzo kosztownej terapii. Ponadto, ze względu na to, że alweokokoza ma cechy złośliwego nowotworu i może dawać przerzuty do wielu narządów, całkowite operacyjne usunięcie larw *E. multilocularis* jest praktycznie niemożliwe, za wyjątkiem wczesnej fazy inwazji. Szacuje się, że okres inkubacji choroby wynosi 5 do 15 lat. Pierwotnym miejscem lokalizacji larwy *E. multilocularis* jest z reguły wątroba (99%); larwa rozrasta się naciekowo i dochodzi do przerzutów, zazwyczaj do płuc, mózgu, kości [10].

Alweokokoza u ludzi występuje w co najmniej 42 krajach północnej półkuli [24]. W ostatnich 50 latach, przypadki alweokokozy u ludzi najczęściej stwierdzano we Francji, Niemczech, Szwajcarii i Austrii. Jednakże ostatnie badania prowadzone w Europie i Azji wykazały, że obszar endemicznego występowania *E. multilocularis* jest większy niż sądzono [39]. Nie wiadomo jednak, czy zasięg rozprzestrzenia *E. multilocularis* uległ zwiększeniu, czy też lepszy nadzór doprowadził do większego wskaźnika wykrywalności. Pewne jest to, że zwiększenie populacji lisów w Europie koreluje z większą liczbą zgłaszanych przypadków alweokokozy u ludzi [24]. Alweokokoza u ludzi należy do nowo pojawiających się chorób w Polsce i na Litwie, gdzie w ostatnich latach stwierdzono odpowiednio 121 i 96 przypadków inwazji [3, 24]. Migracje lisów przyczyniły się również do rozprzestrzenia *E. multilocularis* w Północnej Ameryce i Japonii. W Azji, głównym hyperendemicznym ogniskiem alweokokozy u ludzi są Chiny, gdzie w niektórych społecznościach stwierdza się 5-15% osób zarażonych *E. multilocularis* [37]. Ponadto, oprócz częstego występowania alweokokozy u ludzi na tych terenach, *E. multilocularis* często występuje u psów, a to może wskazywać na coraz większe zagrożenie dla ludzi; podobna sytuacja istnieje w Środkowej Azji. Również w innych krajach takich jak Rosja i Turcja odnotowuje się coraz więcej przypadków alweokokozy u ludzi [37].

Innym, istotnym zagrożeniem szerzenia alweokokozy jest znaczący wzrost populacji lisów spowodowanych stosowaniem szczepionki przeciw wściekliznie oraz kolonizacja obszarów miejskich przez te zwierzęta. Lisy występują w wielu dużych aglomeracjach w Europie oraz w Japonii (Hokkaido) [13, 42]. Podobne zjawisko obserwuje się również w Kanadzie (Calgary i Edmonton), gdzie migracja kojotów do miast może przyczyniać się do rozprzestrzenia alweokokozy u ludzi; wykazano że 25% populacji kojotów w tych miastach było zarażonych *E. multilocularis* [6].

5. Jaja *E. granulosus* i *E. multilocularis* w środowisku

Jaja *E. granulosus* i *E. multilocularis* są wydalane z kałem żywicieli ostatecznych. Zatem obecność zarażonych psów lub dzikich psowatych, a rzadziej kotów i związane z tym zanieczyszczenie środowiska jajami obu gatunków tasiemców odgrywa istotną rolę w szerzeniu echinokokozy jednojamowej i alweokokozy u ludzi. Dokładne dane o częstotliwości występowania *E. granulosus* i *E. multilocularis* u psowatych w różnych regionach świata są zawarte w pracy przeglądowej [5]. Z tego przeglądu wynika, że oba gatunki tasiemców są częstymi pasożytami psów i dzikich psowatych; częstotliwość występowania u psów i dzikich psowatych w Azji waha się od 0 do 67%, w Afryce od 3 do 66%, w Europie od 0 do 77%, w Ameryce Północnej i Południowej od 0-79%, a w Oceanii od 0-100% [5]. Inwazja u psowatych często jest intensywna, stąd też do środowiska wydalane są olbrzymie liczby jaj *Echinococcus*. Zatem, środowisko zanieczyszczone kałem tych zwierząt stwarza duże ryzyko zarażenia ludzi, jak i innych żywicieli pośrednich. Tym bardziej, że jaja obu gatunków tasiemców są odporne na działanie czynników środowiskowych i środków dezynfekcyjnych. W wilgotnym środowisku i niskiej temperaturze, jaja *Echinococcus* zachowują inwazyjność przez ponad rok, ale są wrażliwe na wysychanie i wysoka temperaturę [10]. Jaja *E. multilocularis* są wysoce odporne na niskie temperatury (giną dopiero po 4 dniach w -70°C) oraz na działanie różnych komercyjnych środków dezynfekcyjnych (10, 38).

Precyzyjna identyfikacja jaj *Echinococcus* w próbach środowiskowych jest trudna, ze względu na morfologiczne podobieństwo do jaj innych gatunków tasiemców z rodziny Taeniidae, które w większości nie są inwazyjne dla człowieka. Ponadto, mając na uwadze wysoką inwazyjność jaj *Echinococcus* i przebieg kliniczny echinokokozy i/lub alweokokozy, niewielu badaczy podejmuje się wykrywania jaj tych tasiemców w próbach środowiskowych.

Stąd też prac dotyczących występowania jaj tych gatunków tasiemców w próbach środowiskowych jest niewiele [30, 33]. Jaja *E. granulosus* (genotyp G1) wykryto w 17.5% prób gleby pobranej z ogrodów i zagród wiejskich w południowym Kazachstanie [30]. Natomiast DNA *E. multilocularis* wykryto w 11.3% prób gleby pobranej z lasów, pól uprawnych, ogródków przydomowych i podwórek na Warmii i Mazurach [33]. Prawdopodobnie, poziom zanieczyszczenia gleby jajami jest o wiele wyższy niż to stwierdzono, co może wynikać z niskiej efektywności metod odzysku jaj z prób środowiskowych. Jaja *Echinococcus* mogą być wypłukiwane z gleby podczas ulewnych deszczy i roztopów śniegu i mogą zanieczyszczać ekosystemy wodne.

Echinokokoza jest zaliczana do wodnopochoodnych pasożytów [18, 32]. W kilku pracach wskazywano, że występowanie echinokokozy i alweokokozy u ludzi związane jest z zanieczyszczeniem wody jajami *Echinococcus* [14, 22, 40, 42]. Jednakże, dopiero w ubiegłym roku po raz pierwszy zidentyfikowano DNA *E. multilocularis* w próbce wody studziennej, pobranej na Warmii i Mazurach – rejonie endemicznego występowania alweokokozy u ludzi w Polsce [34]. Te badania wskazują, że woda może stanowić bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia ludzi. Stąd też, w świetle ostatnich danych, echinokokoza stanowi nowe i duże wyzwanie dla zapewnienia bezpieczeństwa wody pitnej oraz ochrony wód powierzchniowych.

Bibliografia

- [1] Bowles, J., Blair, D. and McManus, D.P. Genetic variants within the genus *Echinococcus* identified by mitochondrial DNA sequencing. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 1992, 54, 165–173
- [2] Bowles, J. and McManus, D.P. NADH dehydrogenase 1 gene sequences compared for species and strains of the genus *Echinococcus*. *International Journal for Parasitology*, 1993, 23, 969–972
- [3] Bružinskaitė, R., Marcinkutė, A., Strupas, K., Sokolovas, V., Deplazes, P., Mathis, A., Eddi, C. and Šarkūnas, M. Alveolar Echinococcosis, Lithuania. *Emerging Infectious Diseases*, 2007, 13, 1618-1619
- [4] Cardona, A.G. and Carmena, D. A review of the global prevalence, molecular epidemiology and economics of cystic echinococcosis in production animals. *Veterinary Parasitology*, 2013, 192, 10-32.
- [5] Carmena, D. and Cardona, A.G. Canine echinococcosis: Global epidemiology and genotypic diversity. *Acta Tropica*, 2013, 128, 441- 460
- [6] Catalano, S., Lejeune, M., Liccioli S., Verocai, G.G., Gesy, K.M., Jenkins, E.J., Kutz, S.J., Fuentealba, C., Duignan, P.J. and Massalo, A. *Echinococcus multilocularis* in urban coyotes, Alberta, Canada. *Emerging Infectious Diseases*, 2012, 18, 1625-1628
- [7] Craig, P.S., McManus, D.P., Lightowlers, M.W., Chabalgoity, J.A., Garcia, H.H., Gavidia, C.M., Gilman, R.H., Gonzalez, A.E., Lorca, M., Naquira, C., Nieto, A. and Schantz, P.M. Prevention and control of cystic echinococcosis. *The Lancet Infectious Diseases*, 2007, 7, June, 385-394
- [8] Cruz-Reyes, A., Constantine, C.C., Boxell, A.C., Hobbs, R.P. and Thompson, R.C. *Echinococcus granulosus* from Mexican pigs is the same strain as that in Polish pigs. *Journal of Helminthology*, 2007, 81, 287–292
- [9] Deplazes, P., Hegglin, D., Gloor, S. and Romig, T. Wilderness in the city: the urbanization of *Echinococcus multilocularis*. *Trends in Parasitology*, 20 (2) 77-84
- [10] Eckert, J. and Deplazes, P. Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. *Clinical Microbiology Reviews*, 2004, 17, 107-135
- [11] Eckert, J., Deplazes, P., Craig, S., Gemmell, M.A., Gottstain, B., Heath, D., Jenkins, D.J., Kamiya, M. and Lightowlers, M. Echinococcosis in animals: clinical aspects, diagnosis and treatment. p. 72-99. In Eckert, J., Gemmell, M.A., Meslin, F.-X. and Pawłowski, Z. S. (ed.) WHO/OIE Manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. World Organisation for Animal Health, Paris, France, 2001
- [12] Gemmell, M.A. Australasian contributions to an understanding of the epidemiology and control of hydatid disease caused by *Echinococcus granulosus* – past, present and future. *International Journal for Parasitology*, 1990, 20, 431–456

- [13] Hegglin, D. and Deplazes P. Control of *Echinococcus multilocularis*: strategies, feasibility and cost-benefit analyses. *International Journal for Parasitology*, 2013, 43, 327-337
- [14] Huh, S., Yu, J.-R., Kim, J.-I., Gotov, Ch., Janchiv, R. and Seo, J.-S. Intestinal protozoan infections and echinococcosis in the inhabitants of Dornod and Selenge, Mongolia (2003). *Korean Journal of Parasitology*, 2006, 44 (2) 171-174
- [15] Hüttner, M., Nakao, M., Wassermann, T., Siefert, L., Boomker, J.D.F, Dinkel, A., Sako, Y., Mackenstedt, U., Romig, T. and Ito, A. Genetic characterization and phylogenetic position of *Echinococcus felidis* (Cestoda: Taeniidae) from the African lion. *International Journal for Parasitology*, 2008, 38, 861–868
- [16] Knapp, J., Bart, J.-M., Giraudoux, P., Glowatzki, M.-L., Breyer, I., Raoul, F., Deplazes, P. Duscher, G., Martinek, K., Dubinsky, P., Guislain, M.-H., Cliquet, F., Romig, T., Malczewski, A., Gottstein, B. and Piarroux R. Genetic Diversity of the Cestode *Echinococcus multilocularis* in Red Foxes at a Continental Scale in Europe. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2009, 3 (6) e452. doi:10.1371/journal.pntd.0000452
- [17] Lavikainen, A., Lehtinen, M.J., Meri, T., Hirvela-Koski, V. and Meri, S. Molecular genetic characterization of the Fennoscandian cervid strain, a new genotypic group (G10) of *Echinococcus granulosus*. *Parasitology*, 2003, 127, 207–215
- [18] Macpherson, C.N.L., Gottstein, B. and Geert, S. Parasitic food-borne and water-borne zoonoses. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*. 2000, 19 (1) 240-258
- [19] Mandal, S. and Mandal M.D. Human cystic echinococcosis: epidemiologic, zoonotic, clinical, diagnostic and therapeutic aspects. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 2011, 253-260
- [20] McManus, D.P., Zhang, W., Li, J. and Bartley, P.B. Echinococcosis. *Lancet*, 2003, 362, 1295-1304
- [21] Moks, E., Jogisalu, I., Valdmann, H. and Saarma, U. First report of *Echinococcus granulosus* G8 in Eurasia and a reappraisal of the phylogenetic relationships of 'genotypes' G5–G10. *Parasitology*, 2008, 135, 647–654
- [22] Moro, P.L., Cavero, C.A., Tambini, M., Briceño, Y., Jiménez, R. and Cabrera, L. Identification of risk factors for cystic echinococcosis in a peri-urban population of Peru. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 2008, 102, 75-78
- [23] Moro, P. and Schantz, P.M. Echinococcosis: a review. *International Journal of Infectious Diseases*, 2009, 13, 125- 133
- [24] Nahorski, W.L., Knap, J.P., Pawłowski, Z.S., Krawczyk, M., Polański, J., Stefaniak, J., Patkowski, W., Szostakowska, B., Pietkiewicz, H., Grzeszczuk, A., Felczak-Korzybska, I., Gołąb, E., Wnukowska, N., Paul, M., Kacprzak, E., Sokolewicz-Bobrowska, E., Niścigorska-Olsen, J., Czyrznikowska, A., Chomicz, L., Cielecka, D. and Myjak, P. Human alveolar echinococcosis in Poland: 1990-2011. *PLoS neglected Tropical Diseases*, 2013, 7 (1) e1986, doi:10.1371/journal.pntd.0001986

- [25] Nakao, M., McManus, D.P., Schantz, P.M., Craig, P.S. and Ito, A. A molecular phylogeny of the genus *Echinococcus* inferred from complete mitochondrial genomes. *Parasitology*, 2007, 134, 713–722
- [26] Otero-Abad, B. and Torgerson, P. R. A systematic review of the epidemiology of echinococcosis in domestic and wild animals. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2013, 7 (6), e2249, doi:10.1371/journal.pntd.0002249
- [27] Rausch, R.L. Life cycle patterns and geographic distribution of *Echinococcus* species. p.88-134. In Thompson, R.C.A. and Lymbery A.J. (ed.), *Echinococcus* and hydatid disease. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 1995
- [28] Saarma, U., Jogisalu, I., Moks, E., Varcasia, A., Lavikainen, A., Oksanen, A., Simsek, S., Andresiuk, V., Denegri, G., Gonzalez, L.M., Ferrer, E., Garate, T., Rinaldi, L. and Maravilla, P. A novel phylogeny for the genus *Echinococcus*, based on nuclear data, challenges relationships based on mitochondrial evidence. *Parasitology*, 2009, 136, 317–328
- [29] Schantz, P.M., Gottstein, B., Ammann, R. and Lanier, A. Hydatid and the Arctic. *Parasitology Today*, 1991, 7, 35–36.
- [30] Shaikenov, B.S., Rysmukhambetova, A.T., Massenov, B., Deplazes, P., Mathis, A. and Torgerson, P. R. Short report: the use of a polymerase chain reaction to detect *Echinococcus granulosus* (G1 strain) eggs in soil samples. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 2004, 71 (4), 441–443
- [31] Sharma, M., Sehgal, R., Fomda, B.A., Malhotra, A. and Malla, N. Molecular characterization of *Echinococcus granulosus* cysts in North Indian Patients: identification of G1, G3, G5 and G6 genotypes. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2013, 7(6): e2262, doi:10.1371/journal.pntd.0002262
- [32] Slifko, T.R., Smith, H.V. and Rose, J.B. Emerging parasite zoonoses associated with water and food. *International Journal for Parasitology*, 2000, 30, 1379-1393
- [33] Szostakowska, B., Lass, A., Kostyra, K., Pietkiewicz, H. and Myjak, P. First finding of *Echinococcus multilocularis* DNA in soil: preliminary survey in Varmia-Masuria Province, northeast Poland. *Veterinary Parasitology*, 2014, in press <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.02.028>
- [34] Szostakowska, B., Lass, A., Pietkiewicz, H, Nahorski, W.L. and Myjak, P. The first detection of *Echinococcus multilocularis* DNA in water: an environmental survey conducted in the Varmia-Masuria province, north-east Poland. *Annals of Parasitology*, 2013, S83
- [35] Thompson, R.C. The taxonomy, phylogeny and transmission of *Echinococcus*, *Experimental Parasitology*, 2008, 119, 439–446
- [36] Thompson, R.C. and McManus, D.P. Towards a taxonomic revision of the genus *Echinococcus*. *Trends in Parasitology*, 2002, 18, 452–457
- [37] Torgerson, P.R., Keller, K., Magnotta, M. and Ragland, N. The Global Burden of Alveolar Echinococcosis. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2010, 4 (6) e722, doi:10.1371/journal.pntd.0000722

- [38] Veit, P., Bilger, B., Schad, V., Schäfer, J., Frank, W. and Lucius, R. Influence of environmental factors on the infectivity of *Echinococcus multilocularis* eggs. *Parasitology*, 1995, 110, 79–86
- [39] Vuitton, D.A., Zhou, H., Bresson-Hadni, S., Wang, Q., Piarroux, M., Raoul, F. and Giraudoux P. Epidemiology of alveolar echinococcosis with particular reference to China and Europe. *Parasitology*, 2003, 127, S87-S107
- [40] Wang, Q., Huang, Y., Huang, L., Yu, W., He, W., Zhong, B., Li, W., Zeng, X., Vuitton, D. A., Giraudoux, P., Craig, P.S. and Wu, W. Echinococcosis is a major parasitic zoonosis of public health importance in western China. *Infectious Diseases of Poverty*, 2014, 3 (3), 1-8
- [41] Xiao, N., Qiu, J., Nakao, M., Li, T., Yang, W., Chen, X., Schantz, P.M., Craig, P.S. and Ito, A. *Echinococcus shiquicus* n. sp., a taeniid cestode from Tibetan fox and plateau pika in China. *International Journal for Parasitology*, 2005, 35, 693–701
- [42] Yamamoto, N., Kishi, R., Katakura, Y. and Miyake, H. Risk factors for human alveolar echinococcosis: a case–control study in Hokkaido, Japan. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 2001, 95, 689–696

