

蛔虫のガラス管内挙動におよぼす pH の影響について

李 玉 葉

大阪大学微生物病研究所寄生虫原虫学部 (部長 森下薫教授)

(昭和34年5月6日受領)

まえがき

伏見ら(1958 a,b) は、蛔虫のガラス管内の挙動と、これにおよぼすサントニンの影響を、腸内 pH として、もつとも頻度の高い約 6.5 の 1% 食塩水中で観察してきた。小林ら(1951) の Locke 改変液の場合も、pH は同様である。

しかしながら、蛔虫は、広い pH の変動域をもつ腸内のみならず、胃にも寄生するものであるから、そのガラス管内の挙動について考えるには、充分広い pH 域について観察を行う必要がある。このことは、ガラス管内の挙動におよぼす薬物の影響をみる場合にも、是非必要なことである。

どの範囲の pH を考慮に容れればよいかということについては、次のように考えた。すなわち、伏見(1956)の引用した Karr *et al.* (1955) によれば、廻腸以上の腸内 pH は、最小 2.6、最大 7.9 であり、胃の pH は、3~5 の範囲と考えられる。従つて、生理的条件よりすれば、pH の 3~8 の間を考慮すればよいこととなるが、対照の意味も加えて、この範囲の両側の pH 2 と 10 についても検討してみることとした。

そこで、今回は、pH の 2, 4, 6.5, 8, 10 の 5 種の条件について、蛔虫の挙動を比較観察することとしたのである。

こういう観察の結果、相当明確な結論が得られたように思われるとともに、伏見ら(1958 a,b, 1959) の二三の推定が、より確実なものになったと考えられるので、ここに報告することとする。

LEE OKYOB: On the behaviour of *Ascaris lumbricoides* from swine in a glass tube under the influence of the various values of pH (Department of Parasitology, Research Institute for Microbial Diseases, Osaka University)

観察方法

伏見ら(1958 a,b) の条件と殆んど同じ方法によつた。すなわち、次の通りである。

1) ガラス管の径その他は、伏見ら(1958 a) と同様である。

2) 液温は、 38 ± 0.5 °C。

3) 伏見ら(1958 a) と同様な条件のもとに、ブタ蛔虫を用いた。標本の偏りをさけるため、1日の使用虫数を少くしたことは同様であるが、たゞ、今回は、それらの虫を、まず、対照である pH 6.5 の食塩水中に入れて、その挙動を観察、記載し、ついで、供試 pH の食塩水中に入れ、挙動を観察、記載した。たゞし、pH 2 の場合は、今まで通りに、虫を二分して、両条件の観察を行つた。

4) 蛔虫は、20~30 cm の雌に限定した。

5) 運動様式の種類も、大体、伏見ら(1958 a,b) と同様である。

6) 所定 pH の調整には、緩衝液は用いず、酸性側は塩酸により、アルカリ性側は、pH 8 は炭酸水素ナトリウム、pH 10 は炭酸ナトリウムによつた。緩衝液を用いなかつたのは、等滲透圧緩衝液を用いると、関与イオンの種類や量が、1% 食塩水の場合とすつかり変つてくるので、そういうイオンの種類や量による影響をあらためて考えねばならぬということと、生理的条件にも近いということのためである。

pH の値は、とくに厳密なものではなく、0.2 までの誤差はありうる。

7) 観察時間は、原則として、30 分間と定めた。

8) 液は、一隻毎に更新した。

観察成績

第1表の通りである。

第 1 表 蛔虫の各種運動様式の出現と飼養液 pH との関係

蛔虫様式	虫動式	pH 2		有意性		pH 6.5		pH 4		有意性		pH 6.5		pH 8		有意性		pH 6.5		pH 10		有意性		pH 6.5	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
例	数	65		49		65		65		70		70		70		70		70		70		70		70	
前進波動		58	89.3	>	5	10.2		8	12.3	—	10	15.4		13	18.6	>	7	10.0		32	45.7	>	4	5.7	
前進		14	21.6	>	2	4.1		0	0	—	0	0		1	1.4	—	1	1.4		0	0	—	7	10.0	
連続前進		9	13.8	>	0	0		1	1.5	—	0	0		0	0	—	1	1.4		5	7.1	—	0	0	
移動		19	29.2	>	6	12.2		8	12.3	—	9	13.8		20	28.6	>	6	8.6		25	35.6	>	13	18.6	
後方波動		18	27.7	<	31	63.2		42	64.6	—	49	75.4		34	48.6	—	30	42.9		34	48.6	<	52	74.3	
方向変換		59	90.7	>	27	55.1		40	61.5	—	45	69.3		44	62.9	—	37	52.9		48	68.6	—	43	61.4	
∞字波		22	33.9	—	10	20.4		7	10.7	—	4	6.2		7	10.0	—	1	1.4		8	11.4	—	8	11.4	
もつれ		59	91.8	>	27	55.1		38	58.5	—	39	60.0		36	55.7	—	37	52.9		42	60.0	>	35	50.0	
静止伸展		15	23.1	—	16	32.6		12	18.5	—	12	18.5		22	31.4	—	31	44.3		5	7.1	—	19	27.2	
動揺		4	6.2	—	3	6.1		0	0	—	0	0		1	1.4	—	1	1.4		4	5.7	—	1	1.4	
その他		6	9.2	—	1	2.0		2	3.1	—	11	17.0		7	10.0	—	4	5.7		4	5.7	—	3	4.3	

各運動様式の出現百分率の信頼限界は、記載してないが、その理由は、本観察の目的が、各試験条件の pH 下における挙動を、対照である pH 6.5 の場合と比較することであり、pH 2 の場合を除き、各 pH 下におけるものと、対照である pH 6.5 におけるものとは、同一蛔虫を用いたからである。

1) pH 2 の場合

第 1 表を一見してわかるように、pH 6.5 の場合と全く異り、もつれ及び方向変換が見られ、前進虫、連続前進虫も、対照より著しく多い。

後方波も、対照より減少しているが、その大部分は、虫を液に入れた直後に見られるものであり、pH 2 の液中では、後方波は、殆んど見られないものと考えてよい。

各種運動様式の発現率が、上記の通りであるが、その質的面を見ると、次のようである。

もつれは、pH 6.5 の場合内ものに較べ、非常にはげしく、螺旋形、わらび形、縄をなつたような形のものなどが多く見られる。

方向変換も、pH 6.5 に較べて、回数が多く、行動も速い。

連続前進は、5~6 回づつて行くものが多く、停止した時は、はげしいもつれが見られる。

静止伸展、∞字波等の発現率には、pH 6.5 の場合と差異はみとめられないが、静止伸展も、伸展という字義にそわない、もつれたまま静止するものが多く、∞字波も、活潑で、何回もくりかえす。

要するに、pH 2 では、後方波が前進波にかわり、しかも、その発現率が非常に大きくなり、前進的傾向が極めて大きく、運動が全般的にはげしく、苦悶するかのようになり、メチャクチャにもつれたり、方向変換、∞字波を呈するといえる。

一日後には、虫は死亡する。

2) pH 4 の場合

各種運動の発現率からも、その質からも、pH 6.5 の場合との差異は、みとめられないようである。一日後にも、虫は充分生きている。

3) pH 8 の場合

各種運動の発現率には、pH 6.5 の場合と、差異は殆んど見られないが、たゞ、後方波が少々ギョチナイように見えることと、前進波と前方への移動とが、少々増加していることが異つている。

4) pH 10 の場合

後方波が減少し、前進波と前方への移動ならびにもつれが増加している。このうち、後方波は、液に入れた直後に見られたものであり、すぐ前進波に変つている。はじめから前進波を示した虫は殆んどない。

要するに、pH 10 では、pH 2 の場合ほど顕著ではないが、それと同様な傾向を示しているといえよう。

考察と結論

以上の成績からみると、次のようにいえるであろう。すなわち、pH 4 では、pH 6.5 と全然差異は見られないし、pH 8 では、pH 6.5 に較べ、少し差異がでてき

ているようであるから、pH 3あまりから、pH 8 たら
ずまでの間では、ガラス管内、静止水中のフタ
の運動は、ノーマルであつて、差異がみられ
ないといえるであらう。

この知見について、面白いことは、まえおき
のもの、Karr らによつて正しく測定された腸
管内 pH との関係である。すなわち、ヒトの
場合には、Karr らによれば、廻腸以上では
空腹時の pH は 2.64~7.8 であり、6.5 前後
が多く、食物摂取時のそれは、3.6~7.9 であ
る。すなわち、蛔虫の寄生部位の pH は、3 ぐ
らいから 8 たらずまでの間にあるということに
なる。

フタは、草食性に近い雑食性の哺乳動物で
あり、完全な家畜であるから、その腸内 pH は、
ヒトに近いものと見なしうるであらう。いま、
ヒトの場合の値が、フタにも適用できるもの
とすれば、寄生部位の pH 域内では、蛔虫の
運動は、pH 6.5 の場合と差異はみられない
ということになる。つまり、蛔虫は、寄生部
位の pH に、うまく適応しているといふこと
ができる。逆に、寄生部位の pH 域内では、
蛔虫の運動は、pH 6.5 の場合と変わらない
という前提にたてば、フタの腸内 pH は、ヒ
トの場合と変わらないといふことができる。

この pH 域内での、蛔虫のガラス管内の
静止水中における運動は、伏見ら (1958 a)
のもの、のべているように、後方波動と方向
変換とを主とし、これにもつれを伴う。ノン
ビリした運動であり、「春の海、ひねもすノ
タリノタリかな」という感じのものである。

pH が、この域よりも酸性側、アルカリ
性側にかたむけば、まず、後方波動が前進
波動に変わり、前進傾向が著しくなり、も
つれがはげしくなるようになる。pH 10
では、pH 2 よりも、こういう傾向は弱い
が、おそらく、pH が 11 以上にもなれば、
こういう傾向は強くなるであらう。

蛔虫は、胃にもよく寄生するものである
が、胃の pH は、空腹時では、普通 4~5
であり、もつとも低い時でも、3 ぐらいと
見られているから、蛔虫にとつては、胃に
寄生することは、pH の面からは、全く無
理がないといえる。ことに、減酸症、無酸
症の場合には、そうである。

こういう知見により、伏見ら (1958 a, b)
のもの、のべた、蛔虫のガラス管内静止水
中のノーマルな運動についての見解が、よ
り明確になつたものと考えられる。また、
薬物の蛔虫運動に及ぼす影響を見る場合、
その薬物液の pH が 4 たらずから 8 たら
ずまでの間であれば、そこに

てくる蛔虫の挙動変化は、pH のせいでは
なく、薬物自体の作用であることも、あき
らかになつたわけである。

ガラス管内の蛔虫の前進運動についての考察

伏見ら (1958 a, b) は、蛔虫のガラス
管内静止水中における著明な前進運動は、
異常な運動であるとのべたが、このこと
について、今回の知見をも併せ考え、さら
にくわしく考察してみることにする。

ところで、蛔虫は、体のある点を管壁に
ささえて、はねるような運動により、一挙
に相当な距離を前進することもあり、はげ
しいもつれや回転運動により、みるみる
前進してしまうこともあるから、前進運動
というものの定義を明確にしておく必要が
ある。

すなわち、ここでいう前進運動とは、前
進波により、前方へ移動することであると
する。

従つて、まず第一に、前進波を描くこと
が必要であり、第二に、その前進波が力強
くて、ある期間つゞき、蛔虫が実際に前
方へ移動する必要がある。

実際に、虫の運動を見ると、前進波が
相当多くの虫にあらわれた場合に、その中
のある部分が、前方へ一定距離を進み、そ
の中の少数が、いわゆる前進虫となり、そ
の中の一部が連続前進虫となるという場
合が多い。すなわち、前進波の発現率が非
常に大きくならないと、いいかえれば、後
方波の発現率が非常に小さくならないと、
前進虫や連続前進虫は、目立つほどの率
にはならない。

ガラス管内静止水中の蛔虫の正常な運
動と考えられる、38°C、pH 6.5 の 1%
食塩水中の運動では、後方波が 50~70%
ほどに出現し、前進波は、せいぜい 20%、
普通は 10~15% ほどであり、前進虫や
連続前進虫は、5% 以下と考えてよい。

これが、pH 2 とか、あるいは、32°C
というような条件下におかれると、後方波
の出現率が減少し、前進波の出現率が増
大し、移動の率がふえ、前進虫、連続前
進虫の出現率が増大する。

ところが一方、頭端切除虫の 38°C、
pH 6.5 下における運動も、上述の場合
と同傾向を示し、前進波、稍動、前進虫、
連続前進虫の出現率が大きく、後方波が
少い。たゞ、この場合は、上述の場合に
くらべ、出現率が極端に大きく、また小
さい。後方波は、全く 3% ぐらいしか
出現しない。

また、サントニン (1/5000) の第 III
期では、伏見ら (1958 b) の 100 例に
ついての値によれば、前進波が 57

%, 後方波が14%, 前進虫が11%, 連続前進虫が9%であつて, 上述の各ケースと同様な傾向にある。

もつとも, これらの各ケースには, それぞれ相違点もあるのであつて, pH 2 あるいは10, 及び32°Cの場合の運動は, 力強く, 緊張感にとみ, 頭端切除虫やサントニン第Ⅲ期の場合の運動は, 無力的である。また, 前者の場合でも, pH 2 では, 方向変換が増大し, 32°Cでは減少しており, 後者の場合は, 両ケースとも, 方向変換は減少している。また, もつれは, いずれの場合も, 38°C, pH 6.5 の場合と同等以上にあらわれる。

ところで, 伏見ら(1958 a, b)もくわしくのべているように, これらの各ケースのうち, pH 2, 10, あるいは32°Cの場合は, 頭部の中枢(高位の中枢)の機能が正常な場合と考へべきであり, 頭端切除虫やサントニン第Ⅲ期の場合は, 頭部の中枢が全くないか, 相当ひどくマヒしている場合と考へられるのである。

すなわち, 蛔虫のガラス管内静止水中における前進運動(前進波動も含めて)は, 少くとも, 二種の場合に起るものであるといえる。

その一つは, 頭部中枢の機能が正常な場合に, 環境条件が異常となり, その刺激により, 頭部中枢の機能が興奮しておこるものであり, 環境の異常に対する蛔虫の正常な反応と見なしうる場合である。

他の一つは, 頭部中枢の機能が全く欠除しているか, はげしくマヒしている場合である。この場合は, 下位の中枢様のもの, あるいは筋の自律性が表面化している場合と考へられる。

いずれにしても, ガラス管内静止水中の蛔虫の運動としては, 正常なものとはいえないが, 正常でないといつても, それには, 上述のような二つの意味があるわけである。すなわち, 環境条件が正常でない場合における蛔虫の正常な反応としての運動という意味と, 蛔虫自体が正常ではない場合におこる運動という意味とである。

腸管内における蛔虫の運動は, 蛔虫にとつての好適な運動といふべきであつて, ガラス管内静止水中という条件は, 蛔虫にとつては, 決して好適な環境であるとはいえないし, そこにおける運動が, 蛔虫の自然な, 正常な運動であるとはいえない。従つて, 腸管内における運動と, ガラス管内における運動とは, 別種のものと考えねばならぬ。たゞ, ガラス管内静止水中という環境下では, 38°C, pH 6.5 前後の1%食塩水中という条件が, もつとも自然な, 正常な条件であるというだけである。

それでは, 腸管内と38°C, pH 6.5 のガラス管内静止

水中との蛔虫の運動の差異は, 主として, 何によるものと思へるかといへば, それは, 次の点にあるものと思へる。すなわち, 腸管は, 上下, 斜, 水平とあらゆる方向をもち, ゆるやかに, あるいははげしく, 複雑ないわゆる蠕動運動を行つており, 従つて, 直径もたえず変り, 管壁も複雑な運動をしている。その中の液も, それに伴つて, 複雑な運動をしている。ところが, ガラス管は, 水平であり, 直径は変わらず, しかも蛔虫の体長に対して適当であり, 液はうごかない。このような差異が, 蛔虫の運動に対して, 決定的な差異をもたらすものと思へる。伏見ら(1958 a)がのべているように, 38°C, pH 6.5 下において, ゆるやかに後方波動を描いている虫も, 管を垂直に近くしたり, 液に流れをおこさせると, たちまち, 前進波を示しだし, 壁に体をつつぱつて, すべりおちまいとするかのようであり, あるいは, わずかながら前進さへ示すのである。従つて, 管壁が複雑にうごき, 液が複雑に流れる環境下では, どんな運動を示すかは, 推察することさへ難かしいのである。

上述のように, 32°C, pH 6.5 下における蛔虫の運動が, 頭部中枢の機能が正常な場合における, 環境の異常に対する正常な反応であるからといつて, その運動の中の前進運動のみをクロースアップし, それを簡単に腸管内の運動にむすびつけてしまうことは合理的とは云えない。

腸管と大体同質の材料で出来, 腸管と同様な運動をする管中における運動ではない以上, ガラス管中における運動は, あくまでも, ガラス管中におけるものであり, 腸管内の運動とは, 一応別のものと考えべきである。そしてそういうガラス管内においては, 蛔虫の前進運動は, 前述のような二つの意味において, 正常なものではないというわけである。

本報告の要旨は, 1958年4月, 日本寄生虫学会第27回総会にて発表された。

本報の報告に当り, 御鞭撻, 御校閲いただいた部長森下教授, 実験上種々御助力, 御助言を惜しまれなかつた伏見純一博士, ならびに, プタ蛔虫の採取に熱心に協力された本研究部の田島氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 伏見純一・大幡勝也(1958 a); 蛔虫のガラス管内の挙動と, それにおよぼすサントニンの影響について。第1報, 薬学研究, 30, 540-554. 一2) 伏見純

一・大幡勝也(1958 b)；蛔虫のガラス管内の挙動と、それにおよぼすサントニンの影響について，第2報，薬学研究，30，555-569。—3) 伏見純一・大幡勝也(1959)：Santonin 誘導体の *in vitro* の効力比較について，薬学研究，30，607-617。—4) 小林芳人・板東丈夫(1951)：蛔虫に見られる特異な前進運動と，これにおよぼす Santonin の影響について，東京医誌，59，55-61。—5) 伏見純一(1956)：*In vitro* の殺蛔虫性よりみた alkylresorcinol 系化合物の化学構造と駆虫効力との関係についての研究〔I〕，薬学研究，28，323-332。—6) Karr, W. *et al.* (1935)：Incubation studies of human small intestine (IV). J. Clin. Invest., 14, 893-900.

Summary

Fushimi and Ohata (1958) described the results of observations on the behaviours of ascarids in a glass tube and an influence of santonin upon that.

In this case, the value of pH of the liquid in a glass tube was about 6.5. But the range of pH value of the human small intestine, in which ascarids live, is so wide that the observation on the behaviours of ascarids under the various values of pH is necessary.

Then the author made the observations on the ascarids behaviours under the following values of pH.

That is, pH 2, 4, 6.5, 8 and 10.

The results of the observations are shown in Table 1.

From these results, it can be said that the behaviours of ascarids in a glass tube under the pH values ranging from nearly 3 to about 8 are generally same. But in case of pH 2, the ascarids show the remarkable forward wave, forward movement and fierce tangled movement, and in case of pH 10, such an inclination is same but the degree of such movements is low.

According to Karr *et al.* (1935), the range of pH of the human small intestine covers 2.64-7.9, and the pH of stomach can be regarded as 4-5. If it can be said that the pH range of pig small intestine and stomach coincides with that of human ones, it will be able to say that the ascarids are adapted remarkably to the pH value of their parasitic circumstances. And it has become more firm that the forward wave and forward movement of ascarids are not normal fundamental movements but the abnormal ones appeared as the environmental condition are not adequate for ascarids in a glass tube.