

本邦およびその近接地域における異形吸虫科 (Family: Heterophyidae) に属する吸虫類の metacercaria について

小 宮 義 孝 鈴 木 了 司

国立予防衛生研究所寄生虫部

(1966 年 3 月 15 日 受領)

本邦学者の手による異形吸虫科(Family: Heterophyidae) に属する吸虫類の metacercaria の研究の歴史は古い。1913 年横川(定)によつて横川吸虫の metacercaria が発見されて以来、恩地・西尾(1915~16)、田部(1922)、錦織(1924)、勝田(1932)、長谷川(1934)、泉(1935)、山口(1942)および三島(1959)などにより、合計 15 属 28 種の metacercaria が記録されている。

これらの metacercaria は、ことごとく魚類を第二中間宿主とするものであるが、これらの metacercaria は各人により、ばらばらに発表されたままになつており、Heterophyidae として統一された概観を記載したものは未だ存在しない。しかし、それでは不便なので著者らはここに Family Heterophyidae に属する metacercaria の統一的な概観を作成してここに発表することにした。附表がそれであるが、これについて以下、少しく説明を加えておく。

Metacercaria の種類

先に述べたように、本邦人によつて記録された metacercaria の種類は 28 種類であるが、その内 属名の不明なもの 1 種 (*Metacercaria hasegawai a*) を除くと、残る 27 種類のは 14 属に属している。(ただし、ここでは *Metagonimus takahashii* は *M. yokogawai* の synonym として取扱つた。)

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| 1. Genus <i>Metagonimus</i> | 3 種 |
| 2. Genus <i>Centrocestus</i> | 5 種 (内種名不詳 1 種) |
| 3. Genus <i>Exorchis</i> | 1 種 |
| 4. Genus <i>Pseudexorchis</i> | 1 種 |

- | | |
|------------------------------------|-----|
| 5. Genus <i>Heterophyes</i> | 2 種 |
| 6. Genus <i>Heterophyopsis</i> | 1 種 |
| 7. Genus <i>Haplorchis</i> | 4 種 |
| 8. Genus <i>Stellantchasmus</i> | 3 種 |
| 9. Genus <i>Pygidiopsis</i> | 1 種 |
| 10. Genus <i>Procerovum</i> | 2 種 |
| 11. Genus <i>Stictodora</i> | 1 種 |
| 12. Genus <i>Pseudogalactosoma</i> | 1 種 |
| 13. Genus <i>Novemtestis</i> | 1 種 |
| 14. Genus <i>Scaphanocephalus</i> | 1 種 |

その中間宿主

以上の metacercaria の中間宿主としては、合計 74 種の魚類が記録されているが、その内淡水魚が最も多くて 62 種、これについて汽水魚の 11 種が多く、海産魚は 1 種を算するのみである。

そしてその寄生部位は、筋肉、ヒレ、ウロコ、エラ等が多いが、また胃壁、食道腔、腸間膜およびその附近の脂肪組織に附着しているものもある。

しかし、その寄生部位は、1 種で以上の数個の場所をとるものもあるが、一般に種により概ね一定している。

寄生淡水魚名および寄生 metacercaria の名称については附表を見られたい。

なお、この附表に見るように、metacercaria の種によつて、第 2 中間宿主とする魚類およびその種類も異なつている。最も多数の種をその中間宿主とするものは、*Metagonimus yokogawai* であつて、計 43 種の魚類への寄生が記録されている。これに反して、*Heterophyes*

本研究の一部は文部省科学試験研究費によつた、記して謝意を表する。

katsuradai, *Pseudogalactosoma macrostoma* 註¹⁾, *Novemtestis armatum*, *Scaphanocephalus expansus* などは、わずか各1種の魚類よりしか検出されてない。(附表参照)

Heterophyidae に属する吸虫類の人体感染事例

以上の Heterophyidae の metacercaria は、すべて魚類に寄生している以上、魚類生食の嗜好を有する本邦人等においては、当然その人体感染の可能性が考えられる。

いま、これら Heterophyidae の内、人体に自然寄生を見た事例は7種であり、また、実験的に人体に感染せしめ得た事例は9種である。

その種名は次に記すが如くである。

人体から自然感染が証明された種類

- | | |
|--|--------------|
| 1. <i>Metagonimus yokogawai</i> | 横川 (1912) |
| 2. <i>Centrocestus formosanus</i> | 黒川 (1935) |
| 3. <i>Heterophyes katsuradai</i> | 尾崎・浅田 (1925) |
| 4. <i>Heterophyes nocens</i> 註 ²⁾ | 恩地 (1915) |
| 5. <i>Heterophyopsis continua</i> | 山口 (1939) |
| 6. <i>Stellantchasmus falcatus</i> | 高橋 (1929) |
| 7. <i>Pygidiopsis summa</i> | 高橋 (1929) |

人体への実験感染が証明された種類

- | | |
|--|-----------|
| 1. <i>Metagonimus katsuradai</i> | 泉 (1935) |
| 2. <i>Centrocestus armatus</i> | 田部 (1922) |
| 3. <i>Centrocestus asadai</i> | 三島 (1959) |
| 4. <i>Haplorchis taihokui</i> 註 ³⁾ | 錦織 (1924) |
| 5. <i>Haplorchis taichui</i> | 錦織 (1924) |
| 6. <i>Haplorchis microrchis</i> | 勝田 (1932) |
| 7. <i>Haplorchis yokogawai</i> 註 ³⁾ | 勝田 (1932) |
| 8. <i>Stellantchasmus formosanus</i> | 錦織 (1924) |
| 9. <i>Procerovum varium</i> | 青景 (1956) |

文 献

- 1) 阿部高知 (1941) : *Rhodeus lanceolata* に寄生する吸虫類被囊幼虫の研究(1) *Rhodeus lanceolata*
- 註 1 最近この metacercaria は、鈴木ら(1966) によってチチブ *Tridentiger obscurus* から検出されている
- 註 2 これよりさき永田(1914)は駆虫により人体より1種の小吸虫を採取しこれを *Heterophyes heterophyes* と同定しているが実は本種であるらしい。
- 註 3 Faust & Nishigori(1929) は台湾において *Haplorchis taihokui* の、Africa & Garcia (1955) はフィリッピンにおいて *Haplorchis yokogawai* の人体における自然感染をそれぞれ見出ししている。
- 2) Africa, C. M. & E. Y. Garcia (1935) : Heterophyid trematodes of man and dog in the Philippines with descriptions of three new species. *Philipp. Jour. Sci.*, 57, 253-267.
- 3) 赤木孝 (1954) : 岡山地方の半鹹水産魚類における吸虫類被囊幼虫の種類について. *寄生虫学雑誌*, 3(1), 45.
- 4) 安藤亮 (1922) : 鼠を終末宿主とせる腸内寄生虫の研究(第一報告) 特に横川氏メタゴニムス, エキノストマ属, エキノパリヒウム属其の他二, 三の吸虫に就て. *愛知医学会雑誌*, 19(4), 56-80.
- 5) 青景金吾 (1955) : 瀬戸内海中国地方海域の半鹹水産魚類に於ける吸虫類の研究. *東京医事新誌*, 73(4), 217-224.
- 6) 浅田順一(1926a) : 我が国に於けるヘテロフキエス属吸虫の研究一桂田氏ヘテロフキエス属の意義に就て. *東京医事新誌*, (2470), 1-6.
- 7) 浅田順一(1926b) : 桂田氏ヘテロフキエスの發育史に関する研究. *東京医事新誌*, (2498), 5-9 ; (2499), 10-14.
- 8) 浅田順一 (1927) : 東京附近の犬に於て発見したる新吸虫に就て. *東京医事新誌*, (2564), 6-12.
- 9) 伊達富久(1940) : *Plecoglossus altivelis* における *Metagonimus* 被囊幼虫の季節的消長, 附其他の吸虫類被囊幼虫. *日本寄生虫学会記事*, 12, 46-47.
- 10) Faust, E. C. & M. Nishigori (1926) : The life cycles of two new species of Heterophyidae, parasitic in mammals and birds. *Jour. Parasit.*, 13, 91-128.
- 11) 長谷川恒治(1934) : *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel) に寄生せる吸虫被囊幼虫に就て. *岡山医学会雑誌*, 46(6), 1397-1434.
- 12) 長谷川恒治(1935) : 鮎を中間宿主とする1新吸虫 *Exorchis major* n. sp. に就て. *岡山医学会雑誌*, 47(5), 1191-1199.
- 13) 伊藤二郎 (1963) : メタゴニムス其の他の異形吸虫類. 日本における寄生虫学の研究, 3, 目黒寄生虫館, 東京, 172-237.
- 14) 伊藤二郎・森田典昭・渡辺強三 (1957) : 静岡県下の淡水魚における吸虫類被囊幼虫の寄生状況について. *寄生虫学雑誌*, 6(3・4), 356.
- 15) 泉松之助(1935a) : メタゴニムス属吸虫の一新種並に其發育史に関する研究. *東京医事新誌*, (29 29), 1224-1236.
- 16) 泉松之助(1935b) : スタムノゾーマ属吸虫の一新種並に其發育史に関する研究. *東京医事新誌*, (2948), 2423-2430.
- 17) 泉松之助(1935c) : 兵庫県下に於ける淡水産魚類

種名	宿主名	<i>Dorsoma thrissa</i>	<i>Coilia</i> sp.	<i>Harengula zunasi</i>	<i>Oncorhynchus rhodurus</i>	<i>Oncorhynchus masou</i>	<i>Plecoglossus altivelis</i>	<i>Hypomesus olidus</i>	<i>Salangichthys microdon</i>	<i>Acheilognathus morioakae</i>	<i>Acheilognathus rhombaea</i>	<i>Acheilognathus lanceolata</i>	<i>Acheilognathus tabira</i>	<i>Acheilognathus limbata</i>	<i>Pseudoperilampus typus</i>	<i>Rhodeus ocellatus</i>	<i>Rhodeus orizae</i>	<i>Acanthorhodeus atremius</i>	<i>Sarcocheilichthys variegatus</i>	<i>Sarcocheilichthys nigripennis</i>	<i>Pungtungia herzi</i>	<i>Gnathopogon elongatus</i>	<i>Gnathopogon birwae</i>	<i>Leucogobio polytania</i>	<i>Pseudogobio esocinus</i>	<i>Pseudogobio rivularis</i>	<i>Abbottina rivularis</i>	<i>Abbottina psegma</i>	<i>Hemibarbus barbus</i>	<i>Breita zezera</i>	<i>Pseudorasbora parva</i>			
<i>Metagonimus yokogawai</i>			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Metagonimus katsuradai</i>																																		○
<i>Metagonimus minutus</i>																																		
<i>Centrocestus armatus</i>										○	○	○			○	○							○				○							○
<i>Centrocestus formosanus</i>															○																			○
<i>Centrocestus nycticoracis</i>												○										○					○							○
<i>Centrocestus</i> sp. by Hasegawa									○	○			○																					○
<i>Centrocestus asadai</i>																																		
<i>Exorchis oviiformis</i>					○	○		○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○			○	○	○							○
<i>Pseudexorchis major</i>					○				○	○	○					○	○	○				○			○									○
<i>Metacercaria hasegawai</i> a									○	○										○		○	○	○	○	○	○							○
<i>Heterophyes nocens</i>																																		
<i>Heterophyes katsuradai</i>																																		
<i>Heterophyopsis continua</i>		○	○	○																														
<i>Haplorchis taihokui</i>															○																			
<i>Haplorchis taichui</i>															○																			○
<i>Haplorchis yokogawai</i>																																		
<i>Haplorchis microrchis</i>																																		
<i>Stellantchasmus falcatus</i>																																		
<i>Stellantchasmus formosanus</i>																																		
<i>Stellantchasmus amplicaealis</i>																																		
<i>Pygidiopsis summa</i>																																		
<i>Procerovum varium</i>																																		
<i>Stictodora perpendiculum</i>																																		
<i>Stictodora fuscatum</i>																																		
<i>Pseudogalactosoma macrostoma</i>																																		
<i>Novemtestis armatum</i>																																		
<i>Scaphanocephalus expansus</i>																																		

- を中間宿主とする吸虫類の研究. 東京医事新誌, (2950), 2531-2543.
- 18) Izumi, M. (1935d) : Studies concerning a new species of *Metagonimus* and its life cycle. Kitasato Arch. Exp. Med., 12(4), 362-384.
 - 19) 金光虎雄 (1953) : 福山地方における半鹹水産魚類を中間宿主とする吸虫類の研究, 特にヘテロフィエス属吸虫. 広島医学, 6(4-5), 270-283.
 - 20) 金光虎雄・赤木孝・大田垣博雅・梶房子 (1953) : 半鹹水産魚類を第二中間宿主とする *Metagonimus* 属に関する研究. 附鱧を中間宿主とする *Heterophyes continus* について. 広島医学, 6(4-5), 296-304.
 - 21) 勝田功夫 (1931) : 台湾に於ける半鹹水産魚類を中間宿主とする吸虫類の研究. (第一報) 鱧を中間宿主とする新吸虫 *Stellantchasmus formosanus* に就て. 台湾医学会雑誌, 30(12), 1404-1417.
 - 22) 勝田功夫 (1932a) : 台湾に於ける半鹹水産魚類を中間宿主とする吸虫類の研究. (第二報) 鱧を中間宿主とする新吸虫 *Metagonimus minutes* に就て. 台湾医学会雑誌, 31(1), 26-39.
 - 23) 勝田功夫 (1932b) : 台湾に於ける半鹹水産魚類を中間宿主とする吸虫類の研究. (第三報) 鱧を中間宿主とする新吸虫 *Monorchotrema microrchia* に就て. 台湾医学会雑誌, 31(2), 160-175.
 - 24) 勝田功夫 (1932c) : 台湾に於ける半鹹水産魚類を中間宿主とする吸虫類の研究. (第四報) 鱧を中間宿主とする新吸虫 *Monorchotrema yokogawai* に就て. 台湾医学会雑誌, 31(3), 253-270.
 - 25) 勝田功夫 (1932d) : 台湾に於ける半鹹水産魚類を中間宿主とする吸虫類の研究. (第五報) 鱧を中間宿主とする *Stellantchasmus amplicaeccalis* に就て. 台湾医学会雑誌, 31(4), 457-471.
 - 26) 桂田富士郎 (1912) : 一新吸虫, メタゴニムスに就て. 東京医事新誌, (1796), 3483-3489.
 - 27) 古賀元晁 (1939) : 九州筑後川に於けるメタゴニムスの第二中間宿主に就て. 九大医報, 13(2), 141-145.
 - 28) 高亀良彦 (1939) : 石川県大聖寺川産鰻を中間宿主とする大卵型横川吸虫に就て. 東京医事新誌, (3127), 19-22.
 - 29) 高亀良彦 (1941) : 広島県賀茂郡三津川における淡水産魚類を中間宿主とする吸虫類の検索. 日本医科大学雑誌, 12(4), 345-351.
 - 30) 小宮義孝 (1942) : 中支地方における吸虫類第二中間宿主としての淡水魚類. 日本寄生虫学会記事, 14, 87-88.
 - 31) 小宮義孝 (1949) : *Metacercaria hasegawai* C. nom. nov. とその排泄系統. 総合医学, 6(8), 8-10.
 - 32) 小宮義孝 (1965) : 日本および近接地域のメタセルカリア. 日本における寄生虫学の研究. 目黒寄生虫館, 東京,
 - 33) 小宮義孝・多治見泰 (1939) : 中支に於ける淡水産魚類の「メタセルカリア」特にその排泄管系. 日本寄生虫学会記事, 11, 48-49.
 - 34) 小宮義孝・多治見泰 (1942) : 中支に於ける吸虫類第二中間宿主としての淡水魚類 (予報). 日本寄生虫学会記事, 14, 87-88.
 - 35) 黒川帝文 (1939) : *Metagonimus* 属吸虫特に桂田 *Metagonimus* Izumi(1935)の第一中間宿主の決定並に其發育史について. 東京医事新誌, (3161), 2877-2885.
 - 36) Martin, W.E. (1958) : The life histories of some Hawaiian heterophyid trematodes. Jour. Parasit., 44(3), 305-323.
 - 37) 丸亀聿次 (1937) : エキソルキス・オブイフォルミスの第二中間宿主としてのワカサギ及此の吸虫の第1中間宿主に就て. 日本寄生虫学会記事, 9, 100-101.
 - 38) 丸亀聿次 (1940) : 大阪府下淀川の淡水産魚類における吸虫類被囊幼虫. 中央医学雑誌, 9(12), 1259-1266.
 - 39) 三島輝章 (1959) : *Centrocestus* 属吸虫新種並其發育史に関する研究. 東京医事新誌, 76(5), 291-299.
 - 40) 三好浩 (1948) : 片山地方における淡水産魚類を中間宿主とする吸虫被囊幼虫の研究. 総合医学, 5(11), 474; 公衆衛生雑誌, 5, 473; 日本寄生虫学会記事, 16-18, 7.
 - 41) 森恂造 (1935) : 白魚 *Salanx microdon* Bleeker を中間宿主とする吸虫類の研究. 東京医事新誌, (2952), 2679-2686.
 - 42) 森田大三 (1960) : 九州地方の半鹹水産魚類を中間宿主とする吸虫類の研究. 東京医事新誌, 77(5), 305-314.
 - 43) 牟田熊彦 (1913) : 横川氏メタゴニムス知見補遺. 岡山医学会雑誌, (287), 803-810.
 - 44) 武藤昌知 (1917a) : 横川氏メタゴニムス・チェルカリア並に其被囊チェルカリアの生物学研究. 京都医学会雑誌, 14(5), 79-100; 日本病理学会会誌, 7, 645-652; 内科学雑誌, 5, 518-520.
 - 45) 武藤昌知 (1917b) : 琵琶湖産鰻並に源五郎鮒を中間宿主とする横川氏メタゴニムスに就て. 京都医学会雑誌, 14, 67.
 - 46) 武藤昌知 (1917c) : 琵琶湖産魚類を中間宿主とする人体寄生虫の研究, 特に鰻並に源五郎鮒を中間宿主とする横川氏メタゴニムスに就て. 日本消化器病学会雑誌, 16(2), 135-166.
 - 47) 永田春生 (1914) : 日本人に寄生せる「ヘテロフィエス」属小吸虫に就て. 医学中央雑誌, 11(15), 1009-1017.
 - 48) 錦織正雄 (1924a) : 新吸虫スタムノゾーマ・フォルモサナム (*Stamosoma formosanum* n. sp.) 並にその發育史に就て. 台湾医学会雑誌, (234), 1-48.

- 49) 錦織正雄(1924b) : 台湾に於て新に発見したるヘテロフィエスの二新種に就て. 台湾医学会雑誌, (237), 569-570.
- 50) 錦織正雄(1927) : 台湾に於て新に発見したるヘテロフィデ類(Heterophyidae)に属する二種の新吸虫台北及台中モノルコトレーマ及其發育史. 台湾医学会雑誌, (264), 40-68.
- 51) 越智シゲル(1931) : 半鹹水産魚類を中間宿主とする吸虫類の研究—*Pygidiopsis summus*の發育史に就て. 東京医事新誌, (2712), 346-353.
- 52) 岡部浩洋(1937) : *Exorchis oviformis* Kobayashiの第二中間宿主に就て. 日本寄生虫学会記事, 9, 100-101.
- 53) 岡部浩洋(1940) : 福岡県下における淡水産魚類を中間宿主とする吸虫類の被囊幼虫総覧. 福岡医学雑誌, 33(3), 309-335.
- 54) 岡部浩洋・古賀靖造(1952) : *Coilia* sp. に寄生する吸虫類被囊幼虫. 久留米医学会雑誌, 15(9-10), 641-644.
- 55) 恩地与策(1915) : 鰻を中間宿主とするヘテロフィエス属吸虫に就て(第一報). 東京医事新誌, (1918), 1-8.
- 56) 恩地与策・西尾恒敬(1916a) : 鰻科を中間宿主とする吸虫類に就て(第二報). 東京医事新誌, (1946), 2390-2395; (1948), 2499-2505; (1950), 2600-2603.
- 57) 恩地与策・西尾恒敬(1916b) : 鰻科を中間宿主とする吸虫類に就て(第三報). 東京医事新誌, (1976), 7-12; (1977), 9-11; (1980), 10-14; (1982), 10-14.
- 58) 恩地与策・西尾恒敬(1916) : 半鹹水魚類を中間宿主とする吸虫に就て. 千葉医学専門学校雑誌, 81, 82, 43-63.
- 59) 大島福造(1939) : 濃尾平野における人体寄生虫の分類について. 医事公論, (1416), 2874-2875.
- 60) 尾崎佳正・浅田順一(1925) : 人体より発見された桂田氏ヘテロフィエスの一新吸虫に就て. 東京医事新誌, (2445), 2357-2363.
- 61) Pearson, J. C. (1964) : A revision of the subfamily Haplorchinae Looss, 1899 (Trematoda : Heterophyidae), Haplorchis group. Parasit., 54, 601-676.
- 62) 酒井和雄(1954) : 琵琶湖産淡水魚類に於ける各種吸虫類被囊幼虫の寄生状況に就て. 京都府立医科大学雑誌, 56(3), 409-418.
- 63) 高林良光(1953) : 魚類を中間宿主とする吸虫類の研究, 特に山口県下に於ける検査. 岐阜県立医科大学紀要, 1(3), 219-226; 日本寄生虫学会記事, 21, 65-66.
- 64) 高橋昌造(1929a) : *Stamnosoma armatum* Tanabeの發育史知見補遺. 岡山医学会雑誌, 41(7), 1759-1771.
- 65) 高橋昌造(1929b) : *Metagonimus yokogawai*, *Metagonimus*の1新種及び*Exorchis*の發育史に就て. 岡山医学会雑誌, 41(12), 2687-2755.
- 66) 田部浩(1922) : 淡水魚類を中間宿主とする吸虫類の研究. 第1, 新腸寄生虫 *Stamnosoma armatum* n. g., n. sp. 京都医学会雑誌, 19(3), 5-18.
- 67) 渡辺末次郎・堀井正雄(1950) : 琵琶湖生魚類(小鮎, モロコ)における肝臓 *Distoma* 及横川吸虫被囊幼虫の寄生状況. 通信医学, 1(3), 201-207.
- 68) Yamaguti, S. (1938) : Studies on the helminth fauna of Japan. Part 21, Trematodes of fishes. IV 139 pp, Kyoto.
- 69) Yamaguti, S. (1939a) : Studies on the helminth fauna of Japan. Part 25, Trematodes of birds IV. Jap. Jour. Zool., 8(2), 131-208.
- 70) Yamaguti, S. (1939b) : Studies on the helminth fauna of Japan. Part 27. Trematodes of mammals II. Jap. Jour. Med., Sci., VI, 1(3), 131-151.
- 71) Yamaguti, S. & T. Nishimura (1942) : Studies on the helminth fauna of Japan. Part 38. Larval trematodes of fishes. Jap. Jour. Med. Sci., VI, 2(3), 132-160.
- 72) 山本茂・伊藤二郎・小宮義孝(1954) : シラウオにおける横川吸虫の寄生. 寄生虫学雑誌, 3(4), 278.
- 73) 山中浪速(1959) : 四国地方に於ける半鹹水産魚類を中間宿主とする吸虫類の研究. 東京医事新誌, 76(6), 377-383.
- 74) 横川定(1913) : 鮎を中間宿主とする新寄生虫並に同虫に対する一属の新設. 岡山医学会雑誌, (279), 255-266; (280), 339-358.

AbstractTHE METACERCARIAE OF TREMATODES BELONGING TO
THE FAMILY HETEROPHYIDAE FROM JAPAN
AND ADJACENT COUNTRIES

YOSHITAKA KOMIYA & NORIJI SUZUKI

(Department of Parasitology, National Institute of Health, Tokyo)

The metacercariae of trematodes belonging to the Family Heterophyidae from Japan and adjacent countries were reviewed and enlisted into a table along with their intermediate hosts. They all were found harbored in the fish, among which the fresh water one occupying the major part. Among 28 species of Heterophyidae metacercariae found from Japan and adjacent countries seven species, *Metagonimus yokogawai*, *Centrocestus formosanus*, *Heterophyes katuradai*, *Heterophyes nocens*, *Heterophyopsis continua*, *Stellantchasmus falcatus* and *Pygidiopsis summa* have been proved naturally infected to human. Another nine species, *Metagonimus katuradai*, *Centrocestus armatus*, *C. asadai*, *Haplorchis taihokui*, *H. taichui*, *H. yokogawai*, *Stellantchasmus formosanus* and *Procerovum varium* have been proved to be infected to human experimentally.