

## ウエステルマン肺吸虫の感染経路に 関する実験的研究

波 部 重 久†

九州大学医学部寄生虫学教室

(昭和53年4月20日 受領)

### 緒 言

肺吸虫は哺乳類の肺に寄生する *Paragonimus* 属の吸虫で、1850年、Diesing がブラジル産カワウソ *Lutra brasiliensis* の肺から *Paragonimus rudis* を発見して以来、現在までに、世界各地から26種が報告されている。このうち *P. westermani* (Kerbert, 1878) (ウエステルマン肺吸虫), *P. skrjabini* Chen, 1959 (スクリアビン肺吸虫), *P. miyazakii* Kamo, Nishida, Hatsushika et Tomimura, 1961 (宮崎肺吸虫), *P. heterotremus* Chen et Hsia, 1964 (ヒロクチ肺吸虫), *P. africanus* Voelker et Vogel, 1965 (アフリカ肺吸虫), *P. uterobilateralis* Voelker et Vogel, 1965 (フォージェル肺吸虫), *P. peruvianus* Miyazaki, Ibáñez et Miranda, 1969 (ペルー肺吸虫) などが人体肺吸虫症の病原虫として知られている。中でも *P. westermani* は我国を初め東南アジア各地に広く分布し、医学上最も重要な寄生虫の1つである (Miyazaki and Fontan, 1970; Miyazaki, 1972, 1974; 横川ら, 1974)。

これら肺吸虫のヒトへの感染経路に関して、中川(1915 a) が初めて *P. westermani* の第2中間宿主がカニであることを明らかにしたのであるが、その当初はカニの生食の習慣がない地方にも本症の発生がみられ、また剖検による寄生虫体数が少なかった点から、カニ体内のメタセルカリアが成熟すると水中に脱出し、飲用水を介して

感染すると考えるものが多かった (中川, 1915 c, 森安, 1916)。しかし、流行地における調査 (中川, 1915 d) および吉田 (1916), 横川 (1918) によつてカニ体内からメタセルカリアが遊離するのはカニが死亡または損傷を受けた時のみであり、自動的に脱出しないことが明らかにされ、本虫の主たる感染経路はカニの生食であり、次いで飲用水からであると訂正された。その後、衣笠(1939 a, b, 1940) は台湾新竹州において、本症の疫学的調査を行ない、感染源である淡水産カニを食べなくなった地方では20年前と比較し、本症の発生が激減したが、いまだに食用にしている地方では高率に発生していること、同一河川の水を使用しているも、淡水産カニを食用にする住民には本症の発生が高率であるが、食用にしないものには極めて低いことから、本症は飲用水から感染するものではなく、淡水産カニを食べるためであることを確固たるものとした。我国においては、カニを生食することは極めてまれであるが、横川 (1952), Komiya *et al.* (1953) は静岡県内の流行地での調査および実験から、カニの調理中かなりのメタセルカリアが種々の調理器具、手等に付着すること、また調理の際、メタセルカリアが飛散するため、これらを偶然採取するのが重要な感染経路であるとした。以上の感染経路の他に、河村 (1916) は本虫に感染してまもない動物の肝臓や肉の生食による感染を考えたが、安藤 (1920 a), 横川・末盛 (1919a) は彼らの実験から、否定的な結果を明らかにした。

すなわち肺吸虫のヒトへの感染は、第2中間宿主であるカニを生、あるいは不十分な調理のまま食べたり、カニを調理する際使用した種々の調理器具、手指等を介し

本研究の一部は文部省科学研究費および大山健康財団学術研究助成金 (代表者、宮崎一郎福岡大学医学部教授) によつた。

† 現所属 福岡大学医学部寄生虫学教室

て、メタセルカリアを経口的に採取することによる。これは全く疑う余地はなく、昨今、これ以外の感染経路は全く問題にされていなかった。ところが最近、鹿児島県始良郡加治木地方および宮崎市付近において肺吸虫症患者の多発がみられ、その感染源の1つとしてイノシシの肉が疑われた(一瀬・鬼塚, 1973; 乗松ら, 1975)。このような感染がおこるには、ヒトに対し感染可能な肺吸虫幼虫がイノシシの筋肉に存在しなければならない。これまでに *P. westermani* の終宿主体内での発育に関しては、横川(1915, 1916), 中川(1915 b, d), 安藤(1915 a, 1917 a, b) を初め多数の研究者がイヌ, ネコを使用して詳細な研究を行い、両動物に対しては良く感染し、70日前後で肺に虫嚢腫を形成し、成熟すること、およびその間の移行経路の大綱を明らかにした。一方、安藤(1920 b) はラット, マウス, モルモット, ウサギには感染しがたく、たとえ感染しても成熟することはないとし、宮崎(1946) もラットでこれを確認した。その後、Yokogawa *et al.* (1962) はネコおよびラット体内での移行経路を Evans-blue 法を用いて追究した。その結果、ネコでは経口的に採取された本種メタセルカリアは小腸で脱糞し、比較的短時間で小腸中、下部の腸壁を穿通して腹腔内に脱出する。これらの幼虫は、直ちに腹壁筋内に侵入し、5~7日後再び腹腔内に現われた後、横隔膜を穿通し、胸腔内へ移行するとした。ところがラットでは腹腔内に脱出した幼虫は、直ちに腹壁筋内に侵入するが、再び腹腔内に現われることは極めてまれで、ほとんどのものが深部筋肉へ移行し、ほとんど発育を示さなかつた。これらのことから、彼らは本種肺吸虫の終宿主体内移行経路および発育に固有宿主と非固有宿主とは著しい差異があるとした。しかし他の動物では充分追究されないまま現在に至っている。

そこで著者はイノシシ, ブタをはじめ、計10種類の動物体内での *P. westermani* の発育を追究し、イヌ, ネコをのぞく動物ではラットと類似した発育を示すことを明らかにした。次いでイノシシ, ブタおよびラットの筋肉内にとどまっている幼若虫体の温度や消化液に対する抵抗性を見るときに、それらの虫体を再びイヌやラットに与え、感染状況および虫体の発育を観察した。またイヌの背部皮下あるいは大腿部筋肉にメタセルカリアを注入し、創傷感染の可能性をみた。それらの結果から、本虫の感染経路について再検討を加え、さらに本虫の生物学的特性について考察を行なつた。

## 材料および方法

実験動物：*P. westermani* の各種動物体内での発育を観察するため、イヌ, ネコ, ブタ, イノシシ, ラット, マウス, ハムスター, モルモット, ウサギおよびニワトリを使用した。その詳細は以下のごとくである。イヌ；生後約4カ月, 体重2.5~4.5kg の仔イヌ14頭。ネコ；雌の親ネコ2頭。ブタ；ランドレース種, 雄, 生後約4カ月, 体重34kg のもの1頭とミニブタ (OHAMINI) 雄, 生後3カ月, 体重約9kg のもの2頭。イノシシ；民家で飼育されていたイノシシから生まれた同腹の雌, 生後約3カ半月, 体重約7kg のもの2頭。ラット；W. K. 株の雌, 体重140~180g のもの5頭。マウス；dd 系の雌, 体重25g 前後のもの7頭。ハムスター；ゴールドンハムスターの雄, 120~150g のもの7頭。モルモット；250~300g の雄7頭。ウサギ；2.8~3.2kg の雄4頭。ニワトリ；白色レグホン系の雌, 約4カ月齢のもの5羽。

非固有宿主体内における *P. westermani* 幼若虫体の固有宿主および非固有宿主への感染実験には、体重7~18kg の成犬12頭およびラット, W. K. 株の雌, 体重120~150g のもの15頭を使用した。

非経口感染には生後約4カ月, 体重2.5~5kg の仔イヌ40頭を使用した。

以上の動物のうち、イヌ, ネコは実験前、糞便検査を行ない、肺吸虫卵が陰性であることを確認した。また他の動物も入手経路からみて、実験前の肺吸虫感染はなかつたものと考えてよい。

メタセルカリアおよび幼若虫体；*P. westermani* のメタセルカリアは熊本県天草で採集した *Eriocheir japonicus* (de Haan) (モクズガニ) の筋肉やエラから分離したもので、実体顕微鏡下で良く成熟したものだけを選び分け、使用した。幼若虫体はこれらのメタセルカリアをブタ, イノシシ, ラットに投与し、68~331日後に、これらの動物の筋肉から回収した体長1mm 前後の排泄嚢に排泄顆粒を充満している虫体を使用した。

メタセルカリアおよび幼若虫体の投与方法：イヌ, ネコ, ウサギ, モルモット, ハムスターおよびニワトリへの経口投与はピペットを使用し、少量の水とともに口腔内奥深く注入し、確実に嚥下させた。ブタ, イノシシへはメタセルカリアをパンにくるんで与えた。ラット, マウスへは注射針の先端に細いビニール管をつないだツベルクリン用注射器で、少量の水とともにメタセルカリアあるいは幼若虫体を吸い込み、ビニール管をエーテルで

麻酔した動物の口腔から胃まで挿入し注入した。

非経口感染では、感染時に雑菌の搬入をさけるため、メタセルカリアを生理的食塩液 1 cc にペニシリン 100 単位とストレプトマイシン 100  $\gamma$  を溶解させた液または滅菌生理食塩液で数回洗浄した後、ラット、マウスへの経口感染に用いた注射器のビニール管の先端に注射針をつけたもので、仔イヌの大腿部筋肉あるいは背部皮下に注入した。

感染後の虫体検査：メタセルカリアあるいは幼若虫体に感染させたイヌは、糞便内虫卵排出開始日を知るため、感染後 50 日目から連日 AMS III 法による糞便検査を行なった。

虫体検索：剖検に際して、イヌ、ネコ、ブタ、イノシシはペントバルビタールナトリウム注射液で、ラット、マウス、ハムスター、モルモットはエーテルで麻酔し、頸部の血管を切断し、放血した。剖検はまず開腹し、内部諸臓器を取り出し、これらの臓器および腹腔をリング液または温水で洗浄して、洗浄液中の虫体を回収した。ついで開胸し、腹腔同様胸腔内遊離虫体を回収した。次に肺、肝臓などの諸臓器および胸壁、腹壁を検査し、虫嚢から虫体を回収した。さらに全身の筋肉、虫嚢から虫体を取りのぞいた肺、肝臓を 3~4 mm の厚さに切り、腸管は両端を内容物が出ないようにひもでむすんだ後、リング液に入れ、37~38C の孵卵器中に 4~8 時間放置した。するとそれらの組織から虫体が遊出し、容器の底に集まって来た。そこで肉片などを取り出し、上清をすて、再びリング液を加え、数分間放置したのち、上清をすてた。このような操作を数回行ない、

実体顕微鏡下で残った沈澱物から虫体を回収した。とくにイヌ、ネコ、ブタ、イノシシでは全身の筋肉を前肢、後肢、腹壁、胸壁、横隔膜、頸および背部に分け、検査した。

虫体の形態学的観察：以上のごとくして回収した虫体はスライドガラスにのせ、虫体の両端に紙片を置き、カバーガラスをかけ、糸で紙片部を縛り、圧平し、70%エタノールで固定した後、カルミンあるいはヘマトキシリン染色を施し、圧平染色標本とした。虫体の体長・体幅、吸盤の縦・横径の測定、生殖器官の発育状況、子宮内虫卵の有無などの観察はすべてこれらの標本を使用した。

幼若虫体の消化液および温度に対する抵抗性：消化液は人工胃液（ペプシン 3.2g、希塩酸 24ml、塩化ナトリウム 0.2g に 蒸留水を加え、全量 1,000ml としたもの）および人工腸液（リン酸 1 ナトリウム 35.8g、希塩酸 6 ml に 蒸留水を加え、全量を 1,000ml としたもの）を使用した。これらの適量を幼若虫体および脱嚢メタセルカリアを入れた小型シャーレにとり、37C の孵卵器内に放置し、一定時間毎に実体顕微鏡下で幼虫の運動性の有無を観察することにより、生死を判定した。

温度に対する抵抗性はリング液中において、5、10、25、37C の各温度で観察した。なお、5、10C の温度は冷蔵庫を、他は孵卵器を用いた。

## 実験結果

### I. メタセルカリアの各種動物への経口感染実験

#### 1) イヌへの感染実験

虫体の寄生状況：仔イヌ 14 頭に *P. westermani* のメ

Table 1 Results of experimental oral infection of dogs and cats with 25 metacercariae of *P. westermani*

Host	Days after infection	No. of animals	No. of worms recovered (%)	No. of worms recovered from							
				Muscle	Intestinal wall	Liver	Abdominal cavity	Diaphragm	Pleural cavity	Lungs	Cyst in lungs
Dog	2	2	39(78.0)	3	25	4	6	1	0	0	0
	10	2	43(86.0)	7	0	23	5	8	0	0	0
	25	2	40(80.0)	0	0	7	10	2	14	7	0
	40	2	45(90.0)	0	0	0	0	0	6	5	34
	60	2	48(96.0)	0	0	0	0	0	2	0	46
	100	2	28(56.0)	0	0	0	0	0	2	0	26
	185	2	43(86.0)	0	0	0	0	0	1	0	42
Total	14	286(81.7)									
Cat	100	2	48(96.0)	0	0	0	0	0	0	0	48

Table 2 Measurements of *P. westermanni* recovered from various tissues of dogs and cats

Host	Days after infection	Recovered from	No. of worms measured	Body		Oral sucker Width ( $\mu$ )	Ventral sucker		No. of worms with eggs in uterus (%)
				Length (mm)	Width (mm)		Length ( $\mu$ )	Width ( $\mu$ )	
Dog	2	Intestinal wall	25	0.62±0.08*	×0.30±0.05	85± 11	103±11	×115±12	0/25
	10	Diaphragm	4	1.68	×0.60	197	199	×204	0/ 4
		Liver	22	1.63±0.13	×0.70±0.06	195± 20	199±12	×210± 9	0/22
		Muscle	5	1.23±0.12	×0.75±0.04	205± 11	192± 7	×213± 8	0/ 5
	25	Lungs	6	3.16±0.40	×1.56±0.10	395± 21	358±27	×397±37	0/ 6
		Pleural cavity	10	2.94±0.26	×1.46±0.09	373± 31	288±30	×386±14	0/10
		Liver	3	3.11	×1.46	350	339	×358	0/ 3
		Abdominal cavity	8	2.84±0.30	×1.45±0.12	347± 20	325±30	×364±15	0/ 8
	40	Cyst in lungs	28	4.42±0.49	×2.30±0.20	490± 44	429±29	×488±27	0/28
		Pleural cavity	5	4.30±0.49	×2.00±0.14	502± 28	468±39	×475±13	0/ 5
	60	Cyst in lungs	19	8.17±0.84	×3.48±0.46	742± 59	639±69	×669±51	10/19( 52.6)
		Pleural cavity	2	5.49	×2.58	605	562	×566	0/ 2
	100	Cyst in lungs	24	10.63±1.46	×5.11±0.80	950±119	854±67	×836±46	22/24( 91.7)
		Pleural cavity	2	6.88	×3.44	775	660	×745	0/ 2
185	Cyst in lungs	30	12.89±1.38	×7.35±0.72	1056± 71	748±50	×838±40	30/30(100.0)	
	Pleural cavity	1	8.81	×4.34	768	710	×758	1/ 1(100.0)	
Cat	100	Cyst in lungs	39	10.02±0.67	×5.40±0.31	876± 54	649±47	×712±36	39/39(100.0)

\* Mean size±S. D.

タセルカリアを25個ずつ投与し、2日から185日の間に剖検した成績を Table 1 に示した。虫体回収率は感染100日後では56%と低かったが、他の剖検時期では78~96%で、平均回収率は81.7%とかなり高率であった。虫体回収部位は、感染2日後では回収した39個体中25個体(64%)が腸管壁から、6個体(15%)が腹腔からであった。10日後では約半数が肝臓から回収されたが、肝臓は虫体侵入による小さな出血斑が少数みられたにすぎなかった。25日後になると胸腔および腹腔内遊離虫体が多く、すでに肺に穿入する虫体が見られた他、肝臓からも少数のものが回収された。40日後では45個体中6個体(13%)が胸腔から、他はすべて肺への穿入虫体または肺に形成された虫嚢からであった。それ以後は、胸腔から60日後に48個体中2個体、100日後に28個体中2個体、185日後に43個体中1個体が回収され、他はすべて肺の虫嚢からで、1虫嚢あたり2個体ずつ寄生していた。

虫体の発育状況：回収された虫体の圧平標本について剖検時期および回収部位別に体長・体幅、口吸盤の横径および腹吸盤の縦・横径を計測し、その結果を Table 2 に示した。体長および体幅の計測値から虫体の発育をみると、感染2日後の腸管壁からのもの (Fig. 1) では

0.62×0.30mm、10日後の肝臓からのもの (Fig. 2) では1.63×0.70mm、25日後の胸腔からのもの (Fig. 3) では2.94×1.46mm、40、60、100、185日後に肺の虫嚢から回収された虫体 (Figs. 4, 5) はそれぞれ4.42×2.30mm、8.17×3.48mm、10.63×5.11mm、12.89×7.35mm で、感染後60日までは急速な発育がみられたが、それ以後は比較的ゆるやかであった。腹吸盤および口吸盤の発育もほぼ同様の傾向がみられた。しかし胸腔から得た虫体は肺の虫嚢からのものと比べ、発育不良で、感染60日後のものでは5.49×2.58mm、100日後のもので6.88×3.44mm、185日後のものでも8.81×4.34mmしかなかった。

虫体の形態学的所見は、2日後の虫体 (Fig. 1) では穿刺棘が明らかにみられるなど、メタセルカリアとほとんど変わらなかったが、すでに排泄嚢内の排泄顆粒は無くなっていた。10日後の虫体 (Fig. 2) は、穿刺棘がみられるものもあるが、卵巣および精巣は原基細胞群が塊状を呈し、卵巣に隣接して子宮の原基細胞群の増殖も認められた。25日後の虫体 (Fig. 3) は卵巣および精巣ともわずかに分岐がみられる他、子宮の管腔形成像もみられた。40日後の虫体 (Fig. 4) になると卵巣は不完全なが



らも棒状に6本に、精巣も4~6本に分岐していた。また子宮は管腔形成が明らかで、迂曲しているのがみられた。しかし卵黄腺は黄褐色の顆粒状物質(卵黄顆粒)を少量含むものが数個体みられたにすぎず、いまだ発育不良であった。60日後の虫体(Fig. 5)では、卵巣は棍棒状に6葉に、精巣も5~6葉に分岐し、ほぼ定型的な形態を示していた。とくに肺の虫嚢から回収した虫体は卵黄腺も虫体の側面はかなり発達し19個体中10個体(53%)が子宮に虫卵を保有していた。その後も虫体の発育とともに、卵巣および精巣も増大し、100日後では肺の虫嚢から回収された24個体中22個体(92%)が、185日後では30個体すべてが子宮に多数の虫卵を充満していた。また卵黄腺も虫体の前端から後端まで体壁に沿って虫体全面に樹枝状に発達していた。しかし胸腔内遊離虫体はこれらのものと比べ、発育不良で、185日後の虫体でも卵巣、精巣はほぼ成熟型をし、子宮内に虫卵をみとめたが、その数は極めて少なかった。

メタセルカリア投与後、糞便内に初めて虫卵が排出されるまでの期間を3頭のイヌで観察した結果は、57, 59, 63日で平均59.7日であった。

## 2) ネコへの感染実験

虫体の寄生状況: 2頭のネコに *P. westermani* のメタセルカリアを25個ずつ投与し、100日後に剖検した結果は Table 1 に示したごとく、投与メタセルカリア数に対する虫体回収率はいずれも96%と極めて高率であった。これらの虫体はすべて肺の虫嚢からで、1個の虫嚢に2個体ずつ寄生していた。

虫体の発育状況: 回収した虫体の計測値は Table 2 に示したごとく、体長および体幅の平均は  $10.02 \pm 0.67 \times$

$5.40 \pm 0.31 \text{mm}$  で、個体差は小さかった。また卵巣、精巣、卵黄腺はすべて良く発育し、観察した39個体はいずれも子宮内に多数の虫卵を保有していた(Fig. 6)。

## 3) ブタ、イノシシへの感染実験

虫体の寄生状況: ブタ No. 1 に1,800個、ブタ Nos. 2, 3 に500個ずつ、イノシシ2頭に1,000個ずつ、*P. westermani* のメタセルカリアを投与し、115日から331日の間に剖検した。その結果は Table 3 に示したごとく、ブタ、イノシシとも投与メタセルカリアの約半数(38.6~57.2%)の虫体が回収でき、その大部分(89.8~99.8%)が筋肉からであった。また筋肉から回収した虫体の体内各部位における分布は Table 4 に示したごとく、前肢、後肢、背部の筋肉に多かつた。このように多数の幼虫が全身の筋肉に寄生していたにもかかわらず、病変は虫体移動による線状の虫道が局所的にみられたにすぎず、メタセルカリア投与数が少なかったブタ Nos. 2, 3 ではそれさえほとんどなかった。また横隔膜からはブタ No. 3, イノシシ No. 1 から1個体ずつ回収できた。腹腔または胸腔から遊離虫体が回収できたのはブタ No. 1, イノシシ No. 2 だけで、ブタ No. 1 では剖検の際、胸腔および腹腔の液が混入したため、部位別の虫体数は明らかでないが、全部で48個体回収できた。またイノシシ No. 2 ではすべて胸腔からであった。肝臓は今回の感染実験で、肉眼的病変がもつとも顕著であった。特にブタ No. 1 においては包膜下に白色の大豆大から碁石大(直径8~25mm)の扁平球状でボタン状に隆起した虫嚢(Fig. 8)が31個みられ、中には膿様物質を含んでいた。これらの虫嚢内の膿様物質は濃縮(乾酪変性)したのから漿液性滲出物を多量に含んだものまで

Table 3 Results of experimental oral infection of pigs and wild boars with metacercariae of *P. westermani*

Host	Autopsy days after infection	No. of metacercariae fed	Body weight at autopsy (kg)	No. of worms recovered (%)	No. of worms recovered from				
					Muscle	Cyst in liver	Cavities	Lungs	Cyst in lungs
Pig(No. 1)*	115	1,800	46.0	695(38.6)	624	17	48	6	0
Pig(No. 2)**	140	500	22.5	242(48.4)	241	0	0	0	1
Pig(No. 3)**	331	500	46.5	286(57.2)	285	0	0	0	1
Wild boar (No. 1)	123	1,000	16.5	505(50.5)	494	0	5	6	0
Wild boar (No. 2)	213	1,000	32.5	541(54.1)	540	1	0	0	0
Total		4,800		2,269(47.3)	2,184	18	53	12	2

\* landrace \*\* OHAMINI (minipig)

Table 4 Distribution of *P. westermanni* in the muscle of pigs and wild boars

Host	No. of worms recovered from						Total (%)
	Muscles of fore legs	Muscles of hind legs	Abdominal muscles	Thoracic muscles	Diaphragm	Neck and dorsal muscles	
Pig (No. 1)	162	152	63	107	0	140	624(89.8)
Pig (No. 2)	49	58	33	38	0	63	241(99.6)
Pig (No. 3)	60	94	10	35	1	85	285(99.7)
Wild boar (No. 1)	83	118	81	99	1	112	494(97.8)
Wild boar (No. 2)	93	121	49	146	0	131	540(99.8)
Total	447	543	236	425	2	531	2,184(96.3)

Table 5 Measurements of immature *P. westermanni* recovered from various tissues of pigs and wild boars

Host	Recovered from	No. of worms measured	Body		Oral sucker Width( $\mu$ )	Ventral sucker Length( $\mu$ ) $\times$ Width( $\mu$ )
			Length(mm)	Width(mm)		
Pig (No. 1)	Lungs	7	3.57 $\pm$ 0.61 <sup>***</sup>	1.56 $\pm$ 0.22	368 $\pm$ 44	414 $\pm$ 59 $\times$ 444 $\pm$ 32
	Cavities	21	2.79 $\pm$ 0.32	1.56 $\pm$ 0.23	383 $\pm$ 110	397 $\pm$ 47 $\times$ 426 $\pm$ 51
	Liver	8	2.78 $\pm$ 0.61	1.55 $\pm$ 0.45	371 $\pm$ 85	400 $\pm$ 63 $\times$ 431 $\pm$ 74
	Muscle	62*	1.41 $\pm$ 0.17	0.58 $\pm$ 0.05	145 $\pm$ 14	158 $\pm$ 20 $\times$ 175 $\pm$ 18
	Muscle	21	2.97 $\pm$ 0.52	1.54 $\pm$ 0.27	357 $\pm$ 47	411 $\pm$ 45 $\times$ 435 $\pm$ 45
Pig (No. 2)	Cyst in lungs	1**	7.04	$\times$ 3.80	713	667 $\times$ 713
	Muscle	47*	1.03 $\pm$ 0.10	0.58 $\pm$ 0.15	140 $\pm$ 11	148 $\pm$ 16 $\times$ 167 $\pm$ 11
	Muscle	1	4.09	$\times$ 2.02	442	470 $\times$ 499
Pig (No. 3)	Cyst in lungs	1**	7.71	$\times$ 3.91	713	575 $\times$ 782
	Muscle	23*	1.20 $\pm$ 0.15	0.55 $\pm$ 0.05	132 $\pm$ 11	142 $\pm$ 13 $\times$ 151 $\pm$ 11
	Muscle	1	4.23	$\times$ 1.96	437	483 $\times$ 552
Wild boar (No. 1)	Lungs	6	3.81 $\pm$ 0.64	2.41 $\pm$ 0.50	488 $\pm$ 79	428 $\pm$ 68 $\times$ 506 $\pm$ 56
	Pleural cavity	5	3.59 $\pm$ 0.27	2.18 $\pm$ 0.13	465 $\pm$ 72	428 $\pm$ 31 $\times$ 492 $\pm$ 35
	Muscle	17*	1.51 $\pm$ 0.16	0.54 $\pm$ 0.04	134 $\pm$ 9	143 $\pm$ 19 $\times$ 160 $\pm$ 13
	Muscle	1	2.81	$\times$ 1.50	384	288 $\times$ 422
Wild boar (No. 2)	Liver	1	3.91	$\times$ 2.19	414	506 $\times$ 506
	Muscle	20*	1.23 $\pm$ 0.14	0.68 $\pm$ 0.07	140 $\pm$ 12	141 $\pm$ 14 $\times$ 159 $\pm$ 14
	Muscle	2	4.13	$\times$ 2.60	483	460 $\times$ 558

\* Excretory bladder filled with granules    \*\* Almost matured worms    \*\*\* Mean size $\pm$ S. D.

あつた。約半数の虫嚢には1個体、まれに2個体の *P. westermanni* の幼虫がみられ、全部で17個体回収できた。同様の虫嚢はブタ No. 3に1個、イノシシ No. 1に4個、イノシシ No. 2に3個みられ、イノシシ No. 2のものから幼虫が1個体回収できた。また肝臓および脾臓の表面は広範囲にわたり線維索性腹膜炎の後にみられる絨毛が形成され、白色を呈していた。肺は各葉相互の癒着がすべてのものにみられたが、虫嚢はミニブタ2頭に母指大のものが各1個ずつ (Fig. 7) みられただけで、そ

の中に褐色の泥状物とともに各1個ずつの虫体が寄生していた。他にはイノシシ No. 2に大豆大の虫嚢様の結節が1個みられたが、虫体は含まず、黄灰色のやや硬い膿様物質で充たされていた。また肺の表面に出血斑がみられたブタ No. 1およびイノシシ No. 1からはいずれも6個体の穿入虫体が得られた。

虫体の発育状況：回収した虫体の圧平標本について剖検時期および回収部位別に計測した体長・体幅、口吸盤の横径、腹吸盤の縦・横径を Table 5 に示した。筋肉か

ら回収した虫体は、排泄嚢に排泄顆粒を充満し、メタセルカリアに類似したものと、排泄顆粒がなく、前述のものより発育したものとに明らかに分かれるため、別々に計測を行なった。まず筋肉から回収した虫体のうち、排泄顆粒を有するもの (Figs. 9, 10, 11, 12) の大きさはほぼ $1.0\sim 1.5\times 0.5\sim 0.6\text{mm}$ で、穿刺棘がみられる虫体もあり、生殖器の分化はほとんどみられなかつた。このような虫体が筋肉から回収したのものの中に占める割合は、ブタ No. 1 では624個体中470個体、ブタ No. 2 では241個体中240個体、ブタ No. 3 では285個体中284個体、イノシシ No. 1 では494個体中492個体、イノシシ No. 2 では540個体中536個体あつた。また排泄顆粒がなく、前者のものより発育した虫体 (Fig. 13) の大きさは約 $3.0\sim 4.2\times 1.5\sim 2.6\text{mm}$ で、卵巣および精巣の分岐が不完全ながらみられた。しかし虫卵の形成は認められず、卵黄腺の形成も明らかでなかつた。またこれらの虫体の中には排泄管が排泄物で黒く、線状にみられるものもあつた。このような虫体がブタ No. 1 では154個体みられたが、他のものからはわずか1~4個体にすぎなかつた。また腹腔、胸腔、肝臓から回収した虫体 (Fig. 14) および肺への穿入虫体 (Fig. 15) はすべて、筋肉から回収した虫体のうち、排泄顆粒がなく、やや発育した虫体と同程度であつた。ミニブタの肺に形成された虫嚢 (Fig. 7) から得た虫体 (Fig. 16) は成熟していたが、感染後140日および331日たっているにもかかわらず、体長および体幅はそれぞれ $7.04\times 3.80\text{mm}$ ,  $7.71\times 3.91\text{mm}$ と小さく、卵黄腺は発育不良で、子宮内卵も少なかつた。

#### 4) ラットへの感染実験.

虫体の寄生状況：ラット5頭に *P. westermani* のメタセルカリアを100個ずつ経口投与し、100日後に剖検した結果を Table 6 に示した。全例に感染を認め、虫体回収率は平均61.0% (43~83%)であつた。回収部位は大部分が筋肉からで、回収虫体の96%を占めた。肺には合計9個の虫嚢がみられ、そのうち3個のものに虫体が2個体ずつ、2個のものに1個体ずつ寄生していたが、他のものには寄生を認めなかつた。胸壁にも虫嚢の形成がみられ、これからは2個体が、また胸腔からは遊離虫体が2個体回収された。

虫体の発育状況：筋肉から回収した虫体 (Fig. 17) はすべて排泄嚢に排泄顆粒を充満した虫体で、その大きさは Table 7 に示したごとく、平均 $1.20\times 0.53\text{mm}$ であつた。胸腔から得た虫体は未成熟虫体であつたが、 $4.35\times 2.45\text{mm}$ で、卵巣は6葉に、精巣は5~6葉に分岐し、

少量ながら卵黄顆粒の形成もみられた。肺および胸壁の虫嚢から得た虫体 (Fig. 18) は、それぞれ $4.50\times 2.64\text{mm}$ ,  $5.25\times 2.48\text{mm}$ で、胸腔からのものと比較して大きかつたが、生殖器の発育は若干劣つていた。

#### 5) マウスへの感染実験

虫体の寄生状況：マウス7頭に *P. westermani* のメタセルカリアを20個ずつ経口投与したところ、5頭が感染後23日から62日の間に死亡した。これらの動物の胸腔内には血液あるいは胸水の貯溜をみとめ、死因として寄生虫体による胸部の血管の損傷および急性肺炎、肋膜炎が疑われた。また残りのものは感染後82日目に剖検を行なった。それらの結果は Table 6 に示したごとく、全例に感染を認め、虫体回収率は平均58% (10~100%)で、その大部分 (72%) は筋肉からで、他に胸腔、腹腔などからも回収できた。

虫体の発育状況：筋肉から回収した虫体は Table 7 に示したごとく、ほぼ体長1mm、体幅0.5mmで、すべて排泄嚢に排泄顆粒を充満する虫体 (Fig. 19) であつた。また腹腔から得た8個体のうち、23日および54日後の各1個体をのぞく6個体、肝臓から回収した5個体、および82日後に胸腔から得た2個体も同様の形態であつた。しかし実験中死亡したマウスの胸腔から得た虫体は前述のものより発育が良く、とくに54日後のものでは体長約5mmで、卵巣、精巣とも定型的な分岐を示し、子宮も良く発育していたが、虫卵は認められず、卵黄腺の発育も不良であつた。

#### 6) ハムスターへの感染実験.

虫体の寄生状況：ハムスター7頭に *P. westermani* のメタセルカリアを25個ずつ経口投与したところ、3頭が感染後30日から42日の間に死亡した。これらの動物の胸腔内には血液あるいは胸水の貯溜をみとめ、死因として寄生虫体による胸部血管の損傷および急性肺炎が疑われた。他のものは感染後100日目に剖検した。その結果は Table 6 に示したごとく、全例に感染を認め、虫体回収率は平均58% (24~68%)であつた。それらのほとんど (88%) は筋肉からで、他に胸腔、腹腔からも回収された。

虫体の発育状況：回収虫体の多くを占める筋肉からのものはすべて排泄嚢に排泄顆粒を充満し、その大きさは Table 7 に示したごとく、 $1.0\sim 1.3\times 0.5\text{mm}$ であつた。また感染100日後、胸腔および腹腔から回収した8虫体もすべて同様の形態であつた。しかし実験中死亡したハムスターの腹腔および胸腔から回収した虫体は平均

Table 6 Results of experimental oral infection of various animals with metacercariae of *P. westermani*

Host	Autopsy days after infection	No. of metacercariae fed	No. of worms recovered (%)	No. of worms recovered from						
				Muscle	Abdominal cavity	Liver	Pleural cavity	Lungs	Cyst in lungs	Other
Rat	100	100	60( 60.0)	59	0	0	1	0	0	0
	100	100	63( 63.0)	61	0	0	0	0	2	0
	100	100	83( 83.0)	83	0	0	0	0	0	0
	100	100	56( 56.0)	47	0	0	1	0	6	2*
	100	100	43( 43.0)	43	0	0	0	0	0	0
	Total	500	305( 61.0)	293(96.1)	0	0	2	0	8	2
	23**	20	9( 45.0)	3	4	0	2	0	0	0
Mouse	37**	20	11( 55.0)	6	0	2	3	0	0	0
	38**	20	13( 65.0)	12	0	0	1	0	0	0
	54**	20	2( 10.0)	0	1	0	1	0	0	0
	62**	20	15( 75.0)	11	2	1	1	0	0	0
	82	20	11( 55.0)	10	0	0	1	0	0	0
	82	20	20(100.0)	16	1	2	1	0	0	0
	Total	140	81( 57.9)	58(71.6)	8	5	10	0	0	0
Hamster	30**	25	6( 24.0)	4	1	0	1	0	0	0
	39**	25	17( 68.0)	16	0	0	1	0	0	0
	42**	25	11( 44.0)	10	0	0	1	0	0	0
	100	25	17( 68.0)	14	2	0	1	0	0	0
	100	25	18( 72.0)	16	1	0	1	0	0	0
	100	25	17( 68.0)	16	1	0	0	0	0	0
	100	25	16( 62.0)	14	1	0	1	0	0	0
Total	175	102( 58.3)	90(88.2)	6	0	6	0	0	0	
Rabbit	45**	250	37( 14.8)	33	0	3	1	0	0	0
	46**	250	118( 47.2)	85	11	0	22	0	0	0
	59**	250	51( 20.4)	42	0	0	7	0	2	0
	71**	250	20( 8.0)	15	0	0	4	1	0	0
	Total	1,000	226( 22.6)	175(77.4)	11	3	34	1	2	0
Guinea pig	100	100	40( 40.0)	40	0	0	0	0	0	0
	100	100	42( 42.0)	42	0	0	0	0	0	0
	100	100	26( 26.0)	26	0	0	0	0	0	0
	100	100	8( 8.0)	8	0	0	0	0	0	0
	100	100	56( 56.0)	55	0	0	1	0	0	0
	Total	500	172( 34.4)	171(99.4)	0	0	1	0	0	0
Hen	65	100	0( 0.0)	0	0	0	0	0	0	0
	67	100	1( 1.0)	0	0	1	0	0	0	0
	68	100	2( 2.0)	2	0	0	0	0	0	0
	68	100	0( 0.0)	0	0	0	0	0	0	0
	68	100	0( 0.0)	0	0	0	0	0	0	0
	Total	500	3( 0.6)	2(66.7)	0	1	0	0	0	0

\* Cyst on pleural wall.

\*\* Died after infection.

Table 7 Measurements of immature *P. westermani* recovered from various tissues of some kinds of animals

Host	Autopsy days after infection	Recovered from	No. of worms measured	Body		Oral sucker Width( $\mu$ )	Ventral sucker	
				Length (mm)	Width (mm)		Length ( $\mu$ )	Width ( $\mu$ )
Rat	100	Cyst in lungs	5	4.50±0.77**	×2.64±0.19	566±41	622±141	×588±51
	100	Cyst on pleural wall	2	5.25	×2.48	490	456	×576
	100	Pleural cavity	2	4.35	×2.45	504	470	×542
	100	Muscle	26*	1.20±0.18	×0.53±0.05	121±11	132±14	×153±11
Mouse	23	Pleural cavity	2	2.36	×1.17	302	283	×312
	23	Abdominal cavity	1	2.44	×1.43	365	269	×384
Mouse	37	Pleural cavity	1	4.65	×1.93	442	451	×480
	37, 38	Muscle	11*	0.96±0.19	×0.53±0.07	122±19	142±18	×161±21
Mouse	54	Pleural cavity	1	4.92	×2.02	499	490	×547
	54	Abdominal cavity	1	4.23	×1.84	461	451	×490
Mouse	62	Pleural cavity	1	5.70	×2.25	547	461	×528
	62	Muscle	7*	1.11±0.30	×0.50±0.07	118±22	129±22	×158±18
Mouse	82	Muscle	10*	0.83±0.09	×0.43±0.03	105±6	121±8	×138±11
Hamster	39, 42	Pleural cavity	3	3.26	×1.56	355	349	×403
	39, 42	Muscle	14*	1.27±0.13	×0.47±0.04	113±8	137±12	×148±11
Hamster	100	Pleural cavity	3*	1.71	×0.74	151	186	×211
	100	Abdominal cavity	1*	1.08	×0.46	100	120	×146
	100	Muscle	25*	1.03±0.15	×0.53±0.07	118±11	123±10	×157±26
Rabbit	45, 46	Pleural cavity	17	3.25±0.50	×1.77±0.16	418±50	360±46	×423±33
	46	Abdominal cavity	9	3.20±0.22	×1.65±0.14	393±25	367±22	×412±15
	45, 46	Muscle	34*	1.07±0.24	×0.52±0.11	129±23	133±26	×152±27
	45, 46	Muscle	14	3.43±0.65	×1.63±0.35	425±68	367±52	×387±48
Rabbit	59	Cyst in lungs	2	4.49	×2.16	490	456	×499
	59	Pleural cavity	6	4.04±0.40	×2.15±0.15	507±31	464±33	×517±28
	59	Muscle	20*	1.04±0.17	×0.51±0.06	126±15	134±16	×150±14
Rabbit	71	Pleural cavity	4	3.67±0.68	×2.17±0.20	426±95	408±29	×523±47
	71	Muscle	10*	0.92±0.07	×0.55±0.04	128±11	134±7	×145±6
Guinea pig	100	Pleural cavity	1	4.55	×2.55	509	470	×538
	100	Muscle	25*	1.36±0.17	×0.54±0.03	132±7	128±16	×161±7
Hen	67	Liver	1*	1.45	×0.53	142	127	×137
	68	Muscle	1*	0.99	×0.55	125	185	×110

\* Excretory bladder filled with granules. \*\* Mean size±S. D.

3.26×1.56mmで、卵巣、精巣は棒状分岐を示していた。

#### 7) ウサギへの感染実験

虫体の寄生状況：ウサギ4頭に *P. westermani* のメタセルカリアを250個ずつ経口投与したところ、全例感染後45日から71日の間に死亡した (Table 6)。これらの胸腔内には遊離虫体が見られ、膿性滲出物の貯溜を認めた。肺には虫体侵入によると思われる出血斑がみられた。他、周囲組織との癒着が著しかった。死因は肺炎および

肋膜炎による衰弱死であると思われた。虫体の回収率は平均23% (8~47%) で、それらの77.4%が筋肉から、胸腔から15%のものが回収された。特に寄生数が多かった46日後に死亡したウサギでは腹壁筋および背部の筋肉に多数の虫道形成がみられた。また45日後に死亡したものの肝臓からは穿入虫体が、59日後のものでは肺に形成された虫嚢から2個体が回収された。

虫体の発育状況：Table 7 に示したごとく、筋肉か

ら回収した虫体のうち、排泄嚢に排泄顆粒を持つ虫体 (Fig. 20) は、いずれの時期のものもほぼ体長 1 mm、体幅 0.5~0.6mm で、筋肉からの回収虫体の大部分 (77%) を占めた。とくに感染 59, 71 日後のウサギの筋肉から回収されたものはすべてこのような虫体であった。また 45 日後のウサギの肝臓からも同様の虫体が回収された。しかし筋肉から回収された虫体の中にも、排泄顆粒がなく、前者より発育した虫体が感染 45, 46 日後のものからそれぞれ 2 個体、および 17 個体回収された。それら虫体の大きさは平均  $3.43 \times 1.63$  mm で、卵巣および精巣はともに数本の棒状分岐が、子宮は管腔様構造の形成がみられたが、卵黄腺の形成は明らかでなかつた。腹腔および胸腔から回収された虫体 (Fig. 21) は体長 3~4 mm、体幅 2 mm 前後で、卵巣、精巣などの発育はいずれも筋肉から回収された虫体のうち、比較的良好に発育したものとほとんど変わらなかつた。また 59 日後の肺の虫嚢から得た虫体 (Fig. 24) も同程度の発育でしかなく、成熟虫体にはほど遠かつた。

#### 8) モルモットへの感染実験

虫体の寄生状況：モルモット 5 頭に *P. westermani* のメタセルカリアを 100 個ずつ経口投与し、100 日後に剖検した結果は Table 6 に示したごとく、全例に感染を認めた。虫体の回収率は平均 34% (8~56%) で、回収部位は 1 頭のみ胸腔内遊離虫体が 1 個体みられただけで、他はすべて筋肉からであった。また肺に虫嚢 1 個がみられたが、虫体は寄生していなかつた。

虫体の発育状況：Table 7 に示したごとく、モルモットの筋肉から回収した虫体は平均  $1.36 \times 0.54$  mm で、すべて排泄嚢に排泄顆粒を充満していた。胸腔から回収した虫体は  $4.55 \times 2.55$  mm で、卵巣は 6 葉に、精巣は 5~6 葉に分岐し、子宮内および卵黄総管などには卵黄顆粒が少量みられたが、卵殻形成は認められなかつた。

#### 9) ニワトリへの感染実験

虫体の寄生状況：ニワトリ 5 羽に *P. westermani* のメタセルカリアを 100 個ずつ経口投与し、感染後 65 日から 68 日の間に剖検した。その結果は Table 6 に示したごとく、5 羽中 2 羽に感染を認めた。しかし全部で筋肉から 2 個体と肝臓から 1 個体が回収できただけであった。これらの虫体寄生部位付近はいずれも白色の蛇状の虫道形成がみられた。

虫体の発育状況：肝臓から得た虫体は  $1.45 \times 0.55$  mm で、筋肉からの回収虫体 (Fig. 22) の  $0.99 \times 0.55$  mm よりやや大きかつたが、いずれも排泄嚢に排泄顆粒を充

満した幼若な虫体であつた (Table 7)。

## II. 非固有宿主から得た幼若虫体の生物学的特性

### 1) 消化液に対する抵抗性

イノシシに *P. westermani* のメタセルカリアを感染させ、123 日後に筋肉から得た幼若虫体を 40 個ずつ人工胃液および人工腸液に、また希釈したイヌの胆汁中で脱嚢させたメタセルカリアを 50 個体人工胃液に入れ、一定時間後に生存虫体数を数えた。その結果胃液中では幼若虫体は 3 時間後まで死亡したものはなく、8 時間後でも大部分 (85%) のものが生きていた。それ以後、死亡するものが増加し、12 時間後には生存虫体が 17 個体 (43%) に、16 時間後には 2 個体まで減少した。脱嚢メタセルカリアは 3 時間後にはすでに死亡したものがみられ、8 時間後には生存虫体が半数にまで減少した (Table 8)。

Table 8 Number of surviving larval *P. westermani* in artificial digestion juices at a variety of duration of time (Temp. 37C)

Time (hrs)	Immature worms from muscle of wild boar		Excysted metacercariae
	gastric juice	intestinal juice	gastric juice
0	40	40	50
1	40	40	50
3	40	40	43
5	38	39	35
8	34	39	24
12	17	37	9
16	2	37	6
20	2	35	3
24	0	10	1
36		3	0
48		0	

次に人工腸液中での幼若虫体の生存状況は 20 時間後までに 5 個体 (13%) が死亡した。それ以後、急激に死亡する虫体が増加したが、24 時間後でも 10 個体 (25%) が生存していた (Table 8)。すなわち、非固有宿主の筋肉にひそむ *P. westermani* の幼若虫体は胃液および腸液に対して、脱嚢メタセルカリアと同様、あるいはそれ以上の強い抵抗性を持つことが明らかになった。

### 2) 温度に対する抵抗性

イノシシの筋肉から得た *P. westermani* の幼若虫体を 25 個体あるいは 40 個体、リンゲル液を入れたシャーレに取り、これを 5, 10, 25, 37C の温度に放置し、一定時間後に生存数を数えた。また脱嚢メタセルカリア

Table 9 Number of surviving larval *P. westermani* in various temperatures (in Ringer's solution)

Days	Immature worms from muscle of wild boar				Excysted metacercariae
	5C	10C	25C	37C	37C
0	25	25	25	40	50
1	25	25	25	40	46
2	25	25	25	40	32
3	25	25	25	9	19
4	25	25	25	0	0
6	25	25	2		
10	25	25	0		
15	25	25			
25	25	23			
35	23	17			
45	8	0			
60	0				

についても50個体を37Cで観察した。これらの結果はTable 9に示したごとく、イノシシからの幼若虫体は5Cでは25日、10Cでは15日、25Cでは4日、37Cでは2日目まで死亡するものがみられなかつた。しかしそれ

以後、随時死亡する虫体が増加し、5Cでは60日、10Cでは45日、25Cでは10日、37Cでは4日後に全部のものが死亡した。また脱囊メタセルカリアは1日後に少数のものが死亡したが、全部のものが死亡したのは幼若虫体同様4日後であつた。また生理的食塩液中でも同様の実験を行なつたが、その結果はリンゲル液中のものと同様でなかつた。このことから、非固有宿主の筋肉内にひそむ *P. westermani* の幼若虫体は比較的低い温度では長期間の生存が可能であることが明らかになつた。

### III. 非固有宿主から得た幼若虫体の固有宿主および非固有宿主への感染実験

#### 1) ブタ、イノシシおよびラットから得た幼若虫体のイヌへの感染実験

*P. westermani* のメタセルカリアを投与し、115、140および331日後に剖検したブタの筋肉から得た幼若虫体をイヌ Nos. 1, 3に100個ずつ、イヌ Nos. 4, 5に50個ずつ、イヌ No. 2には100個と幼若虫体を含むブタの筋肉を若干与えた。このうち Nos. 2, 3が感染後に嘔吐を起こし、No. 3が感染25日後に死亡した。他のものは感染66日および100日後に剖検した。その結果はTable 10に示したごとく、No. 1では70個体(70%)、No. 2では91個体、No. 3では32個体(32%)、No. 4で

Table 10 Results of experimental infection of dogs with immature *P. westermani* collected from some paratenic host animals

Dog No.	Host animal (days of postinfection)	No. of worms fed	Autopsy days after infection	No. of worms recovered (%)	No. of worms recovered from							
					Abdominal cavity	Muscle*	Liver	Dia-phragm	Pleural cavity	Lungs	Cyst in lungs	Others
1	Pig (115)	100	100	70(70)	0	0	0	0	0	0	70	0
2	Pig (115)	100+ $\alpha$ **	100	91(—)****	0	0	0	0	3	0	86	2*****
3	Pig (140)	100	25***	32(32)****	7	0	0	0	12	13	0	0
4	Pig (331)	50	66	43(86)	0	0	0	0	3	0	40	0
5	Pig (331)	50	66	40(80)	0	0	0	0	4	0	36	0
6	Wild boar(123)	50	15***	29(58)****	7	9	5	3	5	0	0	0
7	Wild boar(123)	100	64	86(86)	0	0	0	2	6	0	76	2*****
8	Wild boar(213)	100	22***	60(60)	13	7	1	4	28	7	0	0
9	Wild boar(213)	100	80	52(52)	0	0	0	0	3	0	49	0
10	Rat (100)	100	100	66(66)	0	0	0	0	2	0	64	0
11	Rat (260)	50	64	47(94)	0	0	0	0	1	0	46	0
12	Rat (260)	50	64	40(80)	0	0	0	0	2	0	38	0

\* Muscles of abdominal and pleural wall.

\*\* Some muscles contained larvae.

\*\*\* Died after infection.

\*\*\*\* Vomited after infection.

\*\*\*\*\* Cyst on pleural wall.

Table 11 Measurements of the worms recovered from various tissues of dogs fed with immature *P. westermani* collected from some kinds of animals

Dog No.	Autopsy days arter infection	Recovered from	No. of worms measured	Body		Oral sucker Width ( $\mu$ )	Ventral sucker		No. of worms with eggs in uterus (%)
				Length (mm)	Width (mm)		Length ( $\mu$ )	Width ( $\mu$ )	
1 and 2	100	Cyst in lungs	42	10.14 $\pm$ 1.75*	5.34 $\pm$ 0.85	926 $\pm$ 71	682 $\pm$ 38	788 $\pm$ 43	39/42( 93)
2	100	Cyst on pleural wall	2	8.50	5.08	869	696	854	2/ 2(100)
2	100	Pleural cavity	2	5.85	4.65	797	638	835	2/ 2(100)
3	25	Lungs	13	3.60 $\pm$ 0.43	1.83 $\pm$ 0.10	424 $\pm$ 47	386 $\pm$ 35	432 $\pm$ 30	0/13( 0)
3	25	Pleural cavity	11	3.25 $\pm$ 0.33	1.60 $\pm$ 0.12	447 $\pm$ 23	396 $\pm$ 32	448 $\pm$ 16	0/11( 0)
3	25	Abdominal cavity	7	3.43 $\pm$ 0.24	1.75 $\pm$ 0.13	446 $\pm$ 42	414 $\pm$ 13	437 $\pm$ 27	0/ 7( 0)
4	66	Cyst in lungs	35	7.79 $\pm$ 0.65	3.83 $\pm$ 0.39	741 $\pm$ 44	597 $\pm$ 34	688 $\pm$ 42	32/35( 91)
4	66	Pleural cavity	2	6.25	3.30	629	533	677	0/ 2( 0)
5	66	Cyst in lungs	28	7.30 $\pm$ 1.02	3.78 $\pm$ 0.58	734 $\pm$ 66	581 $\pm$ 34	671 $\pm$ 34	20/28( 71)
5	66	Pleural cavity	4	5.83 $\pm$ 0.83	2.98 $\pm$ 0.28	629 $\pm$ 39	576 $\pm$ 32	646 $\pm$ 54	1/ 4( 25)
6	15	Pleural cavity	5	2.43 $\pm$ 0.26	1.24 $\pm$ 0.10	281 $\pm$ 25	267 $\pm$ 21	327 $\pm$ 19	0/ 5( 0)
6	15	Diaphragm	3	2.81 $\pm$ 0.35	1.23 $\pm$ 0.09	307 $\pm$ 27	307 $\pm$ 35	337 $\pm$ 27	0/ 3( 0)
6	15	Liver	4	2.33 $\pm$ 0.25	1.21 $\pm$ 0.09	329 $\pm$ 29	242 $\pm$ 4	323 $\pm$ 21	0/ 4( 0)
6	15	Abdominal cavity	6	2.33 $\pm$ 0.32	1.23 $\pm$ 0.08	299 $\pm$ 33	288 $\pm$ 24	322 $\pm$ 25	0/ 6( 0)
6	15	Muscle	8	2.59 $\pm$ 0.19	1.24 $\pm$ 0.08	322 $\pm$ 21	282 $\pm$ 21	339 $\pm$ 11	0/ 8( 0)
7	64	Cyst in lungs	60	6.55 $\pm$ 0.68	3.30 $\pm$ 0.44	675 $\pm$ 64	556 $\pm$ 37	645 $\pm$ 41	23/60( 38)
7	64	Pleural cavity	6	5.33 $\pm$ 0.75	3.03 $\pm$ 0.50	622 $\pm$ 66	546 $\pm$ 30	643 $\pm$ 51	0/ 6( 0)
7	64	Cyst on pleural wall	2	7.17	3.60	736	634	720	1/ 2( 50)
7	64	Diaphragm	2	5.25	3.00	682	480	557	0/ 2( 0)
8	22	Lungs	7	2.95 $\pm$ 0.30	1.42 $\pm$ 0.16	351 $\pm$ 31	314 $\pm$ 18	359 $\pm$ 28	0/ 7( 0)
8	22	Pleural cavity	25	2.48 $\pm$ 0.50	1.44 $\pm$ 0.17	360 $\pm$ 31	309 $\pm$ 28	346 $\pm$ 25	0/25( 0)
8	22	Diaphragm	5	2.76 $\pm$ 0.71	1.41 $\pm$ 0.22	371 $\pm$ 37	321 $\pm$ 37	361 $\pm$ 25	0/ 5( 0)
8	22	Abdominal cavity	10	2.75 $\pm$ 0.24	1.38 $\pm$ 0.07	357 $\pm$ 23	302 $\pm$ 32	358 $\pm$ 20	0/10( 0)
8	22	Muscle	1	2.92	1.36	374	346	374	0/ 1( 0)
9	80	Cyst in lungs	41	7.76 $\pm$ 0.69	4.06 $\pm$ 0.42	693 $\pm$ 61	580 $\pm$ 36	651 $\pm$ 40	36/41( 88)
9	80	Pleural cavity	3	6.80	3.02	691	582	678	0/ 3( 0)
10	100	Cyst in lungs	20	9.32 $\pm$ 1.25	4.79 $\pm$ 0.60	851 $\pm$ 87	673 $\pm$ 63	766 $\pm$ 41	20/20(100)
10	100	Pleural cavity	1	7.45	3.95	806	710	768	1/ 1(100)
11 and 12	64	Cyst in lungs	39	7.18 $\pm$ 0.87	3.59 $\pm$ 0.45	685 $\pm$ 58	549 $\pm$ 35	630 $\pm$ 36	34/39( 87)
11 and 12	64	Pleural cavity	3	6.23	2.97	678	621	662	0/ 3( 0)

\* Mean size $\pm$ S. D.

は43個体 (86%), No. 5 では40個体 (80%) の虫体が回収された。それらの虫体の回収部位および発育状況は、感染25日後に死亡したNo. 3では回収虫体のうち13個体 (40%) が肺から、12個体 (38%) が胸腔からで、肺は虫体侵入による出血斑が多数みられ、肺炎および肋膜炎を起こしていた。これらの虫体 (Fig. 25) の大きさは3.0~4.0 $\times$ 1.5~2.0mmで、卵巣は6葉、精巣も4~5葉に分歧し、子宮は管腔形成が認められるなど、直接メタセルカリアをイヌに与えた場合の40日後の虫体に近い

形態であつた。感染66日後 (Nos. 4, 5) および100日後 (Nos. 1, 2) に剖検したものでは、大部分の虫体が肺に形成された虫嚢 (Fig. 24) からで、すでにNo. 4では35個体中32個体 (91%), No. 5では28個体中20個体 (71%) が子宮内に虫卵を保有していた (Table 11, Fig. 26)。

次に *P. westermani* のメタセルカリアを投与し、123および213日後に剖検したイノシシの筋肉から得た幼若虫体をイヌNo. 6に50個、イヌNos. 7, 8, 9に100個



ずつ感染させたものでは、No. 6 が感染後に嘔吐を起し、Nos. 6, 8 がそれぞれ感染 15, 22 日後に死亡した。残る No. 7 を 64 日後に、No. 9 を 80 日後に剖検した。それらの結果は Table 10 に示したごとく、高率 (52~86%) に感染し、Nos. 7, 9 では大部分の虫体が肺の虫嚢 (Fig. 23) から回収された。それらの虫体のうち、子宮内に虫卵を保有しているもの (Fig. 27) が No. 7 では 60 個体中 23 個体 (38%), No. 9 では 41 個体中 36 個体 (88%) みられた。No. 6 は腹水が多量に貯溜し、腹壁筋肉や肝臓は虫体侵入による損傷が顕著で、これらの部位から多くの虫体が回収された他、胸腔にも虫体が見られた。No. 8 も No. 6 同様、腹腔、腹壁筋肉、肝臓に虫体が見られたが、大部分は胸腔や肺からであった。これらの虫体の大きさは No. 6 の胸腔からのもので  $2.43 \times 1.24\text{mm}$ , No. 8 の肺からのもので  $2.95 \times 1.42\text{mm}$ , 胸腔からのものでは  $2.48 \times 1.44\text{mm}$  で、生殖器の発育もメタセルカリアをイヌに直接与えて得た同一時期の虫体と比べて良好であった。

ラットに *P. westermani* のメタセルカリアを感染させ、100 日および 260 日後にこれらの筋肉から得た幼若虫体をイヌ No. 10 に 100 個、イヌ Nos. 11, 12 に 50 個ずつ感染させ、Nos. 11, 12 を 64 日後、No. 10 を 100 日後に剖検した。その結果は Table 10 に示したように、No. 10 では 66 個体 (66%), No. 11 では 47 個体 (94%), No. 12 では 40 個体 (80%) が回収でき、その大部分が肺の虫嚢からであった。それらの虫体のうち、64 日後のものでは 39 個体中 34 個体 (87%) が、100 日後のものでは検査した 20 個体すべての子宮内に虫卵をみとめた。

幼若虫体感染から糞便内に虫卵が初めて排出されるまでの期間をイヌ Nos. 1, 4, 5, 7, 9 の 5 頭で調べたところ、それぞれ 50, 53, 54, 54, 56 日であった。

以上のように、いわゆる非固有宿主であるブタ、イノシシおよびラットの筋肉に長期間とどまっている *P. westermani* の幼若虫体は固有宿主であるイヌに対して極めて高率に感染し、肺に虫嚢を形成し、成熟すること

が明らかになった。またこれらの幼若虫体の発育および移行速度はメタセルカリアを投与した場合より若干速かった。

#### 2) イノシシ、ラットから得た幼若虫体のラットへの感染実験

*P. westermani* のメタセルカリアを投与し、213 日後に剖検したイノシシの筋肉から得た幼若虫体をラット 4 頭に 25 個ずつ与え、122 日後に剖検した。その結果は Table 12 に示したように、すべてのラットに感染を認められたが、平均回収率は 28% (4~48%) と低かった。また回収された虫体の大部分 (90%) は筋肉からで、それらは排泄嚢に排泄顆粒を充満し、大きさは  $1.67 \times 0.64\text{mm}$  であった。すなわち、感染させた時点のものと変わらなかった。しかし胸腔から回収した虫体は未成熟であったが、 $6.2 \times 2.8\text{mm}$  で比較的良く発育していた (Table 13)。

次に *P. westermani* メタセルカリア投与後 68 日目のラットから得た幼若虫体を 6 頭のラットに 50 個ずつ感染させ、132 日後に剖検したものでは 5 頭に感染を認め、筋肉から 9 個体、肺の虫嚢および胸腔から、それぞれ 1 個体ずつ回収した。またメタセルカリア投与後 150 日目のラットから得た幼若虫体を 5 頭のラットに 50 個ずつ感染させ、132 日後に剖検したものでは、5 頭全部に感染が成立し、全部で 43 個体が回収できた。そのうち 41 個体 (95%) が筋肉から、他は胸腔からであった (Table 12)。これらの虫体のうち、肺から回収したものは成熟虫体で、子宮内に多数の虫卵がみられた。しかし他の部位から回収した虫体はすべて未成熟で、特に筋肉から回収した虫体は感染時の虫体と差がなかった (Table 13)。すなわち、*P. westermani* は非固有宿主間の感染が可能であり、大部分の幼若虫体はふたたび筋肉に侵入し、発育することなく、長期間とどまることが明らかになった。

#### IV. 非経口感染実験

1) メタセルカリアのイヌの筋肉・皮下への感染実験  
虫体の寄生状況：*P. westermani* のメタセルカリア

Table 12 Results of experimental infection of rats with immature *P. westermani* collected from a wild boar and rats

No. of rats fed	Host animal (days of postinfection)	No. of worms fed	Autopsy days after infection	No. of rats positive (%)	No. of worms recovered (%)	No. of worms recovered from		
						Muscle	Pleural cavity	Cyst in lungs
4	Wild boar (213)	100	122	4(100)	28(28.0)	26	2	0
6	Rats (68)	300	132	5(83.3)	11(3.7)	9	1	1
5	Rats (150)	250	132	5(100)	43(17.2)	41	2	0

Table 13 Measurements of worms recovered from rats fed with immature *P. westermani* collected from a wild boar and rats

Host animal (days of postinfection)	Autopsy days after infection	Recovered from	No. of worms measured	Body		Oral sucker Width ( $\mu$ )	Ventral sucker	
				Length (mm)	Width (mm)		Length ( $\mu$ )	Width ( $\mu$ )
Wild boar (213)	122	Pleural cavity	2	6.20	*** $\times$ 2.80	576	533	$\times$ 634
" "	" "	Muscle	17*	1.67 $\pm$ 0.20	$\times$ 0.64 $\pm$ 0.04	143 $\pm$ 10	158 $\pm$ 19	$\times$ 184 $\pm$ 12
Rats (68)	132	Cyst in lungs	1**	6.40	$\times$ 3.90	672	701	$\times$ 701
" "	" "	Pleural cavity	1	6.20	$\times$ 3.20	643	614	$\times$ 643
" "	" "	Muscle	6*	1.31 $\pm$ 0.22	$\times$ 0.59 $\pm$ 0.04	124 $\pm$ 3	139 $\pm$ 11	$\times$ 158 $\pm$ 4
Rats (150)	132	Pleural cavity	2	6.20	$\times$ 3.10	605	571	$\times$ 648
" "	" "	Muscle	26*	1.34 $\pm$ 0.21	$\times$ 0.61 $\pm$ 0.04	128 $\pm$ 13	134 $\pm$ 19	$\times$ 167 $\pm$ 11

\* Excretory bladder filled with granules.

\*\* Matured.

\*\*\* Mean size $\pm$ S. D.Table 14 Results of experimental infection of dogs with 25 metacercariae of *P. westermani*

Method of infection	Days after infection	No. of dogs	No. of worms recovered (%)	No. of worms recovered from								
				Hypo- derm	Muscle	Liver	Abdo- minal cavity	Diaph- ragm	Pleural cavity	Lungs	Cyst in lungs	Other
Intramuscular injection	2	2	44(88.0)	0	44	0	0	0	0	0	0	0
	10	3	66(88.0)	0	66	0	0	0	0	0	0	0
	25	3	62(82.7)	2	46	0	7	0	4	3	0	0
	40	3	62(82.7)	1	14	2	11	1	10	3	20	0
	60	3	61(81.3)	0	7	1	2	0	4	0	47	0
	100	3	69(92.0)	0	9	0	2	0	1	0	57	0
Hypodermic injection	185	3	69(92.0)	0	0	0	0	0	2	0	65	2*
	2	2	47(94.0)	14	33	0	0	0	0	0	0	0
	10	3	61(81.3)	1	60	0	0	0	0	0	0	0
	25	3	61(81.3)	0	47	0	0	0	6	8	0	0
	40	3	68(90.7)	0	8	0	0	0	11	3	46	0
	60	3	60(80.0)	0	3	0	0	0	11	0	46	0
	100	3	66(88.0)	2	0	0	0	0	2	0	62	0
	185	3	59(78.7)	0	0	0	0	0	1	0	58	0

\* Cyst on pleural wall.

を25個ずつ仔イヌの大腿部筋肉あるいは背部皮下に注入し、2~185日後に剖検した。その結果は Table 14に示したごとく、平均虫体回収率は大腿部筋肉注入感染では87%、背部皮下注入感染では84%と極めて高率であった。以下、感染方法別に詳細を述べる。

大腿部筋肉注入感染：感染2日および10日後に回収した虫体はすべてメタセルカリアを注入した半膜様筋およびそれに隣接する大腿直筋、薄筋、内転筋などの大腿部筋肉からであった。それらの筋肉は数cmにおよぶ線状出

血をともなう虫道が形成され、その先端に虫体がみられた。25日後では回収された62個体中46個体(74%)が大腿部および腹壁の筋肉からであったが、腹腔、胸腔へ移行した虫体もみられ、数個体がすでに肺に穿入していた。それ以後、肺の虫嚢からの虫体が40日後では62個体中20個体(32%)、60日後では61個体中47個体(77%)、100日後では69個体中57個体(83%)と増加した。しかしこれらの時期ではいずれも大腿部筋肉にも虫体がみられ、それらの部位はかなり広範囲にわたって、出血・腫脹を呈

Table 15 Measurements of *P. westermanni* recovered from various tissues of dogs at various periods after intramuscular injection

Days after infection	Recovered from	No. of worms measured	Body		Oral sucker Width( $\mu$ )	Ventral sucker		No. of worms with eggs in uterus (%)
			Length (mm)	Width (mm)		Length ( $\mu$ )	Width ( $\mu$ )	
2	Muscle	8	0.71±0.03*	×0.29±0.03	88±2	115±6	×117±5	0/2
10	Muscle	29	1.10±0.15	×0.59±0.08	159±20	137±21	×178±19	0/29
25	Pleural cavity	3	3.07	×1.73	419	336	×381	0/3
	Abdominal cavity	5	3.27±0.14	×1.50±0.18	372±49	349±24	×372±22	0/5
	Muscle	31	3.06±0.34	×1.56±0.15	374±25	336±29	×382±24	0/31
40	Cyst in lungs	20	5.03±0.46	×2.42±0.15	523±32	482±28	×528±27	0/20
	Pleural cavity	8	4.78±0.61	×1.98±0.16	473±57	449±16	×485±44	0/8
	Abdominal cavity	10	4.34±0.48	×1.90±0.18	438±40	430±65	×459±40	0/10
	Muscle	10	3.88±0.62	×1.77±0.20	420±42	405±59	×434±33	0/10
60	Cyst in lungs	24	6.93±1.09	×3.20±0.46	689±88	567±66	×635±53	10/24 (41.7)
	Pleural cavity	3	6.40	×2.55	579	583	×594	0/3
	Muscle	6	4.54±0.75	×2.27±0.18	436±59	489±89	×536±30	0/6
100	Cyst in lungs	26	10.43±1.90	×4.79±1.02	908±178	773±114	×764±88	24/26 (92.3)
	Abdominal cavity	2	6.63	×2.80	526	624	×584	0/2
	Muscle	6	4.90±1.00	×2.19±0.38	436±58	525±116	×518±70	0/6
158	Cyst in lungs	47	13.07±1.44	×6.94±0.88	1020±96	735±44	×858±54	47/47 (100.0)
	Cyst on pleural wall	2	13.78	×7.56	1042	715	×893	2/2 (100.0)
	Pleural cavity	2	8.86	×4.37	859	758	×854	1/2 (50.0)

\* Mean size±S. D.

し、弾力性を失なっていた。また40、60日後のもの肝表面には不正曲線状の虫道がみられ、肝実質内から虫体が得られた。185日後になると、69個体中65個体(94%)が肺の虫嚢から、残る4個体も胸腔および胸壁に形成された虫嚢から回収された。

皮下注入感染：感染2日後では回収された47個体中14個体(30%)が注入部位の皮下脂肪組織内に、残りのものはその直下の体幹皮筋、あるいは僧帽筋、菱形筋、前背鋸筋、頸および胸最長筋、棘上筋、棘下筋などからであった。特に僧帽筋、棘上筋、棘下筋には鮮明な線状出血をともなう虫道形成がみられた。25日後になると、肺の各所に虫体侵入によると思われる出血斑がみられ、61個体中8個体(13%)が肺から回収された他、胸腔からも6個体(10%)が得られた。残りの虫体はすべて背部の筋肉からで、特に背鋸筋、頸および胸最長筋、胸および頸多裂筋などに多かつた。40日後になると、68個体中49個体(72%)が肺からで、背部の筋肉からはわずかに8個体が回収されたにすぎなかつた。それ以後では60日後に鎖骨頸筋、板状筋から3個体が、100日後の胸部の皮下脂肪組織に同棲の2個体がみられただけで、他はすべて

肺の虫嚢または胸腔からであった。

以上のように、*P. westermanni* のメタセルカリアはイヌの皮下あるいは筋肉内で脱嚢可能で、筋肉などの組織を突破し、肺へ達し、虫嚢を形成した(Figs. 28, 29)。すなわち本虫は組織突破能力および肺への親和性が極めて強いことを示した。

虫体の発育状況：Tables 15, 16に示したごとく、大腿部筋肉内あるいは背部皮下に注入したメタセルカリアは感染25日後には、体内いずれの部位でもほぼ3.0×1.5 mmの大きさまで発育した。それ以後、肺へ移行した虫体は順調に発育し、感染60日後に肺の虫嚢から回収した虫体のうち、大腿部筋肉注入感染のものでは24個体中10個体(42%)、背部皮下注入感染のものでは21個体中8個体(38%)が子宮に虫卵を保有していた。また100日後の虫体の大部分はFigs. 30, 31のように良く成熟していた。すなわち非経口感染の場合も、肺へ移行した虫体は経口感染のものと同ほ等しい発育をした。しかし大腿部筋肉注入感染での感染100日後に筋肉から得た虫体(Fig. 32)は4.90×2.19mmで、感染40日後に肺から得た虫体にも及ばなかつた。また卵巣、精巣および子宮の

Table 16 Measurements of *P. westermanni* recovered from various tissues of dogs at various periods after hypodermic injection

Days after infection	Recovered from	No. of worms measured	Body		Oral sucker Width( $\mu$ )	Ventral sucker		No. of worms with eggs in uterus (%)
			Length (mm)	Width (mm)		Length ( $\mu$ )	Width ( $\mu$ )	
2	Muscle and hypoderm	17	0.65±0.06*	×0.30±0.04	85± 8	108± 10	121± 9	0/17
10	Muscle	22	0.99±0.20	×0.50±0.07	143± 16	132± 18	166± 9	0/22
25	Lungs	5	2.99±0.33	×1.49±0.10	307± 43	274± 50	357±16	0/ 5
	Pleural cavity	6	2.33±0.19	×1.42±0.10	339± 32	222± 23	350±30	0/ 6
	Muscle	26	2.97±0.36	×1.38±0.11	341± 37	299± 44	359±30	0/26
40	Cyst in lungs	29	4.73±0.50	×2.28±0.17	504± 53	443± 28	495±30	0/29
	Pleural cavity	10	4.35±0.36	×1.90±0.14	460± 48	420± 29	466±27	0/10
	Muscle	7	3.96±0.30	×2.00±0.18	425± 55	433± 26	459±34	0/ 7
60	Cyst in lungs	21	6.93±1.50	×3.05±0.59	620±113	576±104	605±66	8/21( 38.1)
	Pleural cavity	5	4.72±0.94	×2.27±0.39	518±101	448± 91	502±97	0/ 5
	Muscle	3	4.20	×2.05	445	447	×485	0/ 3
100	Cyst in lungs	29	10.99±1.48	×5.75±0.87	965±102	750± 95	796±52	28/29( 96.6)
	Pleural cavity	2	6.08	×2.63	569	567	×623	0/ 2
	Hypoderm	2	6.73	×2.93	705	696	×644	0/ 2
185	Cyst in lungs	43	13.17±1.54	×6.81±0.70	1006±107	726± 52	826±52	43/43(100.0)
	Pleural cavity	1	9.28	×4.18	854	768	×845	1/ 1(100.0)

\* Mean size±S. D.

発育も同様の傾向がみられた。このように *P. westermanni* はイヌの筋肉内では感染25日後までは順調な発育を示すが、それ以後の発育は阻害されることが明らかになった。ただし背部皮下注入感染での感染100日後の胸部の皮下脂肪組織に同棲の2個体は未成熟であったが、その大きさは平均6.73×2.93mmで、卵巣、精巣とも成熟型に近い形態を示し、卵黄腺には卵黄顆粒がかなりみられた。また大腿部筋肉注入感染での感染185日後に、胸壁の虫嚢から回収された2個体は良く成熟していた。このことから2個体同棲の場合は、肺以外の場合でも成熟できると思われる。次にメタセルカリア投与後、糞便内に初めて虫卵が排出されるまでの期間は、大腿部筋肉注入感染では6頭のイヌで観察したところ、平均58.0±2.9 (54~62) 日であった。同じく、背部皮下注入感染では7頭のイヌで行なつたところ、平均57.9±1.9 (54~59) 日、経口感染のものとはほぼ一致した。

## 考 察

### I. *P. westermanni* の宿主特異性

#### 1 終宿主体内における発育および移行経路

我国には本論文にとりあげた *P. westermanni* の他に、*P. ohirai* Miyazaki, 1939 (大平肺吸虫)、*P. iloktsu-*

*ensis* Chen, 1940 (小形大平肺吸虫)、*P. miyazakii*, *P. sadoensis* Miyazaki, Kawashima, Hamajima et Otsuru, 1968 (佐渡肺吸虫) が分布する。これらの肺吸虫は宿主動物に対する親和性がそれぞれ異なり、固有の宿主を持っている。このうち *P. westermanni* は自然終宿主として、これまでにヒトをはじめ、サル、イヌ、ネコ、ヒョウ、トラ、ブタ、タヌキ、キツネ、イタチ等が報告されている。とくにイヌやネコには、今回の実験でも明らかのように、実験的にも良く感染し、かつ良く成熟する。

これらの動物体内での移行経路に関しては、横川 (1961)、Yokogawa *et al.* (1962) によれば、ネコではその大きさにより多少の時間的差異があるが、メタセルカリア投与数時間後には、幼虫は腸管を突通し、24時間後には大部分のものが腹壁筋肉に侵入し、さらに5~7日後ふたたび腹腔内に出現し、横隔膜を穿通して、胸腔、肺へと移行する。その移行中、肝臓へ侵入することもあるが、これは数も少なく、発育もみられないため、特別の意義があるものとは考えられず、偶然迷入したもので、イヌ体内でもネコと同様の移行経路をとるものであろうとした。ところが、今回のイヌでの結果 (Table 1) をみると、感染2日後においても、腸管壁に侵入し

たままであり、感染10日後には肝臓に多数の寄生を認めた。この問題はさらに追究する必要があるが、固有宿主であっても動物の種類により多少移行経路が異なるようである。

次にイヌ、ネコ体内での本虫の発育を圧平染色標本の計測値で比較してみると、感染100日後のイヌからの虫体は  $10.63 \pm 1.46 \times 5.11 \pm 0.80$  mm、ネコのものでは  $10.02 \pm 0.69 \times 5.40 \pm 0.31$  mm (Table 2) で、ほとんど差がなかった。また滝沢 (1964) の報告によると、ネコ体内では感染直後  $0.49 \times 0.30$  mm 前後であった虫体は3日後頃から次第に増大し、7日前後には感染直後の2倍大となる。胸腔に移行した14日虫体では  $1.59 \times 1.01$  mm に、21日虫体では  $2.46 \times 1.37$  mm と急激に増大し、虫嚢を形成した42日虫体では  $4.45 \times 2.76$  mm、67日虫体では  $6.50 \times 3.94$  mm となり、すでに成熟し産卵を始めている。90日虫体では67日虫体の2倍弱となり、その後も増大を続けるとしている。これは今回のイヌでの結果 (Table 2) と極めてよく一致し、また同時に報告している生殖器などの発育にもほとんど差がみられない。安藤 (1917b) がイヌ、ネコに感染させて得た結果でも両動物体内での発育には差がなく、今回の著者のものともよく一致する。このことからイヌ、ネコ体内での *P. westermani* の発育はほとんど差がなく、再現性の高いものといえる。

次に、今回の実験でのイノシシ、ブタ、ラット、マウス、ハムスター、ウサギおよびモルモットにおける投与メタセルカリア数に対する回収虫体数の割合はそれぞれ 52.3%、43.4%、61.0%、57.9%、58.3%、22.6%、34.4% とかなり高率であった (Tables 3, 6)。一方、ニワトリにおいては 0.6% と低かったが、本来哺乳類に感染する本虫が鳥類にも感染したことは宿主寄生関係を知る上で興味がある。さらにこれらの回収虫体のうち、ブタ、イノシシでは 96.3%、ラットでは 96.1%、マウスでは 71.6%、ハムスターでは 88.2%、ウサギでは 77.4%、モルモットでは 99.4%、ニワトリでは 66.7% のものが筋肉に寄生し (Tables 4, 6)、さらにこれらの虫体の発育は感染後長期間たつているにもかかわらず、極めて未熟で、排泄嚢に排泄顆粒を充満し、生殖器の発育もほとんどみられず、穿刺棘をもつ虫体もあった。すなわちメタセルカリアによく類似しているが、大きさはほぼ  $1.0 \sim 1.5 \times 0.5$  mm で、脱嚢メタセルカリアのそれ (体長および体幅  $0.62 \pm 0.07 \times 0.28 \pm 0.03$  mm、口吸盤および腹吸盤の縦・横径  $68 \pm 7 \times 76 \pm 8 \mu$ ,  $96 \pm 7 \times 104 \pm 10 \mu$ )

と比べて若干大きく、長期間寄生のものはやや褐色を帯びていた。また筋肉から回収した虫体のうちのごく少数のもの、および肺、胸腔へ移行した虫体は比較的よく発育していたが、イヌでの感染後 35~40 日目のものとほぼ一致した。これ以上発育し、成熟またはほぼ成熟したものはミニブタに 2 例と、ラットの筋肉から得た幼若虫体を再びラットに与えた 1 例みられたにすぎなかった。

Yokogawa *et al.* (1962) や滝沢 (1964) はラット体内での *P. westermani* の発育は感染 7 日後までは固有宿主と大差ないが、それ以後、虫体の増大はほとんどみられず、生殖器等の発育も非常に遅延しており、感染 42, 49, 70 および 180 日目に極めて少数ではあるが、胸腔、肺へ移行した虫体は感染 42 日前後のネコの肺に認められた虫体とほぼ同じ発育であったと述べたが、今回の成績もよく一致する。

安藤 (1915 a, b, 1920b) によると、*P. westermani* はマウス、ウサギ、モルモットには感染しがたく、感染しても成熟することはないとしたが、今回の実験ではかなり高率に感染を認めた。その原因として、安藤の実験では筋肉から極めて未熟な虫体を数個体みつけているが、大部分が胸腔からであることから、当時、筋肉からの虫体回収が充分できなかったためと思われる。

ブタでは大石・斉藤 (1952) が芝浦屠場で 28 例の肺吸虫症をみつけ、うち 26 例が *P. ohirai* によるもので、これらは良く成熟していたが、*P. westermani* はわずかに 2 例にすぎず、発育不良であったことから、ブタは必ずしも *P. westermani* の固有宿主とはいえないのではないかとした。その後、一色・富村 (1953) も同様の報告を行なっている。今回の著者の実験によつて氏らの推測が正しかったことが裏付けられた。また森田ら (1954) と鈴木 (1958) は自然感染のブタから成虫を得ているが、これは今回ミニブタの肺から得た 2 個体のように、極めてまれなものと考えられる。

なぜ *P. westermani* がこれらの動物で発育の停止を起こすかは興味深い問題であるが、現時点では明らかでない。しかし筋肉内の虫体は排泄嚢に排泄顆粒を充満し、その量はメタセルカリアと比べ、はるかに多く、これらの動物に侵入後、産生貯留されたことは明らかである。イヌ、ネコなどの固有宿主では、この顆粒は感染後すみやかに排泄され、その後全くみられない。このことから非固有宿主体内では *P. westermani* の排泄機能が阻害されている可能性がある。また非経口感染し、60, 100 日後にイヌの筋肉から得た虫体は正常発育の感染 35

～40日後らしいの虫体でしかなく、30日頃から明らかに発育の抑制がみられた。このように固有宿主体内でも本来の寄生部位でない筋肉に寄生した虫体は非固有宿主体内でまれに良く発育した虫体と同程度で発育が阻害された。これは *P. westermanni* の発育と宿主特異性ならびに臓器親和性を見る上で注目すべき点である。

以上のことから、これまで報告されている *P. westermanni* の自然終宿主を見なおすと、ネコ科の動物であるヒョウやトラ (Kwo and Miyazaki, 1968) では感染虫体数も多く、肺に虫嚢を形成し、良く成熟していることから、イヌ、ネコ同様、*P. westermanni* の固有宿主といえる。ところが、タヌキ、キツネ、イタチなどの報告 (恩知, 1918) は、我国に *P. westermanni* 1種しか知られていなかった時代のものであり、その後 *P. ohirai*, *P. iloktsuenensis*, *P. miyazakii*, *P. sadoensis* の分布が明らかにされ、それらがこれらの動物からみつがっている。すなわち *P. westermanni* と他種肺吸虫とが混同されていた可能性が充分ある。このうちタヌキについては、横川ら (1957) が *P. westermanni* のメタセルカリアを100個与え、104日後に剖検したところ、腹腔や胸腔から7個体が得られ、虫卵を有するものもあつたが、いずれも小さく、菲薄なものばかりで、タヌキにおいては本虫は発育の遅延、感染の抑制がみられるとした。このような感染および虫体の発育状況からみて、タヌキの筋肉内には多数の幼若虫体が存在するものと思われるが、彼らは筋肉の虫体検索は行なっていない。今後の研究を待たねばならないが、タヌキ、キツネ、イタチなどは *P. westermanni* にとつて非固有宿主である可能性が強い。勿論ブタおよびイノシシも *P. westermanni* の非固有宿主である。ヒトの場合は、稿をあらためて報告するが、異所寄生が多いことや、虫嚢内虫体数などからみて、固有宿主であるとは考えられない。

ここで虫体の回収方法について触れてみる。横川 (1961), Yokogawa *et al.* (1962) および滝沢 (1964) は、*P. westermanni* の幼若虫体検索を、これまで住血吸虫セルカリアあるいはその他各種寄生幼虫類の組織侵入部位を証明するのに用いられていた Evans-blue 法で行なっている。それは0.3% Evans-blue 注射液を体重1 kg に対し10～15cc の割合で実験動物の静脈内に注入し、15分後に屠殺・剖検すると、幼虫の侵入部位が濃青染した斑点としてみられる。そこで、この部位を顕微鏡下で検査し、虫体を確認するのである。この方法は動物が必ず生きていなければならない。また比較的短時間で

検査を終えないと虫体が濃青染部から移動し、発見が困難になるため、大きな動物の全身を検査するのは不可能に近いなどの欠点がある。しかし、今回、著者が行なつた保温リンゲル液による遊出法は、筋肉および臓器を薄く切り、リンゲル液に入れ、これを37～38Cの孵卵器に数時間放置しておけば、虫体が自然に遊出して、容器の下にたまるので、これを集めるだけで済む。すなわちこの方法では動物が死亡していても可能であり、イノシシ、ブタのような大きな動物でも比較的容易に全身を検査出来る。また投与メタセルカリア数に対する虫体回収率で比較すると、Yokogawa *et al.* (1962) が Evans-blue 法により得た結果では、ラット1頭あたり20個のメタセルカリアを投与し、1日後から49日後まではほぼ50%の回収率であるが、70日後では36.5%、180日後では35.5%と低下している。ところが、今回、著者が行なつた遊出法では、感染100日後だけの結果であるが、61.0%と高率であつた。また *P. westermanni* のメタセルカリアをラットの腹腔内に注入した実験では、感染10および30日後で、各々投与メタセルカリア数の97.5%、96.5%が、それ以後も極めて高率に回収できた。これらのことから、今回使用した方法は肺吸虫幼虫の回収方法として利用価値の高いものと云える。

## 2 宿主の病変、特に異所寄生

*P. westermanni* は人体寄生虫として重要であるため、患者や実験動物について多くの病理学的研究がなされ、ヒトの場合、異所寄生の多いことが知られている。その部位としてこれまでに脳、脊髓、眼窩、心嚢、心臓、胸膜、縦隔、脾臓、肝臓、腎臓、副腎、陰嚢、大網、腹膜、胃腸管、皮下組織などが報告されている。ところが、イヌ、ネコでは異所寄生は全くみられないといつてよい。これは今回のイヌ、ネコへの *P. westermanni* メタセルカリアの経口感染およびイヌの大腿部筋肉あるいは背部皮下にメタセルカリアを注入した場合、すみやかに肺へ移行したことから明らかである。すなわちイヌやネコのような固有宿主にあつては、本虫は摂取されたのち、本来の寄生部位である肺に到達するまでにかなり複雑な移行経路をとるため、その経路にあたる臓器に種々の損傷を与えるが、最終的な病変は肺および胸腔に限局するのが普通である。

ところが、今回の実験で明らかのように、非固有宿主体内では肺に達することは極めてまれで、ほとんどのものが筋肉に侵入し、移動するため、筋肉に虫道形成がみられた。ブタやイノシシにおいては、肝臓の包膜下に厚

く硬い結合組織でとりかこまれた白色の大豆大から基石大の扁平でボタン状に隆起した虫囊 (Fig. 8) が形成され、半数のものに虫体の寄生がみられた。またウサギでは全例が、マウスおよびハムスターでは約半数が本虫の感染により死亡した (Table 6)。*P. westermani* の感染によりブタの肝臓に虫囊が形成されることは、すでに河村 (1917) が実験感染で、一色・富村 (1953) が自然感染のものから報告している。しかしブタで良く成熟する *P. ohirai* では自然感染あるいは実験感染 (宮崎ら, 1954) でも報告がない。また *P. westermani* 感染により動物が死亡することは安藤 (1920 b) が今回同様、ウサギとマウスでみとめ、その死因および病変も著者の得た結果と一致している。種類は異なるが、*P. ohirai* や *P. miyazakii* の感染により、マウス、ハムスターおよびウサギが死亡することは宮崎 (1940)、宮崎ら (1954)、吉田 (1970)、橋口 (1973) も認め、これらの動物は *P. ohirai* や *P. miyazakii* にとって固有の宿主とは云えないとしている。

犬蛔虫、有棘顎口虫、マンソン裂頭条虫、広東住血線虫をはじめ多くの寄生虫が非固有宿主体内では幼若虫体のまま宿主体内を移動し、種々の病変を起こすことは良く知られている。すなわち *P. westermani* も非固有宿主体内においては異所寄生・迷入を起こしやすく、時として重篤な症状を呈すると云える。またヒトの場合、異所寄生が多いのは真の固有宿主でないためであると考えられる。

## II. *P. westermani* の人体への感染経路

今回、著者が行なった実験により、*P. westermani* のメタセルカリアが非固有宿主に摂取されると、高率に感染するものの、大部分のものが筋肉に侵入し、ほとんど発育しないまま長期間とどまる。この極めて未熟な虫体は消化液などに対して強い抵抗力を持ち (Tables 8, 9)、固有宿主であるイヌに与えると高率に感染し、速やかに成熟することが明らかになった (Tables 10, 11, Figs. 23~27)。最近、徳留ら (1977) は宮崎県北諸県郡および宮崎郡の某町において Mantel-Haenszel の方法で肺吸虫皮内反応陽性・疑陽性者群と陰性者群とを各種食物の摂取歴について比較したところ、イノシシの生肉の食歴のみが陰性者群に比較して陽性・疑陽性者群に有意に高率に認めたこと、および今回の著者の実験成果などを考え合わせ、これらの肺吸虫症の主たる感染経路はイノシシの生肉の摂取によるものであろうとした。さらに宮崎・広瀬 (1976)、Miyazaki and Hirose (1976)

は同地域で捕えたイノシシの肉から著者が実験感染で得たのと同様の虫体を見つけ、これをイヌに感染させ、72日後に *P. westermani* の成熟虫体を得た (宮崎ら, 1976)。これらのことから自然界でイノシシが本虫の paratenic host となり、これらの地域における肺吸虫症の重要な感染源となつていることが明らかになった。

これまでこのような感染経路については、河村 (1916) が *P. westermani* のメタセルカリア投与後18から27日目のイヌから回収した140個体および感染後1日目の幼若虫体70個体を2頭のイヌに与えたところ、いずれも感染を認め、通常起こりうる感染経路としては疑問はあるが、動物の肉や肝臓の生食習慣があるヒトに対しては感染の機会があろうとした。しかし横川・末盛 (1919 a) はイヌでの14から42日目の虫体を15から78個体、4頭のイヌに与えたが、いずれも感染を認めなかつた。安藤 (1920 a) はイヌでの21から134日目の虫体をイヌ2頭、ネコ2頭およびラット15頭に15から125個体投与したが、ラット1頭に感染を認めただけであつた。また脱囊メタセルカリアをイヌおよびラットに投与したところ感染を認めた。これらの結果から、安藤は幼若な虫体は穿刺棘の発育が充分で、腸管を容易に穿通し、腹腔内に入ることが出来るが、一定の発育をしたものでは虫体の発育に反して穿刺棘の発育が停止するため、穿通力が減殺し感染できなくなるとし、一度動物体内である程度発育したものは次の哺乳動物に感染することは極めて困難であるとした。ところが、Tang (1940) はネコの胸腔から得た60日目の虫体を再びネコに投与し、3カ月後に剖検したところ、肺から成熟した虫体を回収し、このような感染が自然界で行なわれているとした。一方、Ameel (1932, 1934) はラットに *P. kellicotti* Ward, 1908 (ケリコット肺吸虫) を感染させ、185日目に胸腔から得た幼若虫体を20個体ネコに与えたところ、7週間後に6個の成虫を得た他、ラットでの寄生期間がこれより短かく、胸腔や腹腔から回収した虫体はいずれもネコに感染した。このことから、自然界で通常ザリガニを食べないイヌ、ネコその他の野獣への感染は、甲殻類を食べ、本虫に感染したミンクを食べることにより起こるのであろうとした。このようにいくつかの実験が行なわれているが、これらは固有宿主に感染し、さほど日時を経過しない幼虫が偶然次の宿主に食べられ感染すると考えたもので、今回著者が行なった paratenic host を介する感染とは異なる。その後、横川 (1961 a, b) はラット筋肉内の *P. westermani* 幼若虫体をイヌやネコなどに経

口投与した場合感染可能であることから、自然界において野鼠が本種肺吸虫の transport host としての役割を持つことを推測した。同様の報告を Fan and Khaw (1964, 1965), Fan and Hsu (1965) からも本虫のメタセルカリア投与後、数日から一年以上経過したラットの筋肉および臓器をネコやイヌに与えた実験から行なっている。しかし、種々の動物での *P. westermani* の発育が充分追究されていなかったため、通常とくにヒトに対して起こりうる感染経路としては全く問題にされなかった。

今回の著者の実験により、本虫は多数の paratenic host を持つことおよびこれらの宿主体内の幼若虫体が次の宿主に対して高率に感染することが明らかにされ、この感染経路の重要性が認められたと云える。この結果が明らかにされてから、宮崎・波部 (1975) は、Kwo and Miyazaki (1968) がスマトラ産のトラ 10 頭の肺を調べて、全例に *P. westermani* の寄生を認め、その数は 1 頭に 56 から 1,596、平均 510 と驚くべき濃厚感染を報告しているが、これらトラへの感染源としては、カニよりもむしろジャングルに生息する多種のネズミ類やその他の哺乳動物すなわち paratenic host を考える方が自然であろうとした。これ以前にも、Wu (1939) はトラとヒョウの肺吸虫を調査した際、これらの動物への感染について同様の過程を考え、長花 (1935) は京城の李王職動物園で伝染病で死亡したトラ 2 頭およびライオン 1 頭に肺吸虫の感染を認めたが、これらの動物はいずれも動物園で生まれたか、生後間もなく捕えられた後、長期間、動物園で飼育されていたため、感染経路として日常与えていた種々の肉を疑った。今回の実験結果は彼らの推察が正しかったことを示している。

今のところ、人体への感染源として明らかにされた paratenic host はイノシシだけであるが、亀谷ら (1964) は屠場においてブタ肺吸虫症の調査を行なった際、肝臓に今回ブタ、イノシシに認めたようなボタン状の虫嚢を全国のブタから多数認めており、特に肺吸虫症の多い鹿児島、熊本、茨城県産のブタに多発していると報告した。もしこれが *P. westermani* による虫嚢であるとすれば、その筋肉中には幼若虫体の存在が考えられる。また本虫は 5~10°C の低温では長期間生存可能であるため、公衆衛生学上、重要な問題である。すなわち、従来から云われているカニを生、あるいは調理不十分のまま食べたり、カニを調理する際使用した種々の器具、手指などを介して、メタセルカリアを経口的に摂取する以

外に、paratenic host にひそむ未熟な虫体を食べ、感染することも考えなければならない。特に近年、イノシシの生食が盛んになって来ている反面、カニの減少、衛生指導が行き届き、これらを食用にする機会が少なくなつて来ていることから、今後はイノシシなどの paratenic host からの感染に注意する必要がある。

次に *P. westermani* のメタセルカリアをイヌの筋肉や皮下に注入すると高率に感染し、速やかに肺へ移行して成熟した (Tables 14~16, Figs. 28~31)。大腿部筋肉に注入されたメタセルカリアはその部位で脱囊し、筋肉を突破して腹腔内へ侵入した後、横隔膜を穿通し、胸腔から肺へ侵入した。背部皮下に注入された場合も注入部位で脱囊し、背部筋肉を突破して胸腔に入り、肺へ侵入した。いずれも侵入部位から直線的に肺へ移行したわけである。肺へ移行する時期は大腿部筋肉に注入した場合、経口感染や背部皮下注入感染にくらべやや遅れた。これは大腿部筋肉などの組織突破に時間を要するためと思われる。しかし発育はいずれのものにおいても大きな差は認めなかった。このような報告は波部 (1975) が今回の成績の一部から報告している他、横川・末盛 (1919 a, b) が脱囊させたメタセルカリアは皮膚を穿通して感染することはないが、創面あるいは眼結膜から侵入しようとしている。他種肺吸虫では米良 (1951) が *P. ohirai*、および *P. iloktsuenensis* のメタセルカリアをラットの皮下に注入し感染を認めた他、橋口・武井 (1969)、Hashiguchi and Takei (1971) は *P. ohirai*、および *P. miyazakii* の臓器親和性をみるため、ラットの胸腔内にメタセルカリアを注入し、両種とも良く感染し、成熟したと報告している。以上の報告から、メタセルカリアは消化管以外の組織でも容易に脱囊し、組織突破能力がかなり強いことがわかる。非経口感染 (創傷あるいは粘膜面からの感染) は自然界で通常起こりうるとは思われないが、注意する必要がある。

### III. *P. westermani* の生活史

本虫の生活史は従来次のように考えられていた。終宿主から排出された虫卵は水中において発育し、ミラシジウムを形成する。これが光や温度などの刺激を受け、水中に遊出し、第 1 中間宿主である淡水産巻貝 *Semisulcospira libertina* (カワニナ) およびその近似種のものに侵入する。この中でスポロシスト、母レジア、娘レジアとなり、その中にセルカリアを形成する。これを淡水産カニが食べ、その体内でメタセルカリアとなる (横川, 1951)。これ以外に経皮感染も疑われ



ている(中川, 1957)が, 実証されていない。我国においては, 第2中間宿主にあたるものとして *Eriocheir japonicus* (モクズガニ), *Geothelphusa dehaani* (サワガニ), *Procambarus clarkii* (アメリカザリガニ)が明らかにされている。これらに寄生したメタセルカリアをイヌ, ネコ, ヒトなどの終宿主が食べることにより感染し, 2~3カ月後, 肺の虫嚢で成熟し, 虫卵を排出して来る。

しかし今回の実験で paratenic host を介して固有宿主へ感染する経路が明らかになった。また非固有宿主であるイノシシやラットから得た幼若虫体をラットに感染させ, 122~132日後に剖検を行なったところ, 感染が成立し, 回収された虫体の大部分は感染時のものと全くかわらなかつた (Tables 12, 13)。すなわち paratenic host 間の感染も可能であることを示した。今のところ, *P. westermani* の paratenic host にあたるものは自然界ではイノシシしか明らかにされていないが, 今後調査が進むに従い, 増加していくであろう。このような感染経路は有棘顎口虫の発育中にもみられ, paratenic host にあたるものが甲殻類, 魚類, 両棲類, 爬虫類, 鳥類, 哺乳類の中に多数みられる(菊池, 1956)。安藤 (1918) は *P. westermani* メタセルカリアの魚, カエルへの感染実験を行なったところ, 胃, 腸管内で数日生存していたが, 体内への侵入は認めなかつた。また今回の実験でニワトリへの感染は成立したものの, その割合は極めて低かつたことから, *P. westermani* の場合, paratenic host となりうる動物は哺乳動物に限られると思う。吸虫類でこのような発育史を持つものは *Alaria* 属の *Alaria* 亜属のものにみられるぐらいで極めて珍しい。しかしそれはメタセルカリア以前のメソセルカリアの時期に paratenic host を持つもので, *P. westermani* とは若干異なる (Allen, 1968; Olsen, 1974)。また *Paragonimus* 属の中で *P. westermani* と同様の生活史を持つものがあるかどうかは今後の研究を待たねばならないが, 日本産の他の4種, *P. ohirai*, *P. iloktsuenensis*, *P. miyazakii*, *P. sadoensis* のうち *P. ohirai*, *P. miyazakii* では種々の動物への感染実験が, 宮崎 (1940), 初鹿 (1967), 吉田 (1970), 橋口 (1973) らによつて行なわれ, これらの虫体が筋肉に侵入したまま発育を停止するとの報告はみられない。しかし著者の実験(未発表)では *P. ohirai*, *P. miyazakii* とともに筋肉に侵入する虫体を認め, とくに *P. miyazakii* では *P. westermani* と同様, 排泄嚢に排泄顆粒を持つ未熟な虫体をラット, モルモットおよびウサギから得ている。このこと

から *P. miyazakii* が自然界で paratenic host を持つ可能性はある。しかし *P. ohirai* ではこのような極めて未熟な虫体は全くみられず, その可能性は無いものと考えられる。また *P. iloktsuenensis*, *P. sadoensis* は生物学的特性が *P. ohirai* と類似しているため, ほぼ同様の結果が得られるものと思われる。

## 要 約

I. *P. westermani* の終宿主への感染経路を追究するため, 種々の動物にメタセルカリアを経口的に与え, 感染状況および発育を観察して以下の結果を得た。

(1) イヌとネコに対しては高率に感染し, 肺の虫嚢内で良く成熟した。また両動物体内での発育にはほとんど差がみられなかつた (Tables 1, 2, Figs. 1~6)。

(2) イノシシ, ブタ, ラット, マウス, ハムスター, モルモットおよびウサギでの投与メタセルカリア数に対する回収虫体数の割合はそれぞれ52.3%, 43.4%, 61.0%, 57.9%, 58.3%, 22.6%および34.4%とかなり高率であつた。ニワトリでは0.6%と低率であつたが, 感染を認めた。これらの動物体内における *P. westermani* の発育は不良で, 大部分のものが筋肉に侵入し, 発育を停止したまま長期間とどまることが明らかになつた。これらのいわゆる非固有宿主体内での虫体の形態はメタセルカリアに類似し, 排泄嚢に排泄顆粒を充満し, その大きさは圧平標本で体長1.0~1.5mmであつた。まれに肺や胸腔に移行した虫体および筋肉から回収した虫体の一部にはイヌ体内での35~40日目ものと同程度の発育をしたものもあつた。それ以上の発育を示したものは, ブタにおいて発育不良ながらも子宮内に虫卵を持つ虫体が2個体みられたにすぎなかつた (Tables 3~7, Figs. 9~22)。

(3) イノシシおよびブタでは幼若虫体は全身の筋肉にほぼ均一に分布していた (Table 4)。またそれらの肝臓の包膜下には白色の大豆大から碁石大(直径8~25mm)の扁平球状でボタン状に隆起した虫嚢の形成がみられた (Fig. 8)。

(4) 実験に供した動物のうちウサギは全例, マウスとハムスターでは約半数が肺吸虫感染により死亡した (Table 6)。

II. 非固有宿主(イノシシ)の筋肉から回収した *P. westermani* の幼若虫体は人工胃液および人工腸液に対し, 脱嚢メタセルカリアと同様あるいはそれ以上の抵抗力を示した, また比較的低い温度(5~10C)では長期間

の生存が可能であった (Tables 8, 9).

Ⅲ. 非固有宿主 (ブタ, イノシシおよびラット) の筋肉から回収した *P. westermani* の幼若虫体をイヌに経口的に与えたところ, 極めて高率に感染し, 肺に虫嚢を形成し, 成熟した. この感染での虫体の発育はメタセルカリアを感染させた場合と比較してより良好であった. また非固有宿主 (イノシシおよびラット) の筋肉から回収した虫体を再度非固有宿主 (ラット) に経口投与した場合も感染可能で, それらの虫体は筋肉内に侵入し, 少数のものをのぞき発育は全くみられなかった (Tables 10~13, Figs. 23~27).

Ⅳ. 仔イヌの大腿部筋肉あるいは背部皮下に *P. westermani* のメタセルカリアを25個ずつ注入し, 以下の結果を得た.

(1) メタセルカリアは注入部位の筋肉内あるいは皮下で脱嚢し, 肺へ直進的に移行した (Table 14, Figs 28, 29).

(2) 虫体の回収率は経口感染と同様あるいはそれ以上で, 虫体の発育もほとんど差がみられなかった (Tables 15, 16, Figs. 30, 31).

(3) 感染後60および100日後に筋肉や皮下から回収された虫体は全て未成熟で, とくに筋肉から得たものは通常発育の30~35日虫体と等しかった (Tables 15, 16, Fig. 32).

以上の実験結果から, *P. westermani* の終宿主への感染はカニ類に寄生するメタセルカリアを経口的に摂取する他に, paratenic host になる哺乳動物や鳥類を介しても成立することを明らかにした. このことは鹿児島, 宮崎両県下で問題になっていたイノシシ生食による感染説に確固たる実験的根拠を与えた. さらに paratenic host 相互間の感染も可能であったことは, 自然界においてもこのような生活環が普通に行なわれているものと推察できる. メタセルカリアの非経口的な感染が可能であったことは創傷感染の可能性を示すものである.

稿を終えるにあたり, 御教示, 御校閲頂いた福岡大学医学部宮崎一郎教授および麻布獣医科大学板垣博教授に深謝する. また本研究を行なうにあたりイノシシを供与下さった南九州病院乗松克政院長および池畑正明医師, 感染実験に協力頂いた博多保健所若月正年氏, および実験を行なうにあたり便宜をいただいた石井洋一教授に感謝する. 本論文は麻布獣医科大学審査学位論文である.

(本論文の要旨は第44回日本寄生虫学会大会において発表された. また一部を臨床と研究 (宮崎・波部, 1975) お

よび J. Parasit., (Miyazaki and Habe, 1976) に速報した.)

## 文 献

- 1) Allen, D. J. (1968): Life history of *Alaria marciana* (La Rue, 1917) Walton 1949 (Trematoda: Diplostomatidae). J. Parasit., 54, 324-332.
- 2) Ameel, D. J. (1932): Life history of the North American lung fluke of mammals. J. Parasit. 18, 267-291.
- 3) Ameel, D. J. (1934): *Paragonimus*, its life history and distribution in North America and its taxonomy (Trematoda: Troglotreematidae), Amer. J. Hyg., 19, 279-317.
- 4) 安藤 亮 (1915a): 肺ヂストマの研究 (第2回報告). 中外医事新報, 847, 827-840.
- 5) 安藤 亮 (1915b): 肺ヂストマの研究 (第3回報告). 中外医事新報, 851, 1109-1127.
- 6) 安藤 亮 (1917a): 肺ヂストマの研究 (第5回報告) 動物に於ける肺ヂストマの病理知見補遺. 中外医事新報, 884, 71-87. 885, 162-167. 886, 231-239. 887, 303-309. 888, 362-371. 889, 417-427.
- 7) 安藤 亮 (1917b): 肺ヂストマの研究 (第6回報告) 虫体の発育体制並に構造について. 中央医学会雑誌, 131, 42-116.
- 8) 安藤 亮 (1918): 肺ヂストマの発育循環と冷血動物との関係. 東京医事新誌, 2098, 2095-2104.
- 9) 安藤 亮 (1920a): 肺ヂストマの変則感染経路に関する研究補遺 (幼虫の経口的伝染に就て) (第4回報告). 東京医事新誌, 2163, 289-297.
- 10) 安藤 亮 (1920b): 肺ヂストマの小動物試験に関する研究続報. 医事新聞, 1052, 963-994. 1054, 1110-1133.
- 11) Fan, P. C. and Hsu, J.: (1965) Experimental transfer of *Paragonimus* infection from small to large carnivorous hosts by feeding. Chinese Med. J., Republic of China, 12, 55-67.
- 12) Fan, P. C. and Khaw, O. K. (1964): Can rodents play a role in infecting domestic carnivorous animals, cats and dogs with *Paragonimus westermani*. Selected papers, National Defense Medical Center, 30-33.
- 13) Fan, P. C. and Khaw, O. K. (1965): On the age of *Paragonimus* worms suitable for experimental transfer of infection from small to large carnivorous hosts by feeding. Chinese Med. J., Republic of China, 12, 132-140.
- 14) 波部重久 (1975): 肺吸虫 *Paragonimus westermani*

- rmani* の非経口感染. 麻布獣医大研究報告, 30, 83-104.
- 15) 橋口義久・武井次雄 (1969): 大平肺吸虫メタセルカリアのダイコクネズミ胸腔内注入による虫体の移行および発育. 寄生虫誌, 18, 459-465.
  - 16) Hashiguchi, Y. and Takei, T: (1971) Experimental transplantation of *Paragonimus miyazakii* metacercariae into the pleural cavity of albino rats. Jap. J. Parasit., 20, 67-71.
  - 17) 橋口義久 (1973): 鼠類と肺吸虫の宿主寄生体関係に関する生物学的研究. 高知大学学術研究報告, 22, 自然科学, 3, 27-102.
  - 18) 初鹿 了 (1967): 宮崎肺吸虫 *Paragonimus miyazakii* Kamo, Nishida, Hatsushika et Tomimura, 1961 の生物学的特徴に関する研究. 米子医誌, 18, 241-271.
  - 19) 一瀬仁郎・鬼塚恵一郎 (1973): 猪肉生食により感染したと思われる肺吸虫症 6 例. 日内会誌, 62, 503.
  - 20) 一色於菟四郎・富村 保 (1953): 豚における肺吸虫症 (*Paragonimus westermani* 自然感染) の病理組織学的研究. 浪速大紀要, B. 3, 37-59.
  - 21) 亀谷 了・野々部春登・市原醇郎・二瓶英二郎・亀谷俊也・加藤和子 (1964): 豚肺吸虫症に関する研究. 寄生虫誌, 13, 51-59.
  - 22) 河村 了 (1916): 肺ヂストマ感染試験中に偶然実験せる変則なる感染経路. 東京医事新誌, 1986, 7-12.
  - 23) 河村 了 (1917): 家畜における肺ヂストマの感染実験. 第4次牛疫血清製造所年報, 附録, 7-14.
  - 24) 菊池 正 (1956): 有棘顎口虫の分布調査ならびに感染経路に関する実験的研究. 医学研究, 26, 2943-2970.
  - 25) 衣笠 勝 (1939a): 新竹州下の肺ヂストマ症に関する研究. 第1報, 小公学校児童の肺ヂストマ症に就て. 台湾医誌, 38, 277-289.
  - 26) 衣笠 勝 (1939b): 新竹州下の肺ヂストマ症に関する研究. 第2報, 新竹州下住民の肺ヂストマに就て. 台湾医誌, 38, 1445-1451.
  - 27) 衣笠 勝 (1940): 新竹州下の肺ヂストマ症に関する研究. 第3報, 新竹州下蕃童教育所児童に於ける肺ヂストマ症に就いて. 台湾医誌, 39, 227-239.
  - 28) Komiya, Y., Yokogawa, M., Shichijo, K., Nishimiya H., Suguro, K. and Yamaoka, K. (1953): Studies on paragonimiasis in Shizuoka Prefecture (1) An epidemiologic survey of *Paragonimus westermani* along the banks of the Kano River. Jap. J. Med. Sci. Biol., 5, 341-350.
  - 29) Kwo, E. H. and Miyazaki, I. (1968): *Paragonimus westermani* (Kerbert, 1878) from tigers in North Sumatra, Indonesia. J. Parasit., 54, 630.
  - 30) 米良利己 (1951): 大平肺吸虫幼虫の生物学的研究. 医学研究, 21, 509-516.
  - 31) 宮崎一郎 (1940): *Paragonimus ohirai* Miyazaki, 1939 (大平肺吸虫) の動物実験成績. 福岡医誌, 33, 336-344.
  - 32) 宮崎一郎 (1946): 肺吸虫に関する研究, XII. 大平肺吸虫とウェステルマン肺吸虫との白鼠体内における発育比較. 鹿児島医専学術報告, 2, 17-21.
  - 33) 宮崎一郎・石井洋一・菊池 正 (1954): 大平肺吸虫の新しい終宿主. 寄生虫誌, 3, 177-179.
  - 34) Miyazaki, I. and Fontan, R. (1970): Mature *Paragonimus heterotremus* found from a man in Laos. Jap. J. Parasit., 19, 109-113.
  - 35) Miyazaki, I. (1972): Lung flukes in the western hemisphere. Overseas Technical Cooperation Agency, Japan Medicine, 11-86.
  - 36) Miyazaki, I. (1974): Lung flukes in the world, morphology and life history. A Symposium on Epidemiology of Parasitic Diseases. International Medical Foundation of Japan, 101-135.
  - 37) 宮崎一郎・波部重久 (1975): 人体肺吸虫症の新しい感染経路. 臨床と研究, 52, 3606-3609.
  - 38) Miyazaki, I. and Habe, S. (1976): A newly recognized mode of human infection with the lung fluke, *Paragonimus westermani* (Kerbert, 1878). J. Parasit., 62, 646-648.
  - 39) 宮崎一郎・広瀬浩士 (1976): イノシシの筋肉から発見された肺吸虫の幼虫. 日本医事新報, 2718, 43-44.
  - 40) Miyazaki, I. and Hirose, H. (1976): Immature lung flukes first found in the muscle of the wild boar in Japan. J. Parasit., 62, 836-837.
  - 41) 宮崎一郎・木船悌嗣・寺崎邦生・岩田久寿郎・広瀬浩士 (1976): 若いウェステルマン肺吸虫—イノシシの筋肉に自然感染—. 日本医事新報, 2748, 23-25.
  - 42) 森田平八郎・一色於菟四郎・富村 保 (1954): 豚肺吸虫症の病理組織学的研究. (第3報), 日本獣学誌, 16, (学会号), 62-63.
  - 43) 森安連吉 (1916): 肺二口虫病. 朝鮮医誌, 16, 201-244.
  - 44) 長花 操 (1935): 獅子に寄生せし肺吸虫の1例について. 附, 肺吸虫の皮棘の形と其の種別との関係. 朝鮮医誌, 25, 879-885.
  - 45) 中川晃子 (1957): 幼モクズガニにおける肺吸虫メタセルカリアの寄生状況. 医学と生物学, 43, 29-63.
  - 46) 中川幸庵 (1915a): 肺二口虫中間宿主発見概報. 東京医事新誌, 1910, 464-469.

- 47) 中川幸庵 (1915b) : 肺ヂストマの發育に関する研究. (第2報), 最終宿主体内に於ける肺ヂストマの移行路に就て. 中外医事新報, 845, 715-719.
- 48) 中川幸庵 (1915c) : 肺ヂストマの發育に関する研究, 1. 肺ヂストマ幼虫の第2中間宿主体内侵入及び射出路に就いての感想, 2. 肺ヂストマ幼虫の習性及び抵抗力に就いて. 中外医事新報, 850, 1035-1043.
- 49) 中川幸庵 (1915d) : 肺ヂストマの研究. 日新医学, 5, 723-775.
- 50) 乗松克政・有川憲蔵・池畑正明 (1975) : 最近の肺吸虫症. 臨床と研究, 52, 1046-1051.
- 51) 大石純一・斉藤美知 (1952) : 芝浦屠場にて検出せる肺吸虫に就いて. 獣医畜産新報, 91, 644-646.
- 52) Olsen, O. W. (1974) : Animal parasites, their life cycles and ecology: 3rd ed. University Park Press, Baltimore.
- 53) 恩知与策 (1918) : 肺ヂストマは本来蟹を捕食する野獣間の疾病なり, 第1報. 東京医事新誌, 2068, 4-10
- 54) 鈴木重一 (1958) : 南伊豆地方に於ける肺吸虫感染の疫学的研究. 寄生虫誌, 7, 560-572.
- 55) 滝沢明祐 (1964) : ウェステルマン肺吸虫 *Paragonimus westermani* (Kerbert, 1878) Braun, 1878) Braun, 1899 の好適及び非好適宿主体内における發育について. 寄生虫誌, 13, 181-199.
- 56) Tang, C. C. : (1940) A comparative study of two types of *Paragonimus* occurring in Fukien, South China. Chinese Med. J. Suppl. 3, 267-291.
- 57) 徳留信寛・西住昌裕・池田正人・古野純典・自見正三郎・長山淳哉・波部重久・広瀬浩士・林栄治・倉恒匡徳 (1977) : ウェステルマン肺吸虫の新しい感染経路に関する疫学的研究. 日本公衛誌, 24, 31-36.
- 58) Wu Kuang (1939) : *Paragonimus* among leopards and tigers in China. Peking Nat. Hist. Bull., 13, 231-245.
- 59) 横川宗雄 (1951) : 肺吸虫幼虫の生態. 特に第二中間宿主への移行経路に関する研究. (第1, 第2) 肺吸虫幼虫成熟セルカリアの第2中間宿主への移行路及びその体内に於ける發育. 臨床医学, 36, 43-53. 253-262. 413-424.
- 60) 横川宗雄 (1952) : 肺吸虫の疫学. 公衆衛生, 2, 19-25.
- 61) 横川宗雄・吉村裕之・鈴木重一 (1957) : ウェステルマン肺吸虫 (*Paragonimus westermani* Kerbert, 1878) の狸における感染実験. 東京医事新誌, 74, 533-534.
- 62) 横川宗雄 (1961a) : 肺吸虫の終宿主体内における發育. 終宿主体内移行経路に関する新知見を中心として. 日本医事新報, 1963, 19-25.
- 63) 横川宗雄 (1961b) : 肺吸虫の疫学. 日本公衛誌, 8, 450-456.
- 64) Yokogawa, M., Yoshimura, H., Sano, M., Okura, T. and Tsuji, M. (1962) : The route of migration of the larva of *Paragonimus westermani* in the final hosts. J. Parasit., 48, 525-531.
- 65) 横川宗雄・荒木国興・斉藤祺一・百瀬達也・木村満・鈴木昭次・千葉直彦・久津見晴彦・栗袋勝 (1974) : 最近関東地方に多発した宮崎肺吸虫症について, 一特に血清学的診断について一. 寄生虫誌, 23, 167-179.
- 66) 横川 定 (1915) : 肺ヂストマの動物体内に於ける移行路に就て. 第一, 第二, 第三報. 東京医事新誌, 1920, 987-990. 1922, 1083-1089. 1934, 1742-1750.
- 67) 横川 定 (1916) : 肺ヂストマ(パラゴニウムス・ウェステルマニ) の終宿主体内に於ける伝播路の研究. 日新医学, 6, 323-370.
- 68) 横川 定 (1918) : 肺ヂストマの研究拾遺. その1. 肺ヂストマの發育史に関する研究. 岡山医誌, 343, 123-131.
- 69) 横川 定・末盛 進 (1919a) : 肺ヂストマの研究拾遺. (其3) 肺ヂストマの異常感染経路に関する研究. 岡山医誌, 345, 103-112.
- 70) 横川 定・末盛 進 (1919b) : 肺ヂストマの研究拾遺. (其5) 眼窩内に送入したる肺ヂストマの胸腔内に移行する経路に就て. 岡山医誌, 354, 1-3.
- 71) 吉田貞雄 (1916) : 肺臓ヂストマの幼虫包に就いて. 大阪医誌, 15, 85-100.
- 72) 吉田哲夫 (1970) : 宮崎肺吸虫 *Paragonimus miyazakii* の実験小動物への感染実験. 特に宿主寄生虫関係について. 寄生虫誌, 19, 76-91.

**Abstract**

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE MODE OF HUMAN INFECTION WITH  
THE LUNG FLUKE, *PARAGONIMUS WESTERMANI* (KERBERT, 1878)

SHIGEHISA HABE\*

(*Department of Parasitology, Faculty of Medicine Kyushu  
University, Fukuoka 812, Japan*)

It is well-known that the human infection with lung flukes is caused by ingesting the living metacercariae parasitic in fresh water crabs and/or crayfish. Recently, however, it was noted in the southern part of the Kyushu district that many cases of human paragonimiasis seemed to be caused by eating raw flesh of wild boars and a new mode of infection was suspected.

Accordingly, the development of *Paragonimus westermani* (Kerbert, 1878) was examined in a variety of animals including wild boars and the mode of human infection was discussed in the present studies.

I. Experimental oral infection of a variety of animals with metacercariae :

Fourteen dogs, 2 cats, 3 pigs, 2 wild boars (*Sus scrofa leucomystax*), 5 rats, 7 mice 7 hamsters, 4 guinea pigs, 4 rabbits and 5 hens were each orally infected with 20 to 1,800 metacercariae of *P. westermani* and were necropsied 2 to 331 days after infection.

(1) The average recovery rate of worms was 81.9% in dogs, ranging from 56.0 to 96.0% at days 2 to 185 after infection, and 96.0% in cats. Most of the worms were found in the cysts of the lungs after 40 days of infection and were fully grown and matured in these hosts, which are favorable hosts for *P. westermani*.

(2) The average recovery rates of worms were 43.4, 52.3, 61.0, 57.9, 58.3, 22.6, 34.4 and 0.6% in pigs, wild boars, rats, mice, hamsters, guinea pigs, rabbits and hens, respectively, and most (66.7-99.4%) of them was obtained from the muscle. The worms distributed widely in the muscles of pigs and wild boars. An absolute majority of the worms recovered from the muscle had the excretory bladder filled with numerous granules, and a small stylet was still seen in some of them. The worms measured 1.0-1.5 by 0.5-0.6 mm, being slightly larger than the metacercariae. The worms removed from the abdominal and pleural cavities, liver, lungs and a small number of flukes from the muscle, were 3 to 4 mm in length.

(3) The livers of the pigs, except one minipig, and wild boars had 1 to 31 wormcysts swelling button-like on the surface and about a half of them contained one immature worm. Each of the pulmonary wormcysts of minipigs also had one worm and the worms obtained from them were sexually matured.

(4) All of the rabbits and about a half of the mice and hamsters died of adhesive pleurisy and acute pneumonia caused by the parasites 23 to 71 days after infection. A small number of worms was found in the pleural cavity of these animals.

II. Longevity of immature flukes in digestive juices and Ringer's solution :

A majority of the immature worms from the muscle of wild boars could be kept alive in gastric and intestinal juices for 8 and 20 hours, respectively, and moreover, they survived a month in Ringer's solution at a low temperature of 5 to 10 C.

### III. Experimental oral infection with juvenile flukes :

Twenty five to 100 juvenile worms recovered from the muscle of the unfavorable hosts such as the pig, wild boar and rat were orally given to each of 12 dogs and 15 rats, and these animals were necropsied 15 to 132 days after infection. This experiment was made to clarify the mode of infection of *P. westermani* among mammals to obtain the following results.

(1) The recovery rate of worms ranged from 32 to 94% in dogs. Most of the worms were found in the cysts of the lungs 64 days after infection and most of them almost fully matured. These worms were more developed than those obtained on the same day after oral infection with metacercariae.

(2) The average recovery rate of worms was 12.6% in rats, and the majority of them was collected from the muscle. Their size were completely the same to those orally inoculated, except one mature worm from a cyst in the lung.

### IV. Parenteral infection with metacercariae :

In order to elucidate the possibility of the parenteral infection with *P. westermani*, 25 metacercariae were injected into each dog at the thigh muscle or subcutaneous tissue of the back. Necropsy of the dogs from 2 to 185 days after infection revealed the following results.

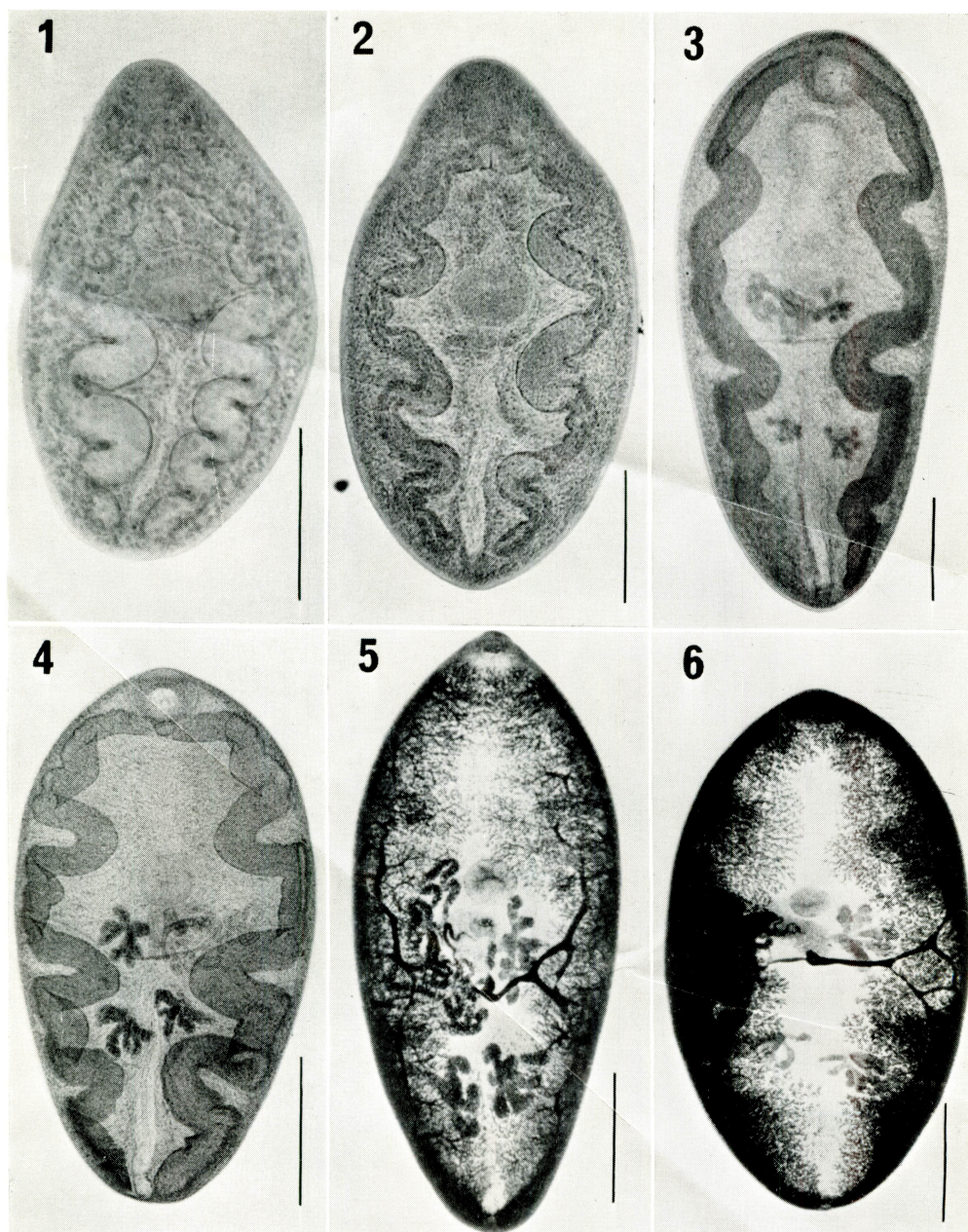
(1) The worms reached the lung after excystation in the muscle or hypoderm. The average recovery rate of worms was 86.6% in the case of intramuscular injection and 84.4% in hypodermic injection.

(2) The worms in the case of parenteral injection were similar in development to those in oral infection, though the worms recovered from the muscle, 60 and 100 days after injection were underdeveloped.

Consequently, the present experiments revealed that several kinds of animals could play a role as the paratenic host of *P. westermani* and that man could be infected with the fluke by eating not only raw or undercooked fresh-water crabs and/or crayfish with metacercariae, but also raw flesh of paratenic hosts such as wild boars and pigs infected with them. This mode of infection may take place commonly among animals in nature, and further, the metacercariae of the lung fluke might infect final hosts through the wounds on the skin.

\*Present address : Department of Parasitology, School of Medicine, Fukuoka University, Fukuoka 814, Japan





#### Explanation of Figures

- Fig. 1 Immature worm from intestinal wall of dog ; 2 days after infection (scale : 0.2mm).  
 Fig. 2 Immature worm from liver of dog ; 10 days after infection (scale : 0.4mm).  
 Fig. 3 Immature worm from pleural cavity of dog ; 25 days after infection (scale : 0.5mm).  
 Fig. 4 Immature worm form cyst in lungs of dog ; 40 days after infection (scale : 1 mm).  
 Fig. 5 Mature worm from cyst in lungs of dog ; 60 days after infection (scale : 2 mm).  
 Fig. 6 Mature worm form cyst in lungs of cat ; 100 days after infection (scale : 2 mm).



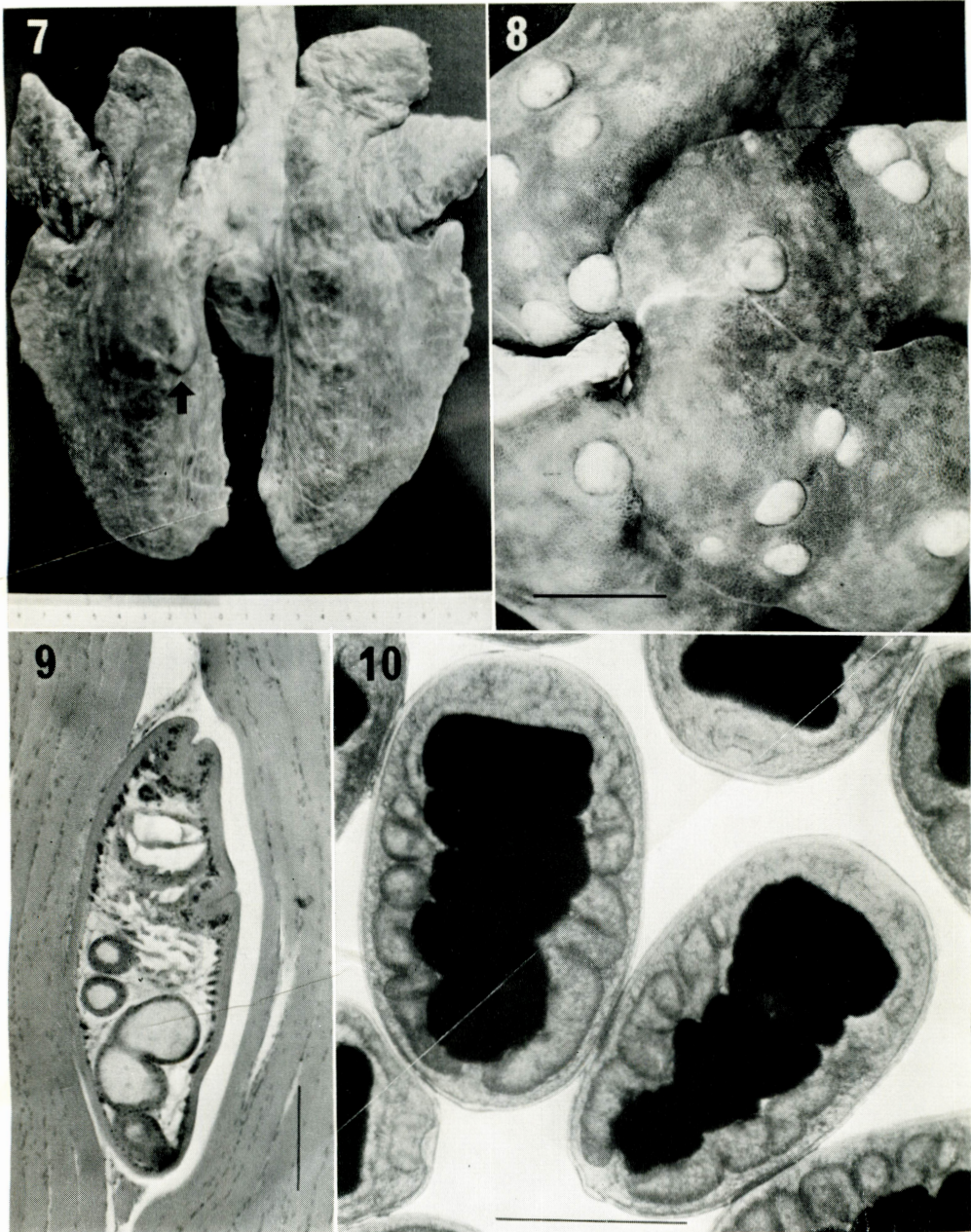


Fig. 7 Lungs of pig No. 2; 140 days after infection with 500 metacercariae. Showing only one worm cyst (arrow) containing a lung fluke (Fig. 16).

Fig. 8 Liver of pig No. 1; 115 days after infection. Button-like worm cysts elevated on the surface, measuring about 8 to 25mm (scale: 5 cm).

Fig. 9 Vertical section of immature worm in the muscle of wild boar No. 2, stained with hematoxylin-eosin (scale: 0.2mm).

Fig. 10 Living immature worms from muscle of pig No. 2, the excretory bladder being filled with numerous granules (scale: 0.5mm).



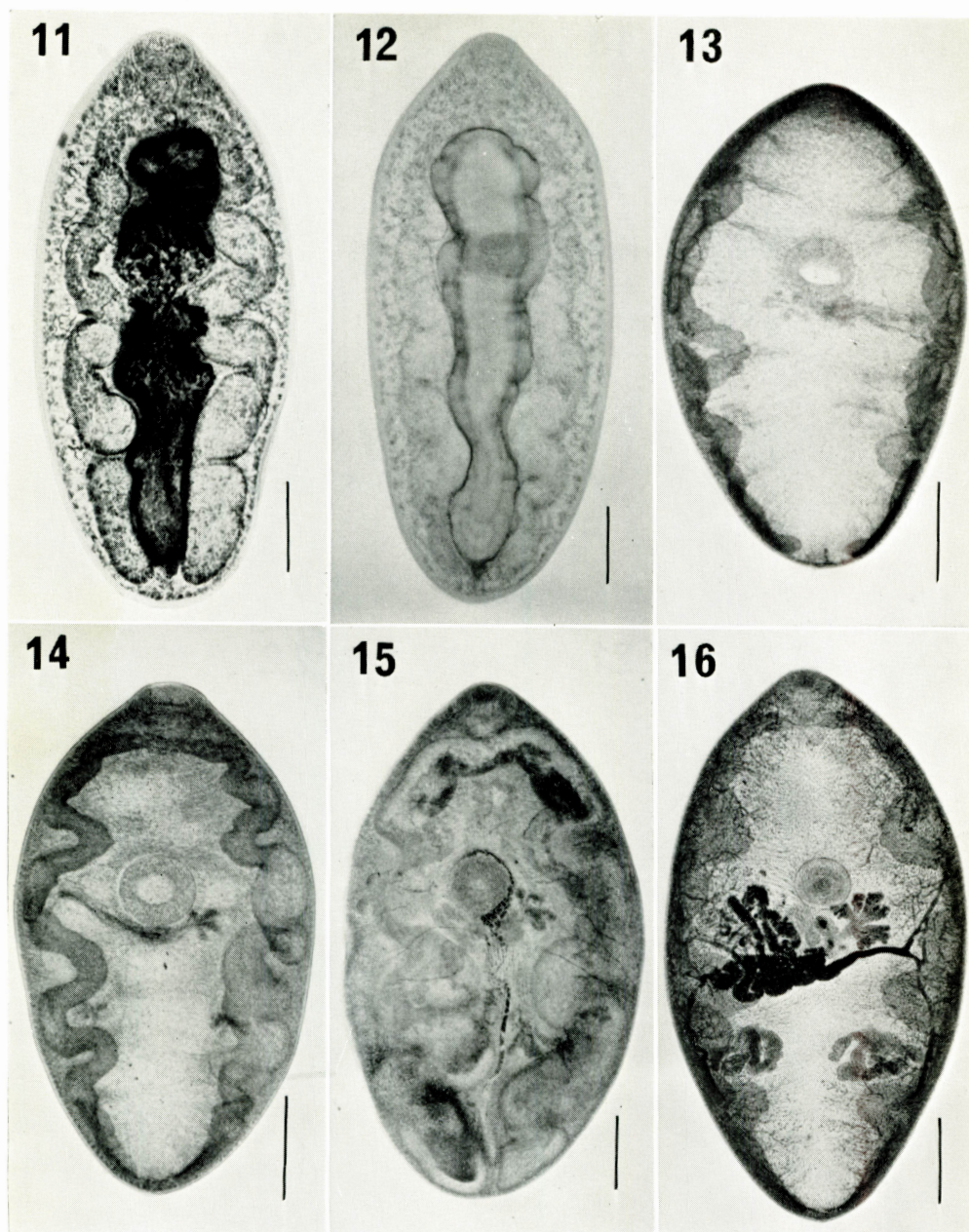


Fig. 11 Immature worm from muscle of pig No. 1 (scale : 0.2mm).

Fig. 12 Immature worm from muscle of wild boar No. 1; 123 days after infection (scale : 0.2mm).

Fig. 13 Immature worm from muscle of pig No. 1 (scale : 0.5mm).

Fig. 14 Immature worm from cyst in liver of pig No. 1 (scale : 0.5mm).

Fig. 15 Immature worm from pleural cavity of wild boar No. 1 (scale : 0.5mm).

Fig. 16 Almost matured worm from cyst in lungs of pig No. 2, having undergrown vitelline glands and a few eggs in uterus (scale : 1 mm).



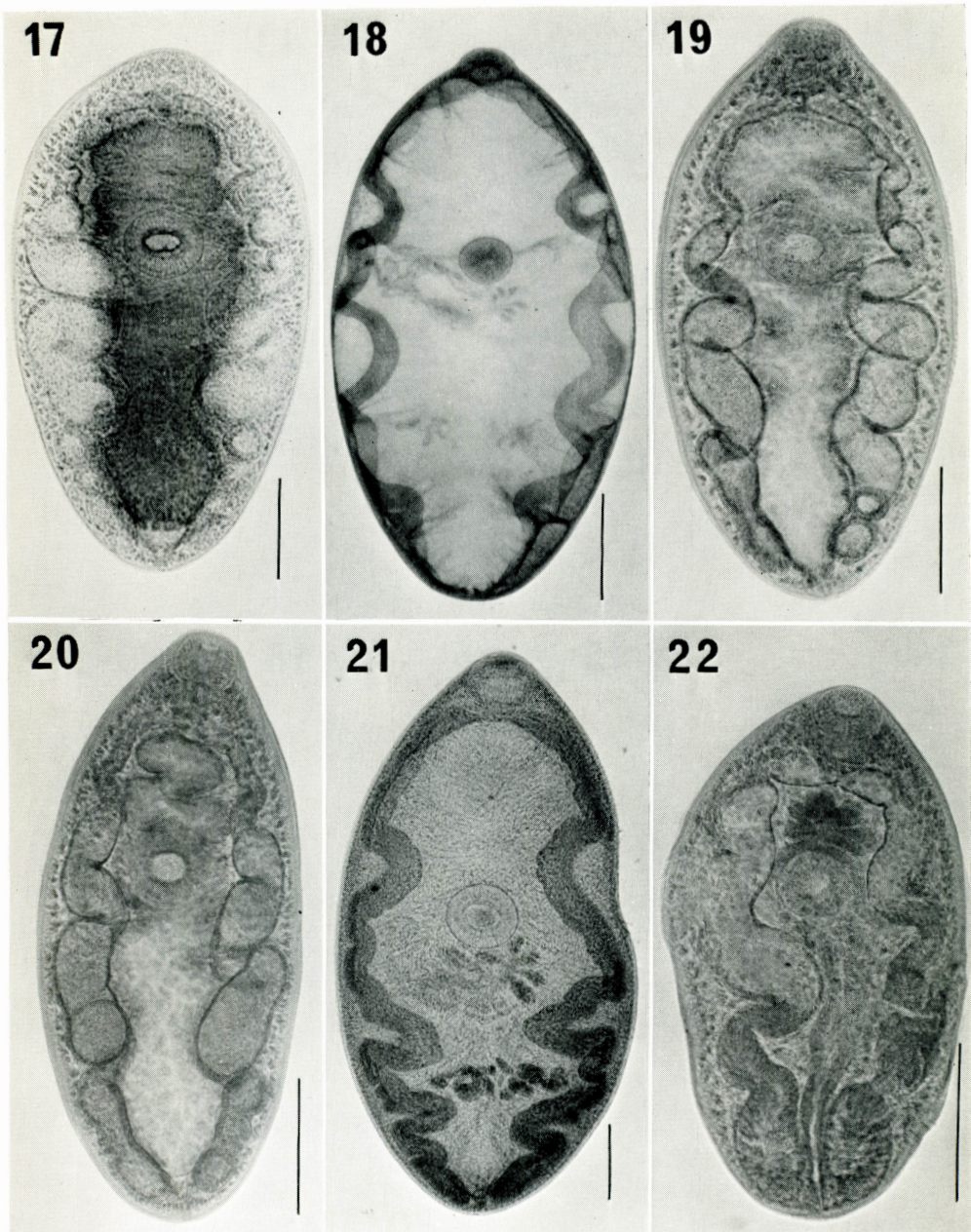


Fig. 17 Immature worm from muscle of rat ; 100 days after infection (scale : 0.2mm).

Fig. 18 Immature worm from cyst in lungs of rat ; 100 days after infection (scale : 1 mm).

Fig. 19 Immature worm from muscle of mouse ; 82 days after infection (scale : 0.2mm).

Fig. 20 Immature worm from muscle of rabbit ; 59 days after infection (scale : 0.2mm).

Fig. 21 Immature worm from pleural cavity of rabbit ; 59 days after infection (scale : 0.5mm).

Fig. 22 Immature worm from muscle of hen ; 68 days after infection (scale : 0.2mm).



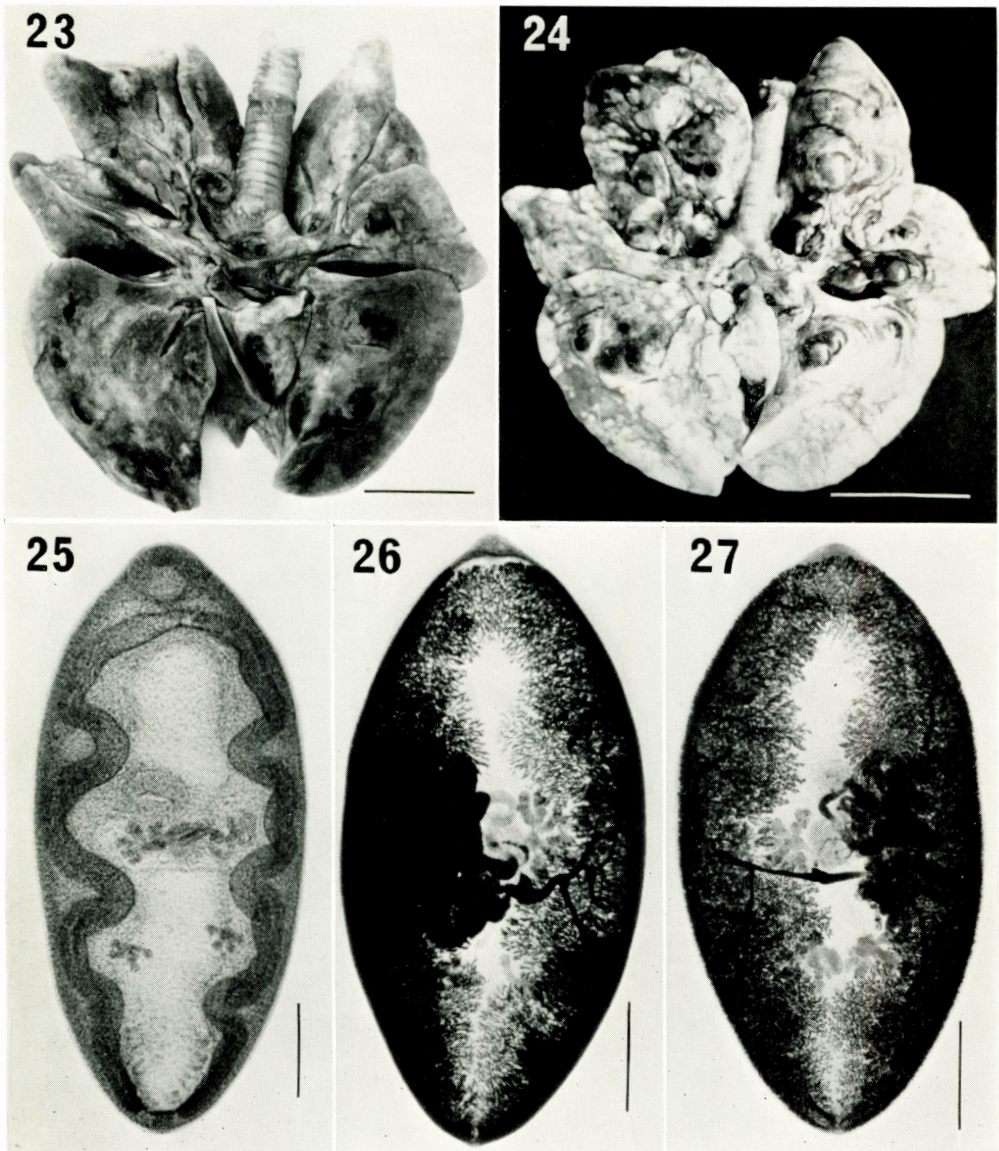


Fig. 23 Lungs of dog ; 64 days after infection with 100 immature worms from muscle of wild boar, showing many worm cysts on the surface of lungs (scale : 5 cm).

Fig. 24 Lungs of dog ; 100 days after infection with 100 immature worms from muscle of pig, showing many worm cysts on the surface of lungs (scale : 5 cm).

Fig. 25 Immature worm from pleural cavity of dog ; 25 days after infection with immature worms from muscle of pig (scale : 0.5mm).

Fig. 26 Mature worm from cyst in lungs of dog ; 100 days after infection with immature worms from muscle of pig (scale : 2 mm).

Fig. 27 Mature worm from cyst in lungs of dog ; 80 days after infection with immature worms from muscle of wild boar (scale : 2 mm).



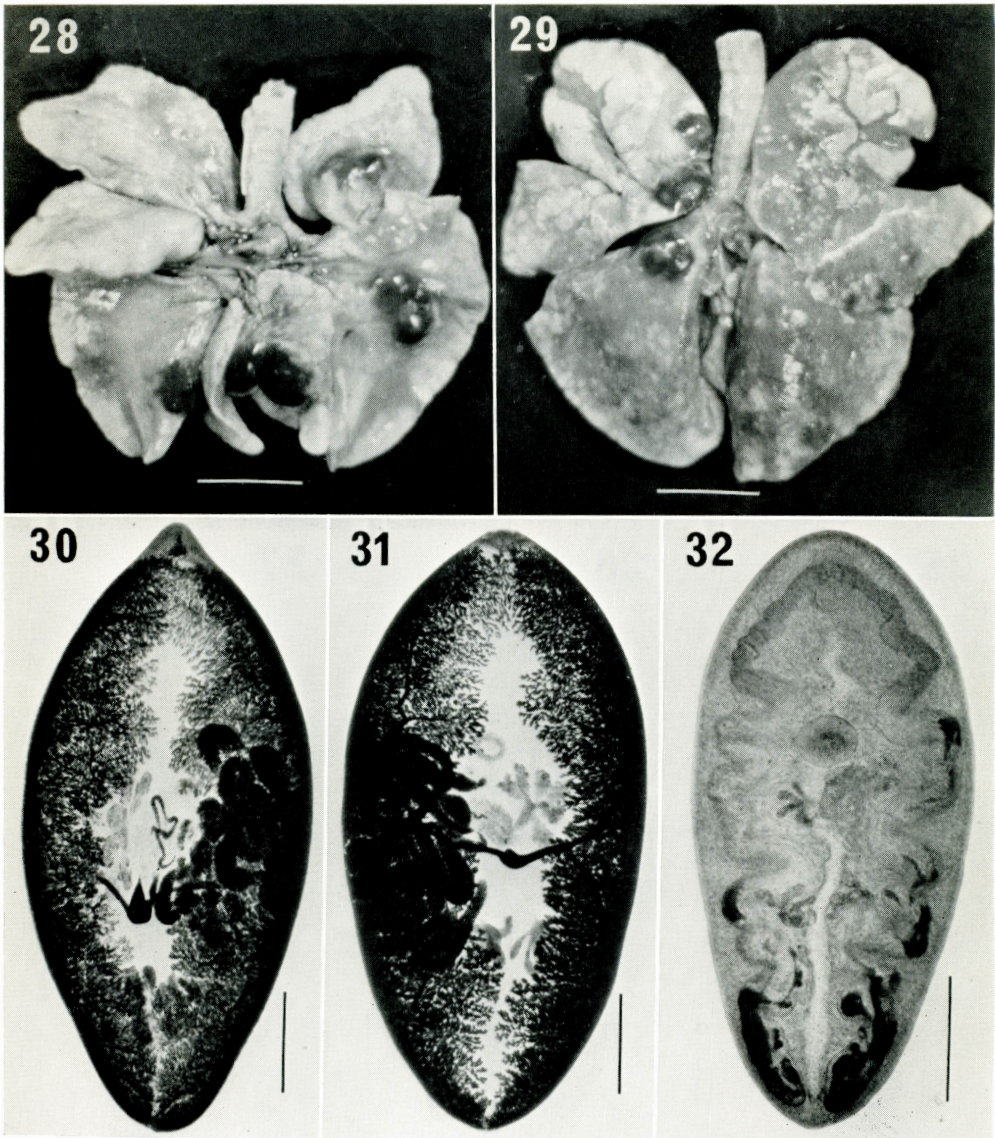


Fig. 28 Lung of dog; 60 days after intramuscular injection, showing 7 worm cysts (scale: 2 cm).

Fig. 29 Lungs of dog; 60 days after hypodermic injection, showing 4 worm cysts (scale: 2 cm).

Fig. 30 Mature worm from cyst in lungs of dog; 100 days after intramuscular injection (scale: 2 mm).

Fig. 31 Mature worm from cyst in lungs of dog; 100 days after hypodermic injection (scale: 2 mm).

Fig. 32 Immature worm from muscle of dog; 100 days after intramuscular injection (scale: 1 mm).