

Cytosolic fatty acid-binding protein or SjFABPc is a molecule known to be crucial for egg production [88] and therefore, has been suggested as a valuable vaccine candidate or drug target for lowering the pathology of the infection through reduction or abrogation of egg production. Liu et al., have shown that this molecule might be a promising vaccine antigen by providing protective efficacies in both rats and sheep without adjuvants [81].

Table 3. List of *S. japonicum* protein and DNA vaccines tested in domesticated animals

Antigen	Animal Tested
<i>Protein vaccine</i>	
Paramyosin (Sj97)	<i>Native</i> : sheep [70] <i>Recombinant</i> : water buffalo [71], pig [72]
Integral membrane protein (Sj23)	<i>Native</i> : water buffalo [73] <i>Recombinant</i> : Water buffalo [73], cattle [74], sheep [75]
26-kDa GST (Sj26GST)	<i>Native</i> : sheep [76] <i>Recombinant</i> : water buffalo [77], cattle [78], pig [79], sheep [75]
28-kDa GST (Sj28GST)	<i>Recombinant</i> : sheep [75], water buffalo [80], cattle [80]
FABP (Sj14)	<i>Recombinant</i> : sheep [81]
<i>DNA Vaccines</i>	
Triose-phosphate isomerase (SjTPI)	Pig [82], water buffalo [83,84]
Integral membrane protein (Sj23)	Pig [85], sheep [73], water buffalo [73,83], cattle [86]
28-kDa GST (Sj28GST)	Water buffalo [86], cattle [86]
31/32-kDa protein (Sj31/32)	Goat [87]

The muscle protein paramyosin, as well, has shown 42 to 48.8% liver egg reduction in water buffaloes [71] and 32.9 to 34.5% worm burden reduction in pigs [72].

All in all, the use of protein vaccines resorted to a worm burden reduction ranging from 17 to 60% in these animals. On the other hand, DNA vaccines lead to a smaller reduction of worm burden (16-65%) and liver egg burden (19-72%). The tetraspanin integral membrane protein (Sj23) was initially shown to induce protection was a synthetic peptide vaccine [73-75] and then, as a plasmid DNA vaccine. This latter shows protective efficacy in mice, sheeps, pigs and water buffaloes. Shi et al., showed that vaccination using Sj23

plasmid DNA has led to significant adult worm reductions in sheep and water buffaloes [73]. Sj23 plasmid DNA vaccine was also shown to partially protect cattle naturally exposed to the parasite over several months [74].

The glycolytic pathway enzyme triose-phosphate isomerase (TPI) has long been targeted as schistosomiasis vaccine candidate for *S. mansoni*. For *S. japonicum*, Zhu et al., determined its efficacy in naïve pigs by vaccination with the TPI DNA plasmid (SjCTPI) alone or in conjunction with IL-12 plasmids [84]. SjCTPI vaccine showed a more pronounced effect on reducing female worm burdens (53.6-59.6%). In addition, SjCTPI has reduced liver egg numbers (49.4%) which was significantly enhanced by the addition of IL-12 (65.8%). Protective immunity was also seen in experimental *S. japonicum* infected water buffaloes followed by co-immunization of SjCTPI DNA plasmid fused with heat shock protein 70 and IL-12 DNA [85].

Sj31 and Sj32 are two *S. japonicum* vaccine candidate antigens, which were particularly promising to induce protective immunity in mice [89-90]. Tang et al., produced the DNA vaccine formulations of the two antigens, which were used to immunize goats [87]. Results of their experiment showed a strong anamnestic antibody response with significant reduction in worm burden (20.9-31.6%).

Although these results are somehow encouraging, further extensive experimental and field-based natural challenge trials are still needed to determine whether these animal vaccines will really reduce transmissions in schistosomiasis. Finally, field trials, including the measurement of the effect of some of these animal vaccines in the prevalence of human schistosomiasis are presently under study in China.

Aside from the vaccine development, the Chinese government has replaced the bovines with machines across the endemic agricultural areas for schistosomiasis control [91]. The new intervention which includes the provision of mechanized farm equipment and removes the cattle from snail-infested grasslands also aims to improve sanitation by supplying tap water and building lavatories and latrines, providing boats with fecal-matter containers and implementing an intensive health education program. In the assessment done after three transmission seasons, the rate of human infection has decreased to less than 1% in intervention areas. This proved that the role of the bovine animals in the transmission of the parasite has greatly reduced. However, this control strategy might promote the possibility of making the rodents a major reservoir host in currently bovine-maintained transmission sites. Therefore, rodent surveillance should also be in place in the event that

such outcome occurred to safeguard the current achieved reduction in human disease prevalence.

INTEGRATION OF VETERINARY AND MEDICAL SECTORS

It has been historically known that joint efforts of both veterinary and medical sectors are needed to control zoonotic diseases. All throughout history, veterinary medicine has played a significant role in public health and has been tapped in many globally-significant medical circumstances involving zoonoses, such as outbreaks of avian influenza and control of rabies. Zoonoses, which represent up to 75% of the emerging pathogens [92], have a major impact on human health in the developing world. However, due to the low level of immediate attention these diseases have elicited, most of the zoonotic diseases affecting men, like schistosomiasis, are neglected and do not include the required veterinary control measures. Schistosomiasis has been known since the time of the pharaohs in Egypt but until now, its elimination has been a steady challenge for the endemic countries.

Therefore there is a call for the integration of public health and veterinary sectors in the fight against schistosomiasis, and this can be done via the 'One Health' strategy [93]. This concept is a worldwide strategy in controlling zoonoses by expanding interdisciplinary collaborations and communications in all aspects of healthcare for humans, animals and the environment. The goal of this strategy is to advance health care by accelerating biomedical research discoveries, enhancing public health efficacy, expeditiously expanding the scientific knowledge base, and improving medical education and clinical care.

Current advances in *Schistosoma* research programs, like the completion of the genome project, make way for strategizing new disease elimination programs. However, having a synergistic effort from both the medical and veterinary health sectors is the real challenge that needs to be urgently addressed for the future of this ancient parasitic disease.

REFERENCES

- [1] Bunnag T, Thirachandra S, Impand P, Vorasanta P, Imlarp S (1983). *Schistosoma incognitum* and its zoonotic potential role in Phitsanulok

- and Phichit provinces, northern Thailand. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 14(2): 163-170.
- [2] Vercruysse J, Rollinson D, van Heerden M, Southgate VR (2003). On the longevity of *Schistosoma curassoni*. *J. Helminthol.* 77(1): 89-90.
 - [3] Morgan JA, DeJong RJ, Kazibwe F, Mkoji GM, Loker ES (2003). A newly-identified lineage of *Schistosoma*. *Int. J. Parasitol.* 33(9): 977-985.
 - [4] He YX, Salafsky B, Ramaswamy K (2001). Host-parasite relationships of *Schistosoma japonicum* in mammalian hosts. *Trends Parasitol.* 7: 320-324.
 - [5] Matsumoto J, Muth S, Socheat D, Matsuda H (2002). The first reported cases of canine schistosomiasis mekongi in Cambodia. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 33(3): 458-461.
 - [6] Strandgaard H, Johansen MV, Pholsena K, Teixayavong, Christensen NO (2001). The pig as a host for *Schistosoma mekongi* in Laos. *J. Parasitol.* 87(3): 708-709.
 - [7] Muller R (2000). Dogs zoonoses and public health. In: Macpherson CNL, Meslin FX & Wandeler AI, ed. CABI Publishing: NY USA, 150-151.
 - [8] Gray DJ, Williams GM, Li Y, Chen H, Forsyth SJ, Li RS, Barnett AG, Guo J, Ross AG, Feng Z, McManus DP (2009). A cluster-randomized intervention trial against *Schistosoma japonicum* in the People's Republic of China: bovine and human transmission. *PLoS One* 4: e5900.
 - [9] Shi F, Zhang Y, Lin J, Zuo X, Shen W, Cai Y, Ye P, Bickle QD, Taylor MG (2002). Field testing of *Schistosoma japonicum* DNA vaccines in cattle in China. *Vaccine* 20: 3629-3631.
 - [10] Zheng J, Zheng QS, Wang XF, Hua ZH (1997). Influence of livestock husbandry on schistosomiasis transmission in mountainous regions of Yunnan province. *SE Asian J. Trop. Med. Public Health* 28: 291-295.
 - [11] Wang TP, Vang Johansen M, Zhang SQ, Wang FF, Wu WD, Zhang GH, Pan XP, Ju Y, Ørnbjerg N (2005). Transmission of *Schistosoma japonicum* by humans and domestic animals in the Yangtze River valley, Anhui province, China. *Acta Trop.* 96(2-3): 198-204.
 - [12] Wang TP, Shrivastava J, Johansen MV, Zhang SQ, Wang FF, Webster JP (2006). Does multiple hosts mean multiple parasites? Population genetic structure of *Schistosoma japonicum* between definitive host species. *Int. J. Parasitol.* 36(12): 1317-1325.
 - [13] Izhar A, Sinaga RM, Sudomo M, Wardiyo ND (2002). Recent situation of schistosomiasis in Indonesia. *Acta Trop.* 82: 283-288.

- [14] Carabin H, Balolong E, Joseph L, McGarvey ST, Johansen MV, Fernandez T, Willingham AL, Olveda R (2005). Estimating sensitivity and specificity of a faecal examination for *Schistosoma japonicum* infection in cats, dogs, water buffaloes, pigs, and rats in Western Samar and Sorsogon Provinces, The Philippines. *Int. J. Parasitol.* 35: 1517-1524.
- [15] Fernandez TJ Jr, Tarafder MR, Balolong E Jr, Joseph L, Willingham AL 3rd, Bélisle P, Webster JP, Olveda RM, McGarvey ST, Carabin H (2007). Prevalence of *Schistosoma japonicum* infection among animals in fifty villages of Samar province, the Philippines. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 7: 147-155.
- [16] Matsumoto J, Kirinoki M, Kawai S, Chigusa Y, Ilagan EJ, Ducusin BE, Yasuraoka K, Matsuda H (1999). Prevalence of schistosomiasis japonica among schoolchildren and animal reservoirs in Oriental Mindoro, Philippines. *Jpn J. Trop. Med. Hyg.* 27: 175-180.
- [17] Rudge JW, Carabin H, Balolong E, Tallo V, Shrivastava J, Lu DB, Basanez MG, Olveda R, McGarvey ST, Webster JP (2008). Population genetics of *Schistosoma japonicum* within the Philippines suggest high levels of transmission between humans and dogs. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2(11): e340.
- [18] Angeles JM, Goto Y, Kirinoki M, Asada M, Leonardo L, Tongol-Rivera P, Villacorte E, Inoue N, Chigusa Y, Kawazu S (2012). Utilization of ELISA using thioredoxin peroxidase-1 and tandem repeat proteins for diagnosis of *Schistosoma japonicum* infection among water buffaloes. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 6(8): e1800.
- [19] Wu HW, Qin YF, Chu K, Meng R, Liu Y, McGarvey ST, Olveda R, Acosta L, Ji MJ, Fernandez T, Friedman JF, Kurtis JD, 2010. High prevalence of *Schistosoma japonicum* infection in water buffaloes in the Philippines assessed by real-time polymerase chain reaction. *Am. J. Trop. Med. Hyg* 82: 646-652.
- [20] Ho YH, He YX, 1963. On the host specificity of *Schistosoma japonicum*. *Chin Med J* 82: 403-414.
- [21] Li YF, Xu ZY, Leng JL, Dong MH, Zhu Q, He SY (1991). Experimental study on egg hatching rate of schistosomiasis japonica. *Chin. J. Schisto Contr.* 3: 33-35.
- [22] Hsu HF, Hsu Li SY (1956). On the infectivity of the Formosan strain of *Schistosoma japonicum* in *Homo sapiens*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 5: 521-528.

-
- [23] Hsu HF, Hsu Li SY, Chu KY (1954). Schistosomiasis japonica among domestic animals in Formosa. *Riv. Parasitol.* 15: 461.
- [24] Hsu HF, Hsu Li SY (1955). Studies on schistosomiasis japonica in Formosa IV. Wild rats and other small mammals as reservoir host of *Schistosoma japonicum* in Formosa. *Ann. Acad. Sin.* 2: 147.
- [25] Wang JS, Tung KC, Chang JP (1988). Studies on the bovine schistosomiasis 1986 on Taiwan: pathological and scanning electron microscope observations. *Proceedings of the Sino-Japanese Symposium on Parasitic Zoonoses* 39-44.
- [26] Hussein MF, Tartour G, Imbabi SE, Ali KE (1975). The pathology of naturally-occurring bovine schistosomiasis in the Sudan. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 69(2): 217-25.
- [27] Lawrence JA (1978). The pathology of *Schistosoma mattheei* infection in the ox 1. Lesions attributable to the eggs. *J. Comp. Pathol.* 88(1): 1-14.
- [28] Fransen J, De Bont J, Vercruysse J, Van Aken D, Southgate VR, Rollinson D (1990). Pathology of natural infections of *Schistosoma spindale* Montgomery, 1906, in cattle. *J. Comp. Pathol.* 103(4): 447-455.
- [29] Johnson E (2010). Canine schistosomiasis in North America: an underdiagnosed disease with an expanding distribution. *Compend. Contin. Educ. Vet.* 32(3): E1-4.
- [30] He YX, Yang HZ, Mao SB (1960). Host specificity of schistosomiasis japonica I: The developmental rates, distribution and survival in mammals. *Chin. Med. J.* 46: 470-475.
- [31] Lu MY Li YF, Lin DD (2010). The self-cure phenomenon in buffalo and pig infected with *Schistosoma japonicum* and its mechanism. *Int. J. Med. Parasit Dis.* 37(3): 184-188.
- [32] Luo XF, Lin SY, Lin ZY, Zhang CF, Wu WR (1988). Observation of the self-cure phenomenon of water buffalo infection with *Schistosoma japonicum*. *Chin. J. Vet. Sci. Technol* 8: 42-44.
- [33] Yang J, Fu Z, Feng X, Shi Y, Yuan C, Liu J, Hong Y, Li H, Lu K, Lin J (2012). Comparison of worm development and host immune responses in natural hosts of *Schistosoma japonicum*, yellow cattle and water buffalo. *BMC Vet. Res.* 8: 25.
- [34] Kalinkovich A, Weisman Z, Greenberg Z, Nahmias J, Eitan S, Stein M, Bentwich RZ (1998): Decreased CD4 and increased CD8 counts with T cell activation is associated with chronic helminth infection. *Clin. Exp. Immunol.* 114(3): 414-421.
- [35] Yang J, Feng X, Fu Z, Yuan C, Hong Y, Shi Y, Zhang M, Liu J, Li H, Lu K, Lin J (2012). Ultrastructural observation and gene expression

- profiling of *Schistosoma japonicum* derived from two natural reservoir hosts, water buffalo and yellow cattle. *PLoS One* 7(10): e47660.
- [36] Mitchell GF, Garcia EG, Wood SM, Diasanta R, Almonte R, Calica E, Davern KM, Tiu WU (1990). Studies on the sex ratio of worms in schistosome infections. *Parasitology* 101(1): 27-34.
- [37] Fedorko JM (1999). *Schistosoma japonicum* in the black rat, *Rattus rattus mindanensis*, from Leyte, Philippines in relation to *Oncomelania* snail colonies with reference to other endoparasites. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 30(2): 343-9.
- [38] Lu DB, Wang TP, Rudge JW, Donnelly CA, Fang GR, Webster JP (2010). Contrasting reservoirs for *Schistosoma japonicum* between marshland and hilly regions in Anhui, China--a two-year longitudinal parasitological survey. *Parasitology* 137(1): 99-110.
- [39] Wu K (1957). Schistosomiasis japonica among domestic and wild animals in China. *Chin. Vet. J.* 3: 98-100.
- [40] Dumag PU, Gajudo CE, Sena CY, Cardenas EC, Fementira EB (1981). Epidemiology of animal schistosomiasis in the Philippines. *Philippine J. Anim. Ind.* 36: 1-23.
- [41] Hurst MH, Willingham AL 3rd, Lindberg R (2000). Tissue responses in experimental schistosomiasis japonica in the pig: a histopathologic study of different stages of single low- or high-dose infections. *Am. J. Trop. Med. Hyg* 62(1): 45-56.
- [42] Yason CV and Novilla MN (1984). Clinical and pathologic features of experimental *Schistosoma japonicum* infection in pigs. *Vet. Parasitol.* 17: 47-64.
- [43] Willingham AL 3rd, Johansen MV, Bøgh HO, Ito A, Andreassen J, Lindberg R, Christensen NO, Nansen P (1999). Congenital transmission of *Schistosoma japonicum* in pigs. *Am. J. Trop. Med. Hyg* 60(2): 311-312.
- [44] Willingham AL, Johansen MJ, Barnes EH (1998). A new technique for counting *Schistosoma japonicum* eggs in pig faeces. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 29: 128-130.
- [45] Xu B, Gordon CA, Hu W, McManus DP, Chen HG, Gray DJ, Ju C, Zeng XJ, Gobert GN, Ge J, Lan WM, Xie SY, Jiang WS, Feng Z (2012). A novel procedure for precise quantification of *Schistosoma japonicum* eggs in bovine feces. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 6(11): e1885.
- [46] Cheng PC, Tsaihong JC, Lee KM (2007). Application of recombinant Sjc26GST for serodiagnosis of *Schistosoma japonicum* infection in water buffalo (*Bos buffelus*). *Vet. Parasitol.* 150: 314-320.

- [47] Peng SY, Lee KM, Tsaihong JC, Cheng PC, Fan PC (2008). Evaluation of recombinant fructose-1,6-biphosphate aldolase ELISA test for the diagnosis of *Schistosoma japonicum* in water buffaloes. *Res. Vet. Science* 85: 527-533.
- [48] Jin YM, Lu K, Zhou WF, Fu ZQ, Liu JM, Shi YJ, Li H, Lin JJ (2010). Comparison of recombinant proteins from *Schistosoma japonicum* for schistosomiasis diagnosis. *Clin. Vaccine Immuno.* 17: 476-480.
- [49] Angeles JM, Goto Y, Kirinoki M, Leonardo LR, Tongol-Rivera P, P, Villacorte E, Inoue N, Chigusa Y, Kawazu S (2011). Human antibody response to thioredoxin peroxidase-1 and tandem repeat proteins as immunodiagnostic antigen candidates for *Schistosoma japonicum* infection. *Am. J. Trop. Med. Hyg* 85: 674-679.
- [50] Li Y, Wang L, Fang R, Nie H, Zhou Y, Zhao J, Hua M (2012). Establishment and evaluation of an iELISA using the recombinant membrane protein LHD-Sj23 for the serodiagnosis of *Schistosoma japonicum* infection in cattle in China. *Vet. Parasitol.* 188: 247-254.
- [51] Minai M, Hosaka Y, Ohta N (2003). Historical view of schistosomiasis japonica in Japan: implementation and evaluation of disease-control strategies in Yamanashi Prefecture. *Parasitol. Int.* 52: 321-326.
- [52] Zhou XN, Wang LY, Chena MG, Wua XH, Jiang QW, Chen XY, Zheng J, Utzinger J (2005). The public health significance and control of schistosomiasis in China—then and now. *Acta Trop.* 96: 97-105.
- [53] Zhou XN, Lin DD, Yang HM, Chen HG, Sun LP, Yang GJ, Hong QB, Brown L, Malone JB (2002). Use of Landsat TM satellite surveillance data to measure the impact of the 1998 flood on snail intermediate host dispersal in the lower Yangtze River basin. *Acta Trop* 82: 199-205.
- [54] Leonardo LR, Acosta LP, Olveda RM, Aligui GDL (2002). Difficulties and strategies in the control of schistosomiasis in the Philippines. *Acta Trop* 82: 295-299.
- [55] Leonardo L, Rivera P, Sanieel O, Antonio Solon J, Chigusa Y, Villacorte E, Christopher Chua J, Moendeg K, Manalo D, Crisostomo B, Sunico L, Boldero N, Payne L, Hernandez L, Velayudhan R (2013). New endemic foci of schistosomiasis infections in the Philippines. *Acta Trop.*, 10.1016/j.actatropica.2013.03.015 [ePub ahead of print].
- [56] Gray DJ, Williams GM, Li Y, Chen H, Forsyth SJ, Li RS, Barnett AG, Guo J, Ross AG, Feng Z, McManus DP (2009). A cluster-randomized intervention trial against *Schistosoma japonicum* in the People's Republic of China: bovine and human transmission. *PLoS One* 4: e5900.

- [57] Guo J, Li Y, Gray D, Ning A, Hu G, Chen H, Davis GM, Sleigh AC, Feng Z, McManus DP, Williams GM (2006). A drug-based intervention study on the importance of buffaloes for human *Schistosoma japonicum* infection around Poyang Lake, People's Republic of China. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 74: 335-341.
- [58] Ismail M, Metwally A, Farghaly A, Bruce J, Tao LF, Bennett JL (1996). Characterization of isolates of *Schistosoma mansoni* from Egyptian villagers that tolerate high doses of praziquantel. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 55: 214-218.
- [59] Ismail M, Botros S, Metwally A, William S, Farghally A, Tao LF, Day TA, Bennett JL (1999). Resistance to praziquantel: direct evidence from *Schistosoma mansoni* isolated from Egyptian villagers. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 60: 932-935.
- [60] Gryseels B, Stelma FF, Talla I, van Dam GJ, Polman K, Sow S, Diaw M, Sturrock RF, Doehring-Schwerdtfeger E, Kardorff R (1994). Epidemiology, immunology and chemotherapy of *Schistosoma mansoni* infections in a recently exposed community in Senegal. *Trop. Geogr. Med.* 46: 209-219.
- [61] Stelma FF, Sall S, Daff B, Sow S, Niang M, Gryseels B (1997). Oxamniquine cures *Schistosoma mansoni* infection in a focus in which cure rates with praziquantel are unusually low. *J. Infect Dis.* 176: 304-307.
- [62] Gryseels B, Mbaye A, De Vlas SJ, Stelma FF, Guissé F, Van Lieshout L, Faye D, Diop M, Ly A, Tchuem-Tchuente LA, Engels D, Polman K (2001). Are poor responses to praziquantel for the treatment of *Schistosoma mansoni* infections in Senegal due to resistance? An overview of the evidence. *Trop. Med. Int. Health* 6: 864-873.
- [63] Seto EYW, Wong BK, Lu D, Zhong B (2011). Human schistosomiasis resistance to praziquantel in China: should we be worried? *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 85(1): 74-82.
- [64] Shi YE, Jiang CF, Han JJ, Li YL, Ruppel A (1990). *Schistosoma japonicum*: an ultraviolet-attenuated cercarial vaccine applicable in the field for water buffaloes. *Exp. Parasitol.* 71(1): 100-106.
- [65] Shi YE, Jiang CF, Han JJ, Li YL, Ruppel A (1993). Immunization of pigs against infection with *Schistosoma japonicum* using ultraviolet-attenuated cercariae. *Parasitology* 106: 459-462.
- [66] McManus DP (2000). A vaccine against Asian schistosomiasis: the story unfolds. *Int. J. Parasitol.* 30: 265-271.

- [67] McManus DP, Bartley PB (2004). A vaccine against Asian schistosomiasis. *Parasitol. Int.* 53: 163-173.
- [68] McManus DP, Loukas A (2008). Current status of vaccines for schistosomiasis. *Clin. Microbiol. Rev.* 21(1): 225-242.
- [69] Wu ZD, Lu ZY, Yu XB (2005). Development of a vaccine against *Schistosoma japonicum* in China: a review. *Acta Trop.* 96: 106-116.
- [70] Taylor MG, Huggins MC, Shi F, Lin J, Tian E, Ye P, Shen W, Qian CG, Lin BF, Bickle QD (1998). Production and testing of *Schistosoma japonicum* candidate vaccine antigens in the natural ovine host. *Vaccine* 16: 1290-1298.
- [71] McManus DP, Wong JY, Zhou J, Cai C, Zeng Q, Smyth D, Li Y, Kalinna BH, Duke MJ, Yi X (2001). Recombinant paramyosin (rec-Sj-97) tested for immunogenicity and vaccine efficacy against *Schistosoma japonicum* in mice and water buffaloes. *Vaccine* 20: 870-878.
- [72] Chen HG, Nara T, Zeng XJ, Satoh M, Wu GC, Jiang WS, Yi FY, Kojima S, Zhang SJ, Hirayama K (2000). Vaccination of domestic pig with recombinant paramyosin against *Schistosoma japonicum* in China. *Vaccine* 18: 2142-2146.
- [73] Shi F, Zhang Y, Ye P, Lin J, Cai Y, Shen W, Bickle QD, Taylor MG (2001). Laboratory and field evaluation of *Schistosoma japonicum* DNA vaccines in sheep and water buffalo in China. *Vaccine* 20: 462-467.
- [74] Shi F, Zhang Y, Lin J, Zuo X, Shen W, Cai Y, Ye P, Bickle QD, Taylor MG (2002). Field testing of *Schistosoma japonicum* DNA vaccines in cattle in China. *Vaccine* 20: 3629-3631.
- [75] Taylor MG, Huggins MC, Shi F, Lin J, Tian E, Ye P, Shen W, Qian CG, Lin BF, Bickle QD (1998). Production and testing of *Schistosoma japonicum* candidate vaccine antigens in the natural ovine host. *Vaccine* 16: 1290-1298.
- [76] Xu S, Shi F, Shen W, Lin J, Wang Y, Ye P, Tian E, Qian C, Lin B, Shi Y (1995). Vaccination of sheep against *Schistosoma japonicum* with either glutathione S-transferase, keyhole limpet, haemocyanin or the freeze/thaw schistosomula/BCG vaccine. *Vet. Parasitol.* 58: 301-312.
- [77] Liu SX, He YK, Song GC (1997). Anti-fecundity immunity to *Schistosoma japonicum* induced in Chinese water buffaloes (*Bos buffelus*) after vaccination with recombinant 26 kDa glutathione-S-transferase (reSjc26GST). *Vet. Parasitol.* 69: 39-47.
- [78] Wu Z, Liu S, Zhang S, Tong H, Gao Z, Liu Y, Lin D, Liu Z, Wu G, Yi H, Song G, Xu Y (2004). Persistence of the protective immunity to *Schistosoma japonicum* in Chinese yellow cattle induced by recombinant

- 26 kDa glutathione-S-transferase (reSjc26GST). *Vet. Parasitol.* 123: 167-177.
- [79] Liu SX, Song GC, Xu YX, Yang W, McManus DP (1995). Anti-fecundity immunity induced in pigs vaccinated with recombinant *Schistosoma japonicum* 26 kDa glutathione-S-transferase. *Parasite Immunol.* 17: 335-340.
- [80] Shi F, Lin J, Cai Y, Shen W, Taylor MG (1998). Evaluation on protective effects of three kinds of *Schistosoma japonicum* antigens against schistosomiasis in farm animals. In: Tada I, Kojima A, Tsuji M, ed. *Proceedings of the Ninth International Congress of Parasitology*. Bologna: Monduzzi Editore, 1217-1223.
- [81] Liu JM, Cai XZ, Lin JJ, Fu ZQ, Yang GZ, Shi FH, Cai YM, Shen W, Taylor MG, Wu XF (2004). Gene cloning, expression and vaccine testing of *Schistosoma japonicum* SjFABPc. *Parasite Immunol* 26: 603-607.
- [82] Zhu Y, Si J, Harn DA, Xu M, Ren J, Yu C, Liang Y, Yin X, He W, Cao G (2006). *Schistosoma japonicum* triose-phosphate isomerase plasmid DNA vaccine protects pigs against challenge infection. *Parasitology* 132: 67-71.
- [83] Da'dara A, Li YS, Xiong T, Zhou J, Williams GM, McManus DP, Feng Z, Yu XL, Gray DJ, Harn DA (2008). DNA-based vaccines protect against zoonotic schistosomiasis in water buffalo. *Vaccine* 26(29-30): 3617-3625.
- [84] Yu XL, He YK, Xiong T, Zhao YQ, Shi MZ, Zhou J, Liu ZC, Luo XS, Fu X, He HB, Harn DA, Li YS (2006). Protective effects of co-immunization with SjCTPI-Hsp70 and interleukin-12 DNA vaccines against *Schistosoma japonicum* challenge infection in water buffalo. *Zhongguo Ji Sheng Chong Xue Yu Ji Sheng Chong Bing Za Zhi.* 24(6): 433-436.
- [85] Zhu Y, Ren J, Da'dara A, Harn D, Xu M, Si J, Yu C, Liang Y, Ye P, Yin X, He W, Xu Y, Cao G, Hua W (2004). The protective effect of a *Schistosoma japonicum* Chinese strain 23 kDa plasmid DNA vaccine in pigs is enhanced with IL-12. *Vaccine* 23(1): 78-83.
- [86] McManus DP, Loukas A (2008). Current status of vaccines for schistosomiasis. *Clin. Microbiol. Rev.* 21(1): 225-242.
- [87] Tang L, Zhou Z, Chen Y, Luo Y, Wang L, Chen L, Huang F, Zeng X, Yi X (2007). Vaccination of goats with 31 kDa and 32 kDa *Schistosoma japonicum* antigens by DNA priming and protein boosting. *Cell Mol. Immunol.* 4(2): 153-156.

- [88] Scott JC, McManus DP (1999). Identification of novel 70-kDa heat shock protein from the human blood fluke of humans, *Schistosoma japonicum*. *Biochim. Biophys. Acta* 1517: 53-62.
- [89] Xie LP, Shi YG, Han JJ, Ning CX, Deng WW (1998). Preliminary study on protective immunity against *Schistosoma japonicum* induced by different doses of naked DNA vaccine pCDSj32 in BALB/c mice. *Zhongguo Ji Sheng Chong Bing Fang Zhi Za Zhi* 11: 305-307.
- [90] Yi XY, Zheng XF, Zheng XZ, Wan SP, Shu XH, Larry M (2000). Studies on anti-fecundity induced by cathepsin B DNA vaccine of *Schistosoma japonicum*. *Zhongguo Ren Shou Gong Fang Bing Za Zhi* 16: 45-47.
- [91] Wang LD, Chen HG, Guo JG, Zeng XJ, Hong XL, Xiong JJ, Wu XH, Wang XH, Wang LY, Xia G, Hao Y, Chin DP, Zhou XN (2009). A strategy to control transmission of *Schistosoma japonicum* in China. *New Engl. J. Med.* 360: 121-128.
- [92] Slingenbergh J, Gilbert M, de Balogh K, Wint W (2004). Ecological sources of zoonotic diseases. *Rev. Sci. Tech. Off Int. Epiz* 23: 467-484.
- [93] One health initiative. <http://onehealthinitiative.com>

SCH

● 4. 免疫学的検査／C. 感染症－抗原・抗体・遺伝子検査／④寄生虫

抗寄生虫 IgG 抗体

山崎 浩

■ デシジョンレベル (表 1)

表 1 デシジョンレベル

	臨床症状など	問診事項	疑うべき寄生虫疾患
熱・発 下痢症	発熱・悪寒・貧血 粘血便・大腸炎 軟便・水様性便・脂肪便 軟便・水様性便・脂肪便・基礎疾患（免疫不全） 水様性便・腹痛・体重減少・蛋白漏出性胃腸炎 片節排出・軟便 片節排出・下痢・腹痛 片節排出・下痢・腹痛 片節排出・下痢・腹痛 片節排出・下痢・腹痛	海外渡航歴 性癖・海外渡航歴 食歴（食品・飲用水）・海外渡航歴 食歴（食品・飲用水）・海外渡航歴 出身地・居住歴（南西諸島・沖縄）・基礎疾患（ATL など） 食歴（サケ・マス） 食歴（海産魚・シラス？） 食歴（牛肉）・海外渡航歴 食歴（豚肉）・海外渡航歴 食歴（豚レバー刺し）・海外渡航歴	マラリア（熱帯熱マラリアは悪性） 赤痢アメーバ症 ランブル鞭毛虫症 クリプトスポリジウム症 糞線虫症 日本海裂頭条虫症 鉅複殖門条虫症 無鉤条虫症 有鉤条虫症 アジア条虫症
急性腹症	上腹部痛・悪心・嘔吐・イレウス 急激な腹痛・イレウス	食歴（サバ・イカなど） 食歴（ホタルイカ）	アニサキス症 旋尾線虫症
肝・胆道系 症状	季肋部痛・発熱 肝機能障害・肝内多発性小結節 肝腫大・上腹部痛・肝内多房性嚢胞 上腹部痛・腹部膨満感・肝内単房性嚢胞 季肋部痛・発熱・肝内嚢胞	食歴（牛レバー刺し・セリ）・職業（牛飼育） 食歴（牛・鶏レバー刺し）・ペット飼育歴（イヌ・ネコ） 出身地・居住歴（北海道） 出身地・居住歴・海外渡航歴 性癖・海外渡航歴	肝経症 イヌ・ネコ回虫症（トキソカラ症） 多包虫症（エキノコックス症） 単包虫症（エキノコックス症） アメーバ性肝臓癌
呼吸器症状	咳嗽・発熱・血痰・胸水貯留・肺結節影や空洞影 咳嗽・発熱・血痰・胸水貯留・肺結節影や空洞影 肺の多発性小結節・スリガラス様病変 咳嗽・肺の単発性結節影（coin lesion） 呼吸器症状・浸潤影	食歴（淡水産サワガニ・モクズガニ・イノシシ肉） 食歴（淡水産サワガニ） 食歴（牛・鶏レバー刺し）・ペット飼育歴（イヌ・ネコ） ペット飼育歴（イヌ）・蚊刺され 食歴（有機野菜）・出身地・居住歴	ウエステルマン肺吸虫症 宮崎肺吸虫症 イヌ・ネコ回虫症（トキソカラ症） イヌ糸状虫症 回虫幼虫による Löffler 症候群
中枢神経症 状	好酸球性髄膜病変・頭蓋内圧上昇・頭痛 けいれん発作・痙攣・麻痺・脳内嚢胞 嚢胞性病変・石灰化 脳内嚢胞性病変 高熱・意識障害 基礎疾患（免疫不全）・脳脊髄炎	食歴（アフリカマイマイ・ナメクジ混入野菜）・居住歴（沖縄） 食歴（虫卵で汚染された食品）・居住歴・海外渡航歴 食歴（淡水産サワガニ・モクズガニ・イノシシ肉） 性癖・海外渡航歴 海外渡航歴 ペット飼育歴（ネコ）	広東住血線虫症 有鉤囊虫症 ウエステルマン肺吸虫症 アメーバ性脳膿瘍 熱帯熱マラリア トキソプラズマ
移動性皮膚 症状	線状爬行疹・移動性皮下腫瘍 線状爬行疹 線状爬行疹・移動性皮下腫瘍 線状爬行疹 皮下腫瘍	食歴（淡水魚・輸入ドジョウ） 食歴（ホタルイカ） 食歴（ヘビ・カエル・地鶏） 海外渡航歴 食歴（虫卵で汚染された食品）・居住歴・海外渡航歴	顎口虫症 旋尾線虫症 マンソン孤虫症 動物由来の鉤虫症 有鉤囊虫症
眼部症状	ぶどう膜炎・硝子体混濁	食歴（牛・鶏レバー刺し）・ペット飼育歴（イヌ・ネコ）	イヌ・ネコ回虫症（トキソカラ症）

太字は抗 IgG 抗体検査が有効なもの。

表2 基準値

項 目	判定基準	測定法	検査機関
抗 IgG 抗体	健常人プール血清の吸光度の3倍以上	plate ELISA	国立感染症研究所
抗 IgG 抗体	発色度に応じて5段階評価	dot ELISA	SRL

■ 基準値 (表2)

寄生虫の種類によって抗IgG抗体の検出法が異なる。寄生蠕虫症の場合、plate ELISA や multiple-dot ELISA (dot ELISA) やイムノブロット法などが抗体検出法として汎用されているが、検査に用いる寄生虫抗原、二次抗体、発色基質や手技が検査機関ごとに異なるために、判定基準も異なる。表2には、国立感染症研究所寄生動物部とSRLで行われている寄生蠕虫症の検査法を例として挙げた¹⁻³⁾。

■ 測定上の注意

寄生虫感染症に応じて、血清、胸水、腹水、髄液、前房水や硝子体液が検査の対象となる。検体採取後は、4℃で保存するか、あるいは-20℃以下で凍結保存する。検査依頼の際は凍結状態で移送する。

■ 検査によって何がわかるか

寄生虫に感染するとその寄生虫成分(抗原)に対する特異的IgG抗体が産生され、特に組織内に寄生する蠕虫類で著明である。抗体検査によってわかるのは、検体の中に寄生虫抗原に対する特異抗体があるか否かである。抗体が検出された場合は、現在、寄生虫に感染しているか、過去にその寄生虫に感作された既往があったということを示している。逆に抗体陰性の場合、寄生虫感染の可能性は低い。感染のごく早い時期や陳旧性病変を有する場合には抗体は検出されない。寄生虫感染を100%否定することもできない。感染初期と考えられる場合には、経時的に抗体検査を行うことによって感染の有無が判定できる。また、寄生虫に感染していた場合、抗体検査は経過観察や治癒判定にも有効である。

■ どういうときに検査するか

どのようなときに検査をするか、言い換えればどのようなときに寄生虫感染を疑うか、ということである。表1は寄生虫感染を疑う手掛かりとなる事項を症状別に要約した。これらの所見以外にも、好酸球増多と血清IgEの上昇は寄生蠕虫症を疑う一因である。好酸球増多は寄生虫疾患によっては胸水や髄液中でもみられる。寄生虫感染を疑った場合、画像検査などで病変検索を行うと同時に、抗寄生虫IgG抗体検査を実施する。

移動性皮膚病変は寄生虫感染を強く疑う重要な所見であるが、臨床所見は必ずしも寄生虫感染症に特有でない場合もある。しかしながら、寄生虫疾患も可能性の一つとして念頭に置いておくと、診断に有用なクリティカルな問診情報を得ることができる。

■ 異常となる疾患/異常となる薬物

自己免疫疾患、急性炎症性疾患、血液疾患、あるいは悪性リンパ腫患者では、寄生虫抗原に対して非特異的な陽性反応を示すことがある。自己免疫疾患患者における抗核抗体、抗ヒストン蛋白抗体や自己組織に対する抗体、急性炎症性疾患や血液疾患患者におけるポリクローナルB細胞の活性化による非特異的反応性抗体が、その要因と考えられている他、薬物アレルギーでも同様な反応がみられる^{1,2,4,5)}。

■ 検査の総合評価

寄生虫に対するIgG抗体検査は寄生虫の存在を間接的に示す補助的な検査であって、寄生虫を直接検出することではない。臨床症状を呈し、抗体陽性の場合には寄生虫感染の可能性が高いが、厳密な意味では確定診断にはならない。また、複数の寄生虫抗原に対して陽性反応

を示す場合があるので、そのような場合には信頼性の高い特異抗原を用いた精査が必要になる。一方、抗体陰性であっても、寄生虫感染を完全に否定できない場合があるので、最終的には抗体検査結果は参考として、臨床症状、感染源となる食品の摂取歴、寄生虫症流行地での居住歴や流行地への渡航歴、ペット飼育歴の有無など問診情報や各種検査データなどから総合的に判断しなければならない。

■ 予想外の値が得られた場合にはどうするか

線虫、吸虫、条虫の区別を超えて多種類の寄生虫抗原に対して抗体陽性となった場合には、自己免疫疾患、急性炎症性疾患、悪性腫瘍、血液疾患など寄生虫以外の疾患の検索を進めながら、一定間隔で採血したベア血清を用いてIgG抗体の推移を調べることも寄生虫感染症の診断に有効である。

■ 異常値がみられた場合の検査の進め方と対応

- ① 食習慣（ゲテモノ喰いの患者はゲテモノという自覚がないので、摂取した食材について、カエル、ヘビ、サワガニなどのように具体的に問うこと）。
- ② 居住歴、海外渡航歴の有無、ペット飼育歴の有無、性癖。
- ③ 抗体検査による follow up。
- ④ 外科的摘出や生検による組織の病理検査。
- ⑤ 病理組織標本を用いたDNA検査³⁾。

■ その他

最近、簡易で迅速な寄生虫症検査診断キットが開発されている。東京医科歯科大学大学院国際環境寄生虫学分野では赤痢アメーバ症とトキソカラ症の検査キットが、国立感染症研究所寄生動物部ではトキソカラ症、マンソン孤虫症、肺吸虫症の検査キットが入手できる。これらのキットは体外診断薬としては国内未承認であるが、総合的な診断を行ううえでの補助的診断材料としては利用できる（保険適応外）³⁾。

また、寄生虫感染症の検査は国立感染症研究所寄生動物部の他、宮崎大学医学部感染症講座寄生虫学分野や東京医科歯科大学大学院国際環境寄生虫学分野で実施可能である。また、大学医学部寄生虫学講座（医動物学・熱帯医学を含む）や地方自治体衛生研究所など研究機関によっては特定の寄生虫症について、より専門的な検査を行っているので、必要に応じてお問い合わせいただきたい。

文 献

- 1) 名和行文ほか：抗寄生虫IgG抗体検査の実際。Medical Technology 29：1191-1196, 2001
- 2) 西村和子ほか：抗寄生虫IgG抗体スクリーニング検査の臨床応用と問題点。ホルモンと臨床 50：57-65, 2002
- 3) 山崎 浩：免疫血清検査と遺伝子検査で確認できる寄生虫と依頼方法。Medical Practice 27：1527-1531, 2010
- 4) 中村（内山）ふくみ、名和行文：IX. 感染症編 9. 寄生虫（原虫・蠕虫）感染症。総合臨床 51（増刊号）：685-692, 2002
- 5) 中村（内山）ふくみ、名和行文：寄生虫症における血清診断の活かし方。治療学 37：45-49, 2003

第4章 その他の食水系感染症

一般目標：寄生虫および原虫による食中毒の基礎知識とこれを予防する技能を説明できる。

① 寄生虫および原虫による食中毒

到達目標：食中毒の原因寄生虫・原虫を分類および同定し，起病性のメカニズム，疫学，予防法を説明できる。

キーワード：回虫，有棘顎口虫，鞭虫，鉤虫，横川吸虫，ウェステルマン肺吸虫，宮崎肺吸虫，肝蛭，日本海裂頭条虫，有鉤条虫，無鉤条虫，旋毛虫，有線条虫，マンソン裂頭条虫，トキソプラズマ，アメーバ赤痢，クリプトスポリジウム，クドアセブテンpunkタタ，ザルコシスティスフェイヤー

1) 回 虫

原因寄生虫 回虫科の寄生線虫である回虫 *Ascaris lumbricoides* が病原体となる。体長は雌約 30cm，雄約 20cm，体幅はそれぞれ約 5mm，約 4mm と雌が大きい。

発症機序 最終寄生部位の小腸に認める成虫が消化器症状の原因となるが，成虫の迷入（胆管等）や幼虫の体内移行（肺）による障害もある。

分布および疫学 世界中で認められる。わが国では太平洋戦争直後から 1950 年代にかけて，国民の 60%以上が回虫に感染していた。人糞を農作物の肥料として用いたことが原因だが，その後の化学肥料の導入や衛生思想の普及，集団駆虫の効果等により，近年では虫卵陽性率がほぼ 0%にまで減少している。一方，海外では途上国を中心に陽性率は高く，現在でも約 10 億人の感染者が存在する。

虫卵に汚染された野菜やその加工品を生で，あるいは不十分な加熱のまま摂食することで感染する。国内感染事例では無農薬・有機栽培野菜や輸入野菜，さらに輸入キムチ等が感染源であったと推察されている。

症 状 成虫が小腸に寄生して腹痛や下痢，便秘が起こる。寄生数が多い場合は，虫体が塊状となり腸閉塞を起こすことがある。成虫はときに胆管に迷入し，急性腹症を引き起こすことがある。なお，多数の虫卵を一度に摂取した場合は，幼虫移行による肺炎（レフラー症候群）を起こすことがある。

診 断 感染源となる食品には，その表面に回虫卵が付着する。検査に際しては，対象食品の洗浄液沈渣に浮遊法を適用する。虫卵の回収効率をあげるには，野菜等の洗浄時にソニケーターを用い，また洗浄液に界面活性剤（市販の中性洗剤で可）を添加する。なお，虫卵による

回虫と豚回虫との形態鑑別は困難で、遺伝子診断が必要となる。

患者糞便からの虫卵の検出は、雌成虫 1 虫体当たりの産卵数が 1 日に約 20 万個ときわめて多数であることから、直接塗抹法が適用される。しかし、雄成虫のみの寄生、あるいは雌未成熟虫の寄生では虫卵を検出できないので注意が必要である。

予防および治療 生きた虫卵（特に感染能力を持つ幼虫包蔵卵）を摂取しないことが予防法として重要で、回虫卵付着の可能性がある野菜等は加熱して摂食する。感染源をなくすことも感染予防に有効であり、そのために患者（保虫者）を見つけて徹底的に駆虫する。また、人の糞便を肥料とせず、糞便汚染のある水を灌漑水等に利用しないことも、予防に有効となる。人の糞便を肥料に用いる場合は十分に腐熟させ、中の回虫卵を死滅させる。

治療薬としては、パモ酸ピランテル、メベンダゾール、アルベンダゾールが有効である。無症状であっても、糞便を用いた虫卵検査で寄生が確認された場合は駆虫を行う。胆管に成虫が迷入した症例では、内視鏡的摘出術や外科的処置で対処する。

2) アニサキス

原因寄生虫 回虫目アニサキス亜科に属する線虫がアニサキスと総称される。中でも *Anisakis simplex* が病原体としてわが国では重要である。また、*A. physeteris* あるいは *Pseudoterranova decipiens* によるアニサキス症例の報告もある。

発症機序 アニサキス幼虫の胃粘膜穿入が胃アニサキス症の原因となる。虫体の腸粘膜穿入や体内移行による障害を認める場合もある。また、アニサキスを原因とするアレルギーも知られる（食物アレルギー）。

分布および疫学 原因となるアニサキス亜科線虫は世界中の海産魚から検出される。しかし、人体症例の発生は刺身や寿司等海産魚介類の生食を嗜好する食習慣と強く関連することから、圧倒的多数がわが国で発生し、その数は年間に 2,000 ～ 3,000 件と推定されている。海外での報告数は、1960 年に本症がオランダで報告されてから 2005 年までに、欧州で累計約 500 件、アメリカで同約 70 件とされる。

症 状 魚介類の生食後数時間して、激しい上腹部痛、悪心、嘔吐をもって発症するのが胃アニサキス症の特徴で、人体症例の大半がこの症状を呈する（劇症型胃アニサキス症）。虫体 1 匹の穿入により発症することも多い。しかし、健康診断時の内視鏡検査で胃粘膜に穿入する虫体が見つかる無症候例もある（緩和型胃アニサキス症）。虫体が腸に穿入する腸アニサキス症では、腹痛、悪心、嘔吐等の症状が見られ、ときに腸閉塞や腸穿孔を併発する。まれに虫体が消化管を穿通して腹腔内へ脱出後、大網、腸間膜、腹壁皮下等に移行し、肉芽腫を形成することもある（腸管外アニサキス症）。

アニサキスアレルギーは魚介類の生食後に発現する蕁麻疹が主症状となる。しかし、呼吸困難や意識消失等のアナフィラキシー症状を呈した症例も報告されている。

診 断 人への感染源は海産魚介類であり、これを対象に圧平法、消化法、あるいはキャン

ドリリング（光透過）法により，アニサキス虫体を検出し，原因魚介類を特定する．魚介類に寄生する虫体は第3期幼虫で，形態のみに基づく種同定は困難とされる．また，同胞種の鑑別が重要なグループもあり，分子同定が必要となる．患者からの検出虫体も第3期幼虫（ときに第4期幼虫）で，確定診断には分子同定が必要である．アニサキスアレルギー患者の診断では，アニサキスアレルゲンに対するIgE抗体の検出が役立つ．

予防および治療 海産魚介類の生食を避けることが最も確実な予防法である．また，冷凍処理（ -20°C ，24時間以上）によりアニサキス幼虫は感染性を失うので，魚を冷凍して解凍後に生食することも感染予防に有効である．さらに，漁獲後の魚が新鮮なうちに内臓を摘出することは，魚の内臓に寄生する幼虫の筋肉移行を阻止できるため，感染予防の方法になる．

治療法として，胃アニサキス症では胃内視鏡検査時に胃粘膜に穿入する虫体を見つけ，これを鉗子で摘出する．腸アニサキス症では対症療法が試みられ，場合により外科的処置が施される．

3) 有棘顎口虫

原因寄生虫 有棘顎口虫 *Gnathostoma spinigerum* は旋尾線虫目に属する線虫で，成虫は犬科，猫科動物の胃に寄生する．成虫体の大きさは12～25mmで太短く，頭部には頭球と呼ばれる球状構造を有している．頭球には環状に配列された棘（頭球鉤）を備えている．虫卵はおおよそ $70 \times 40\mu\text{m}$ で，表面は粗く，一端に栓構造を持つ．卵内容は未分割細胞である．

発症機序 第3期幼虫を保有している中間宿主もしくは待機宿主を摂取することによる．虫卵内で发育し，水中に出た第2期幼虫が第一中間宿主のケンミジンコに摂取されると，その体内で第3前期幼虫に发育する．これを第二中間宿主である淡水魚類（主にドジョウ，カムルチー）やカエルが摂取すると筋肉で体長3～4mmの第3後期幼虫となり被囊する．これを終宿主が摂食すると胃で成虫となるが，は虫類，鳥類，一部の哺乳類等多くの動物にも感染し，それらは待機宿主となる．人では特にドジョウを生食することで第3後期幼虫が肝臓を経て主に皮下に達し，迷走して皮膚顎口虫症（cutaneous gnathostomosis）を発症させる．

疫学 主としてアジア地域に分布しているが，オーストラリアにも見られる．わが国では関東以西に人体寄生例が多い．

症状 第3後期幼虫が，皮下の深部や浅部を遊走することにより，遊走性限局性皮膚腫脹を生じる．症状は突然現れ，皮膚に腫脹や蚓線発疹（いわゆるミミズ腫れ）が出現する．痒みや疼痛を伴うこともある．腹部に多いが顔面に現れることもある．この症状は数日後には消失するとともに別の部位に

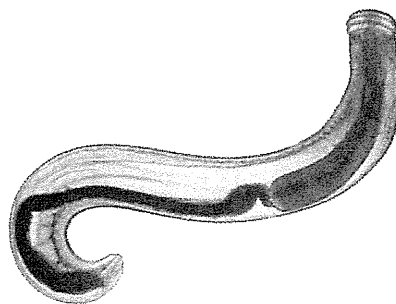


図4-1 第2中間宿主内の有棘顎口虫
第3後期幼虫
(写真提供：赤羽啓榮)

(2) 顎口虫症 Gnathostomiasis

病原体 有棘顎口虫 *Gnathostoma spinigerum*, 剛棘顎口虫 *G. hispidum*, ドロレス顎口虫 *G. doloresi* および日本顎口虫 *G. nipponicum* の4種がわが国における顎口虫症の病原体である。

法律等規制

食品衛生法（人）…飲食に起因した顎口虫による健康被害は、診察医が保健所に届け出る。

分布および疫学 人体症例は淡水魚等の生食習慣がある日本の他、東～東南アジア、中南米で発生している。中南米では二核顎口虫 *G. binucleatum* が人体症例の原因となる。

わが国では1911年の第1例以降、2004年までに3,227例の人体症例が報告されている。特に太平洋戦争中から戦後にかけては、ライギョの生食による有棘顎口虫の感染が多発したが、1970年代以降は発生がほとんどなくなった。これにかわって1980年初頭からは輸入ドジョウの踊り食いによる剛棘顎口虫の感染例が報告されるようになった。さらに1980年後半から、ヘビや溪流の淡水魚を感染源とするドロレス顎口虫および国産ドジョウや溪流の淡水魚を感染源とする日本顎口虫の症例が報告されるようになった。

人への感染経路 Metazoonosis. 淡水魚等を生で摂食して感染する（経口感染）。

人の症状 皮膚爬行症、遊走性限局性皮下腫脹を見る。内臓幼虫移行症を起こすこともある。

動物の症状 胃壁および食道壁に成虫が寄生して腫瘍が形成され、これに起因する障害として嘔吐や下痢が起こる。腫瘍が腹腔側に破綻し、動物が死亡することもある。

診断 病変部位の生検標本に虫体を検出することで確定診断する。血清診断は補助的検査法として有用だが、種は同定できない。感染源が限られているので、食歴に関する情報（いつ、

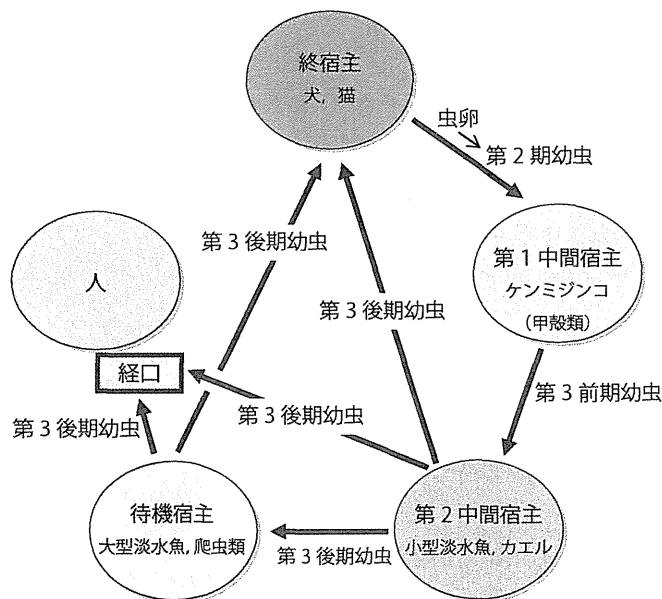


図7-3 有棘顎口虫の生活環

どこで、何を食べたか) は診断上重要である。

予防および治療 淡水魚等の生食を避ける。虫体の外科的摘出が確実な治療法となる。薬物による治療法は確立されていないが、アルベンダゾール等が試用されている。

(3) アニサキス症 Anisakiasis

病原体 アニサキス亜科に属する線虫で、中でも *Anisakis simplex* が病原体としてわが国では重要である。感染源の海産魚介類には第3期幼虫が寄生し、その体長は20～35mm、また人体症例からも第3期幼虫（ときに第4期幼虫）が検出される。

法律等規制

食品衛生法（人）…飲食に起因したアニサキスによる健康被害は、食中毒として診察医が保健所に届け出る。

分布および疫学 わが国におけるアニサキス症の発生数は、年間に2,000～3,000件と推定されている。海外、特に南ヨーロッパからも人体症例の発生報告があるが、例数は少ない。

人への感染源となるわが国近海産の魚介類は160種を超える。患者の食歴から、マサバが最も重要な感染源と考えられる。なお、アニサキスの終宿主はクジラやアザラシ等の海生哺乳類で、その消化管に成虫が寄生する。第一中間宿主はオキアミで、海産魚介類はオキアミを捕食してアニサキスの第2中間宿主・待機宿主となる。

人への感染経路 Metazoonosis。海産魚介類を生で摂食して感染する（経口感染）。

人の症状 魚介類の生食後数時間して激しい上腹部痛と嘔吐を伴って発症するのが胃アニサキス症の特徴で、人体症例の大半がこの症状を呈する（劇症型胃アニサキス症）。虫体1匹の

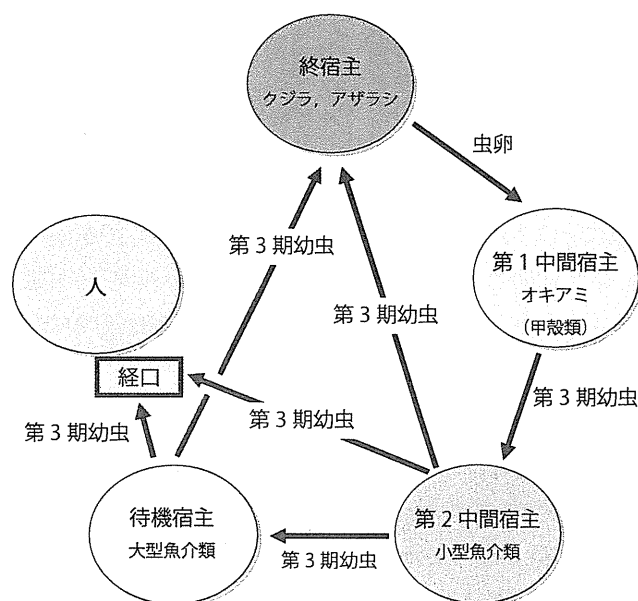


図7-4 アニサキスの生活環