

Historia odkrycia i opisanie cyklu rozwojowego *Diphyllobothrium latum* L.

Alicja Guttowa i Bożena Moskwa

Instytut Parazytologii im. Witolda Stefańskiego Polskiej Akademii Nauk, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa

Adres do korespondencji: Bożena Moskwa, Instytut Parazytologii im. Witolda Stefańskiego Polskiej Akademii Nauk, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa; E-mail: moskwa@twarda.pan.pl

ABSTRACT. THE HISTORY OF THE EXPLORATION OF THE *DIPHYLLOBOTHRIUM LATUM* LIFE CYCLE. *Diphyllobothrium latum* typically occur in the subarctic and temperate zones of the Eurasian Continent, however it is also observed in the Arctic Region and Australia. Raw fish meat and raw shell-fish containing plerocercoids is the main source of human infections. Humans are the principal final host of *D. latum*. Under primitive conditions human excrements with immature tapeworm eggs are deposited anywhere. After embryonic development which occurs in the water, the eggs are transformed into coracidia. Two intermediate hosts (cyclop and fish) are needed for further development. The free-swimming coracidium must enter the stomach of different species of *Copepoda*. After contact with the intestinal juice of the cyclop, the coracidium loses its ciliated envelope and the hooks become mobile. The metamorphosis of the oncosphere to the proceroid occurs. The discovery of the proceroid done by Janicki and Rosen in 1917 implied that the missing link in the cycle of the broad tapeworm had been found. The copepod including the proceroid is consumed by the second intermediate host. The larvae escape from the digestive tract of the fish and are transformed into a plerocercoid. The plerocercoids develop slowly in the fish, and they must reach a certain degree of maturity to be capable of infecting the final host. Today the life cycle of the tapeworm is well recognized and well illustrated in parasitological textbooks and websites.

In this paper the history of the exploration of the *D. latum* life cycle is described. Additionally the main scientific researches carried out on life stages of the broad tapeworm have been reviewed.

Key words: *Diphyllobothrium latum*, life cycle, professor Konstanty Janicki.

Bruzdogłowiec szeroki, *Diphyllobothrium latum*, to jeden z najgroźniejszych pasożytów człowieka [1–4] występujący głównie w strefie umiarkowanej i arktycznej Europy i Ameryki Północnej [5–7]. Wśród krajów europejskich był notowany w Finlandii [8, 9], dawnym Związku Radzieckim [10, 11] we Włoszech [12], w Polsce [13], a także w Szwajcarii [14].

Początkowo, bruzdogłowiec szeroki znany był pod synonimicznymi nazwami *Bothriocephalus latus* lub *Dibothriocephalus latus* [15–17]. Pierwsze prace o występowaniu tego tasiemca w rybach ukazały się w końcu XIX wieku. Niemiecki uczyony Max Braun, pracujący na Uniwersytecie w Dorpacie, znalazł w mięśniach szczupaków pozyskanych z jeziora Pejpus larwy, które podane psom rozwinęły się w ich przewodzie pokarmowym w dorosłą postać *D. latum* [18].

Przez wiele lat cykl rozwojowy bruzdogłowca szerokiego i sposób jego krążenia w przyrodzie nie był w pełni poznany. Opisana była wylęgająca się z jaja urzęsiona larwa, zwana koracydium [18, 19] oraz plerocerkoid, opisany przez Brauna w 1863 r [18]. Brakowało wiedzy o jeszcze jednym ogniwie tego cyklu, które, jak sądzono, rozwija się prawdopodobnie w żywicielu pośrednim, który może się znajdować w pokarmie ryb.

Ustalenie drugiego żywiciela pośredniego zawdzięczamy profesorowi Konstantemu Janickiemu, który w początkach XX wieku pracował w Lozannie (Szwajcaria). Prowadził tam badania nad fauną bezkręgową jezior szwajcarskich. W tym czasie otrzymał propozycję zajęcia się zbadaniem cyklu rozwojowego *D. latum*. Janicki wspólnie z Rosenem rozpoczęli długotrwałą i żmudną pracę, polegającą na zarażaniu urzęsionymi larwami skorupia-

ków fauny dennej i ryb. Początkowo eksperymenty te nie dawały zadawalających wyników. Dopiero badanie treści przewodu pokarmowego ryb naprowadziło na właściwy trop poszukiwań procerkoida w ciele widłonogów. Jednocześnie eksperyment przeprowadzony przez Rosena, polegający na zarażaniu oczlików z rodzaju *Cyclops* urzęsionymi larwami, dał oczekiwany przez badaczy wynik. W jamie ciała oczlików rozwinęła się larwa — procerkoid. Janicki i Rosen wspólnie opisali tę postać rozwojową i przedstawili pełny cykl rozwojowy *D. latum* w języku francuskim w czasopiśmie wydawanym przez Towarzystwo Przyrodnicze w Neuchatel [14].

Z chwilą odkrycia procerkoida pełny cykl rozwojowy *D. latum* został poznany i eksperymentalnie potwierdzony. Obecnie opis cyklu można znaleźć w każdym podręczniku z zakresu parazytologii [20, 21] oraz na stronach internetowych [22, 23]. Głównym żywicielem ostatecznym tasiemca jest człowiek, który zaraża się zjadając półsurowe, niedogotowane mięso ryb, zawierające plerocerkoidy. Dorosłe tasiemce lokalizują się w jelicie cienkim człowieka. Wraz z odchodami ludzkimi jaja pasożyta są deponowane w środowisku wodnym, w którym następuje dalszy rozwój do postaci koracydium. Pierwszym żywicielem pośrednim *D. latum* są oczliki, w jelicie których połknięte koracydia tracą embriofor i przy pomocy haków przenikają przez ścianę jelita do jamy ciała. W jamie ciała larwa wydłuża się, a na tylnym końcu pojawia się charakterystyczny przydatek ogonowy — cercomer, zawierający 3 pary haków. Dalszy rozwój tasiemca następuje z chwilą, gdy oczlik wraz z procerkoidem zostanie połknięty przez drugiego żywiciela pośredniego — rybę. Wówczas w żołądku ryby procerkoid przekształca się w pełzający plerocerkoid, który po utracie cercomeru przenika przez ścianę jelita i umiejscawia się w wątrobie, śledzionie lub gruczołach rozrodczych ryby. Spożycie przez człowieka mięsa zarażonych ryb skutkuje zamknięciem cyklu rozwojowego *D. latum*.

Janicki i Rosen [14] określili jako żywicieli pośrednich *D. latum* dwa gatunki *Copepoda* — *Diaptomus gracilis* i *Cyclops strenuus*. Po tym odkryciu rozwinęły się badania, głównie eksperymentalne, dotyczące ustalenia innych potencjalnych żywicieli procerkoida wśród *Copepoda*. W Polsce badania takie prowadzone były w ówczesnym Zakładzie Parazytologii PAN w latach 50. i 60. ubiegłego wieku. Określono gatunki *Copepoda* w różnych zbiornikach wodnych mogące pełnić w Polsce rolę żywicieli pośrednich *D. latum* [13]. Podobne badania

prowadzono w Niemczech [17, 24], Norwegii [25, 26], Rosji Karelii (27), Australii [16] oraz krajach Ameryki Północnej [5, 28]. Wszyscy wyżej wymienieni badacze potwierdzili wyniki uzyskane przez Janickiego i Rosena, że skuteczne zarażenie zachodzi u przedstawicieli oczlików z rodzaju *Eudiaptomus* oraz u gatunków z rodzaju *Cyclops*. Ponadto stwierdzili eksperymentalnie zmienną ekstensywność zarażenia poszczególnych gatunków *Copepoda*. Na podstawie wyników badań eksperymentalnych przeprowadzono klasyfikację zarażających się gatunków i wyróżniono wśród nich trzy grupy żywicieli: potencjalnych właściwych, pomocniczych i pomocniczych przypadkowych. Klasyfikację oparto na kryteriach intensywności i ekstensywności zarażenia oraz tempie rozwoju procerkoida notowanych u poszczególnych gatunków *Copepoda* [29]. Powyższe badania przyczyniły się do opracowania obszernej listy potencjalnych żywicieli procerkoida w różnych miejscach występowania *D. latum* [30, 31].

Odkrycie procerkoida i opisanie pełnego cyklu rozwojowego *D. latum* dało impuls do rozwinięcia szeroko zakrojonych badań nad morfologią, biologią i fizjologią tego pasożyta we wszystkich fazach jego rozwoju, oraz nad epidemiologią w różnych miejscach jego występowania. Nowoczesne techniki badawcze, które pojawiły się w XX wieku pozwoliły na podejmowanie szczegółowych badań nad każdą postacią rozwojową tego tasiemca.

Jajo

Pierwszy opis jaja *D. latum* pochodzi z XVIII wieku [4]. Mechanizm i procesy tworzenia się jaj poznane zostały w latach 30. ubiegłego wieku, a gdy do dyspozycji nauki udostępniony został mikroskop elektronowy możliwe było również dokładne poznanie embriogenezy (Fot. 1a).

Jajo tasiemca ma wymiary 65 x 45 mm. Na przeciwległych końcach znajdują się: wieczko (*operculum*) oraz charakterystyczna wypukłość apikalna. Skorupka jaja zbudowana jest głównie z substancji podobnej do keratyny oraz ze sklerotyny [32]. Jajo wydostaje się do środowiska w formie niedojrzałej, a dalsza embriogeneza przebiega w środowisku wodnym.

Dużo miejsca w badaniach poświęcono procesowi wylęgu koracydium. Jednak dokładniejszy opis tego zjawiska przedstawiono dopiero w drugiej połowie XX wieku [32]. Określono również warunki przebiegu tego procesu. W Pracowni Fizjologii Pa-

sożyków Zakładu Parazytologii PAN badano wpływ światła, jego siły i długości fali, jako niezbędnego czynnika stymulującego ten proces. Wykazano, że proces wylęgania koracydiów może trwać od 1 do 2 dni, jednakże w warunkach natężenia światła 50-100 luxów może rozpocząć się już po 30 s., a minimalna siła światła potrzebna do wywołania maksymalnego wylęgu larw waha się w granicach 75-100 luxów [33, 34].

Koracydium

Jest to larwa wolno żyjąca, urzęsiona, ma kształt sferyczny, o średnicy ok. 50 μ . Kulista onkosfera zawierająca 6 haków otoczona jest warstwą urzęsionych komórek tworzących embriofor (Fot. 1b, c). Długość rzęsek waha się od 10 do 30 μ .

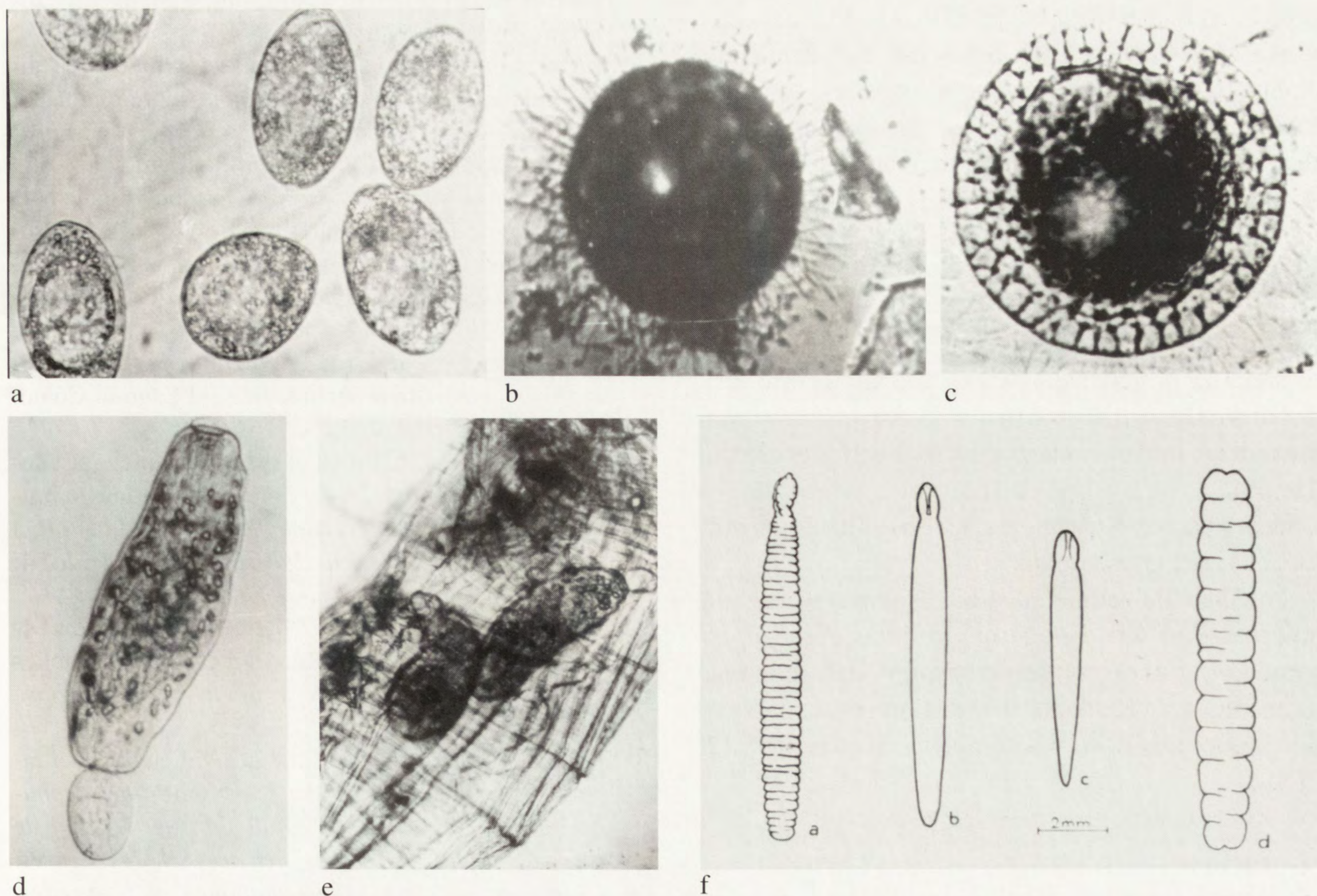
Badania nad biologią, morfologią i fizjologią tej larwy prowadzone były w latach 60. i 70. ubiegłego wieku również w Instytucie Parazytologii PAN w Pracowni Fizjologii Pasożytów. Wykazano wówczas, że koracydium podlega metamorfozie w okresie od 12 godz. do 5 dni, a natężenie tego procesu jest ściśle związane z temperaturą wody. Koracy-

dium może rozwijać się w przedziale temperatur od 8 do 30°C, jednakże warunki optymalne to 18-20°C. Ponadto wykazano interesujące i zaskakujące zjawisko; mianowicie beztlenowy charakter metabolizmu koracydium. Larwa ta żyje krótko w wodzie w środowisku tlenowym, a mimo to energię niezbędną do poruszania rzęsek embrioforu uzyskuje na drodze glikolizy z rozpadu substancji energetycznych (glikogen, polisacharydy), zgromadzonych w komórkach embrioforu [33, 35, 36].

Procerkoid

Urzęsiona larwa koracydium dostaje się do organizmu oczlika i tam przekształca się w pierwszą pasożytniczą postać larwalną procerkoida, opisaną przez Janickiego i Rosena (14). Larwa ta ma kształt workowaty i osiąga wymiary 500-600 μ (Fot. 1d, e). Pojedynczy i wyrosnięty osobnik może stanowić nawet 7% ciała swego żywiciela. Ciało procerkoida zakończone jest przydatkiem — cercomerem, a w parenchymie rozmieszczone są liczne ciała wapienne.

Badania nad morfologią i biologią procerkoida



Fot. 1: Stadia rozwojowe *D. latum*: a — jajo; b, c — koracydium, d, e — procerkoid, f — plerocerkoid (zdjęcia własne prof. Guttowej)

Fot. 1. *Diphyllobotrium latum* living stages: a — egg; b, c — coracidium, d, e — procercoideum, f — plerocercoid (fotos by prof. Guttowa)

prowadzono w Niemczech i Norwegii [24, 37]. Wykazały one, że rozwój procerkoida trwa od 16 do 18 dni w temperaturze pokojowej. Niższa temperatura wydłuża proces dojrzewania larwy. Natomiast w Polsce prowadzono badania nad morfologią i fizjologią tej postaci oraz nad stosunkami pasożyt-żywniciel w tej fazie rozwoju tasiemca [35, 38]. Badania wykazały min., że metabolizm procerkoidów ma charakter tlenowy, na co wskazuje obecność w ich tkankach 16 aktywnych oksydoreduktaz, oraz oksydazy cytochromowej [38].

Plerocerkoid

Procerkoid wraz z zarażonym oczlikiem dostaje się do organizmu ryby drogą pokarmową i tam przekształca się w drugą pasożytniczą postać larwalną — plerocerkoid (Fot. 1f). Larwa ta umiejscawia się głównie w mięśniach lub na powierzchni organów wewnętrznych ryb, w formie swobodnej lub w cystach. Liczne prace wykazały obecność plerocerkoidów u szczupaków, okoni, miętusów, jazgarzy, a także łososiowatych [25, 39, 40]. Wiele prac poświęcono odporności plerocerkoidów na działanie różnych czynników środowiskowych wykazując ich termo- oraz chemiotolerancję [39, 41–43]. Stosując nowoczesne metody histochemiczne, biochemiczne, skaningowe, badacze fińscy i norwescy rozpoznali dokładnie budowę tegumentu, parenchymę, chemiczną strukturę tkanek, oraz metabolizm tasiemca [4, 43, 44].

Postać dorosła

Bruzdogłowiec szeroki jest przede wszystkim uważany za pasożyta człowieka, ale jak wiemy, może rozwijać się także u psów, kotów, lisów, niedźwiedzi i innych zwierząt żywiących się rybami [19, 45].

Postać dorosła osiąga u człowieka 20–25 m długości i 1,5–2 cm szerokości.

Poznano dokładnie rozwój tasiemca w organizmie ludzkim. Zbadano strukturę biochemiczną tasiemca, a mikroskop elektronowy dał możliwość szczegółowego zbadania skoleksu, tegumentu, strobili oraz organów wewnętrznych tego pasożyta [7, 46–49].

Literatura

- [1] Salminen K., Kuosma H.L., Reinius L. 1966. The effect of customary Finnish heat preparation methods

on the infestiveness of *Diphyllobothrium latum* from fish to man. *Acta Veterinaria Scandinavica* 7: 101–124.

- [2] Baer J.G., Miranda H., Fernandez W., Medina J. 1967. Human diphyllbothriasis in Peru. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 28: 277–289.
- [3] Perera D.R., Western K.A., Schultz M.G. 1970. Niclosamide treatment of cestodiasis. Clinical trials in the United States. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 19: 610–612.
- [4] von Bensdorff B. 1977. *Diphyllobothriasis in man*. Academic Press, London, New York, San Francisco.
- [5] Essex H.E. 1927. Early development of *Diphyllobothrium latum* in Northern Minnesota. *Journal of Parasitology* 14: 106–109.
- [6] Guttowa A. 1970. The broad tapeworm, *Diphyllobothrium latum* (L.), (Cestoda, Pseudophylliidea) in Baltic region. *Acta Parasitologica Polonica* 18: 323–340.
- [7] Rausch R.L., Hilliard D.K. 1970. Studies on the helminth fauna of Alaska. XLIX. The occurrence of *Diphyllobothrium latum* (Linnaeus, 1758) (Cestoda: Diphyllbothriidae) in Alaska, with notes on other species. *Canadian Journal of Zoology* 48: 1201–1219.
- [8] Guttowa A. 1963. Problemy parazytologiczne w Finlandii. *Kosmos A* 12: 95–97.
- [9] Raisanen S., Puska P. 1984. Fish tapeworm, a disappearing health problem in Finland. *Scandinavian Journal of Social Medicine* 12: 3–5.
- [10] Mukhametov R.I. 1965. On the distribution of diphyllbothriosis in the population of shore regions of the Tatar ASSR. *Meditainskaia Parazitologiia i Parazitarnye Bolezni* 34: 145–148 [in Russian].
- [11] Khodakova V.I., Abramova I.G., Voshchinskaia N.P. 1965. Some data on diphyllbothriosis in the Turukhansk and Igarka district of the Krasnoarsk Territory. *Meditainskaia Parazitologiia i Parazitarnye Bolezni* 34: 139–145. [in Russian].
- [12] Grassi L., De Carneri I. 1969. Uno caso di bothriocephalosi contratta probabilmente sul Lago di Como. *Rivista di Parassitologia* 30: 101–104.
- [13] Guttowa A. 1956. Próba eksperymentalnego ustalenia głównego pierwszego żywiciela pośredniego bruzdogłowca szerokiego *Diphyllobothrium latum* (L.) — dla terenu Polski. *Acta Parasitologica Polonica* 4: 781–802.
- [14] Janicki K., Rosen F. 1917. Le cycle evolutif du *Bothriocephalus latus* L. Recherches experimentelles et observation. *Bulletin de la Société Nauchâteloise des Science Naturelles* 42: 19–53.
- [15] Markowski S. 1935. Einfluss der Milieuveränderungen auf die Entwicklung der Eier von *Bothriocephalus scorpii* (Müller, 1776). *Bulletin International de l'Academie Polonaise des Sciences et des Lettres. Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles, Série B. Sciences Naturelles (Zoologie)* 49–58.
- [16] Bearup A.J. 1957. Experimental vectors of the first

- larval stage of *Dibothriocephalus latus* (Cestoda) in Australia. *Australian Journal for Experimental Biology and Medicine Science* 35: 183–187.
- [17] Vogel H. 1929. Studien zur Entwicklung von *Diphyllobothrium* I. Teil. Die Wimperlarve von *Diphyllobothrium latum*. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 2: 629–644.
- [18] Braun M. 1883. Zur Entwicklungsgeschichte des breiten Bandwurmes (*Bithriocephalus latus* Brems), Würzburg.
- [19] Guttowa A. 1961. Experimental investigation of the system „procerkoids of *Diphyllobothrium latum* (L.) — Copepoda". *Acta Parasitologica Polonica* 9: 372–408.
- [20] Almer B. 1974. Statens naturvardsverk, PM 460, Nlu Rapport, Stockholm 74: 1–30.
- [21] Stefański W. 1968. *Parazytologia Weterynaryjna*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- [22] www.biosci.ohio-state.edu/~parasite/diphyllobothrium.html
- [23] www.cdfound.to.it/HTML/dip1.html
- [24] Kuhlow F. 1953. Über die Entwicklung und Anatomie von *Diphyllobothrium dendriticum* Nitsch. 1824. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 16: 186–122.
- [25] Vik R. 1957. Studies on the Helminth Fauna in Norway. I. Taxonomy and Ecology of *Diphyllobothrium norvegicum* n.sp. and the Plerocerkoid of *Diphyllobothrium latum*. *Nytt Magasin for Zoologi* 5: 25–93.
- [26] Halvorsen O. 1966. Studies on the helminth fauna of Norway. VIII. An experimental investigation of copepods as first intermediate hosts for *Diphyllobothrium norvegicum*. *Nutt Magasin for Zoologi* 13: 1–38.
- [27] Shamlian N.P. Results of diphyllobothriasis control in the Lovozersk district of the Murmansk region. *Meditinskaia Parazitologija i Parazitarnye Bolezni* 35: 179–84 [in Russian].
- [28] Humes A.G. 1950. Experimental Copepod hosts of the broad tapeworm of man, *Diphyllobothrium latum*. *Journal of Parasitology* 36: 541–548.
- [29] Michajłow Wł. 1932. Les adaptation granules des Copepodes comme premiers hôtes intermediaries de *Triaenophorus nodulosas* (Pall). *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 10: 334–344.
- [30] Guttowa A. 1965. Copepoda as intermediate hosts of *Diphyllobothrium latum* L. in European foci of infection. *Bulletin du Museum National D'histoire Naturelle, Serie 2* 37: 528–532.
- [31] von Bonsdorff B., Bylund G. 1982. The ecology of *Diphyllobothrium latum*. *Ecology of Disease* 1: 21–26.
- [32] Hilliard D.K. 1972. Studies on the helminth fauna of Alaska. II. Observations on eggshell formation in some diphyllobothriid cestodes. *Canadian Journal of Zoology* 50: 585–592.
- [33] Grabiec S., Guttowa A., Michajłow W. 1964. Investigation of the respiratory metabolism of eggs and coracidia of *Diphyllobothrium latum* (L) Cestoda. *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences, Cl. II, Serie des Sciences Biologiques* 12: 29–34.
- [34] Klekowski R. Z. Guttowa A. 1967. Respiration of *Eudiptomus gracilis* infected with *Diphyllobothrium latum*. *Experimental Parasitology* 22: 279–287.
- [35] Grabiec S., Guttowa A., Michajłow W. 1963. Effect of light stimulus on hatching of coracidia of *Diphyllobothrium latum*. *Acta Parasitologica Polonica* 11: 229–238.
- [36] Guttowa A., Moczon T. 1974. Oxidoreductase histochemistry in larval stages of pseudophyllidean cestodes. I. Coracidium. *Acta Parasitologica Polonica* 22: 1–7.
- [37] Braten T. 1968. An electron microscope study of the tegument and associated structures of the proceroid of *Diphyllobothrium latum* (L). *Zeitschrift für Parasitenkunde* 30: 95–103.
- [38] Moczon T., Guttowa A. 1974. Oxidoreductase histochemistry in larval stages of pseudophyllidean cestodes. II. Procerkoid. *Acta Parasitologica Polonica* 22: 9–14.
- [39] Klenov A.P. 1969. Trial use of coniferous needles against bothriocephaliosis in white amur fish. *Veterinariia* 5: 56–7 [in Russian].
- [40] Nazarova N.S., Muzykovskii A.M., Sorokin A.N., Marchenko R.N. 1969. Use of Fenasal in bothriocephaliosis in carp (based on commission test data). *Veterinariia* 46: 57–5 [in Russian].
- [41] Pronin N.M. 1967. The effect of some physico-chemical factors on survival of incapsulated plerocercoids (*Diphyllobothrium* sp.). *Meditinskaia Parazitologija i Parazitarnye Bolezni* 36: 154–158 [in Russian].
- [42] Salminen K. 1970. The effect of low temperatures on the motility of *Diphyllobothrium latum* plerocercoids. *Acta Veterinaria Scandinavica* 11: 236–46.
- [43] Wikgren B.J.P., Gustafsson M.K.S. 1967. Duration of the cell cycle of germinative cells in plerocercoids in *Diphyllobothrium dendriticum*. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 29: 275–281.
- [44] Salminen K. 1973. The oxidation of external NADH by adult and plerocercoid *Diphyllobothrium latum*. *Comparative Biochemistry and Physiology — B: Comparative Biochemistry* 44: 283–289.
- [45] Guttowa A. 1959. Pies jako ostateczny żywiciel brzdogłowca szerokiego (*Diphyllobothrium latum* (L)). *Wiadomości Parazytologiczne* 5: 585–590.
- [46] Braten T. 1968. The fine structure of the tegument of *Diphyllobothrium latum* (L). A comparison of the plerocercoid and adult stages. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 30: 104–112.
- [47] Andersen K. 1975. Comparison of surface topography of three species of *Diphyllobothrium* (Cestoda, Pseudophyllidea) by scanning electron microscopy. *International Journal of Parasitology* 5: 293–300.
- [48] Andersen K. 1975. The functional morphology of the scolex of *Diphyllobothrium* Cobbold (Cestoda,

Pseudophyllidea). A scanning electron and light microscopical study on scoleces of adult *D. dendriticum* (Nitzsch), *D. latum* (L.) and *D. ditremum* (Creplin). *International Journal of Parasitology* 5: 487-93.

[49] Yamane Y., Maejima J., Yazaki S. 1975. Scanning electron microscopic observation of the tegumental structure of Diphylobothriid cestodes. *Yonago Acta Medica* 19: 197-206.