

# 蟻虫体壁の形態学的研究

## (2) 角皮下層の微細構造

坪 田 種 夫

岡山大学医学部寄生虫学教室 (主任 稲臣成一教授)

(1965 年 12 月 17 日受領)

前報で蟻虫の角皮の微細構造について報告したが本報ではこれに引続き角皮下層ならびに筋肉層について報告する。線虫類の角皮下層は光学的に syncytium 構造をなすことは明らかである。竹下(1958)はこれを電顕的に観察、報告しているが余り明らかな解釈を加えていない。また同様筋肉層に関しても余り明確な説明が加えられていない。これとは別に Hinz(1958)は *Parascaris equorum* の筋細胞を電顕的に観察し mitochondria の構造を明らかにしている。また最近になって Kmetec *et al.* (1962) は蛔虫から mitochondria を分離観察したのを始め、Reger(1964)、Rosenbluth(1965)はそれぞれ蛔虫の筋肉組織を観察報告しているの、これらと比較検討を試みた。

### 材料および研究方法

前報におけると同様 piperazine citrate または pyruvium pamoate を投与し駆虫して得た虫体を生理食塩水で洗滌後虫体のほぼ中程で切断、頭、尾の2部に分け、磷酸緩衝液で pH 7.4 とした 1% オスミック酸液を用い、氷室内で 6 時間固定した、それより 70, 80, 90, 95, 100% の段階のアルコール中を型のごとく通過脱水を行ない、稲臣ら(1963)が幼線虫の包埋に用いた法に従い semi-polymerized methacrylate 中に薄板包埋法により包埋した。超薄切片作製には Porter-Blum microtome を用い、醋酸ウラニールにて染色して日本電子 JEM-7 型および日立 HS-6 型電子顕微鏡にて観察した。

### 観 察

#### 1) 角皮下層

角皮層の内側に何等の境界膜もなく直接接している組織層で、syncytium を構成している。さらにこの層の内側には筋細胞層が位置している。角皮下層の構造として

は、太さ約 14 Å の細い線維が無意に走行して泡状あるいは網目を作っており、あたかもスポンジ様構造を呈している (Fig. 1, 2)。これらの網状構造の上には直径 20 Å 程のやや電子密度の高い多数の顆粒が散在しているのが見られる。なお角皮と角皮下層との移行部では、これらの網状構造を作る所の細い線維が角皮層内に入りこんでいる。この外 syncytium の所々にやや密度の高い直径約 10 Å の筋線維が束状になって走行しているのがみられる (Fig. 2)。この筋線維束は角皮層と筋肉層との間を結んでいるもので、この筋線維束の角皮への接続部には何等の構造をも認められない。また筋細胞との接続部ではこれらの筋線維束が筋細胞の筋鞘に堅く結びついているのがみられる。またこの層の所々に桿状の mitochondria があり、特に側線部で体腔内に貫入している部分の角皮層に近い所に無数の mitochondria が散在しているのがみられる (Fig. 3)。またこの部には角皮下層の核がしばしば見られるが、側線部以外の角皮と筋細胞にはさまれた狭い部分では核は全く見られない (Fig. 5)。このような角皮下層の厚さは場所によつて非常に差が見られるが、体軸に全く垂直な位置で最も薄い部分では 1 μ, あるいは時にはそれ以上のこともある。しかし 4 つの筋細胞群の間隙、すなわち各側線部でこれらの角皮下層は深く体腔内に貫入している。特に頭端から食道端迄の部分では深く食道の周囲にまで達して、食道を取り巻いており、横断像では部分的に筋細胞と食道との間を占有するような形で見られる。また角皮下層の体腔内に入り込んだ部分に排泄管が分布しておりこの中にはしばしば数多くの排泄顆粒がみられる、これは直径 0.7 μ 程で極く発達したものでは 6 層位の輪層があり、正常な顆粒の表面は滑沢であるが、なかには金平糖状のものもみられる。なおこの顆粒の中には density の高い更に小さな顆粒が沢山に散在している。この小さい顆粒の直径



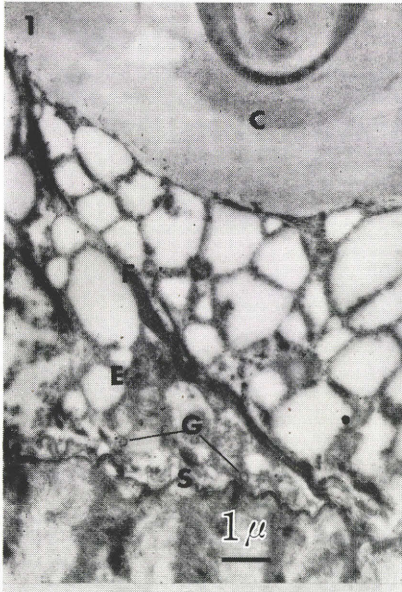


Fig. 1 Longitudinal section of hypodermis cut through the body axis. A granulated sponge-like structure formed like network of fine fibrils is seen. A long muscle fiber (F) runs diagonally extending to the inner surface of the cuticle (C) and sarcolemma (S). There may be seen some primitive excretory concretions (E) and groups of about eighteen dense granules (G) of about  $0.18 \mu$  in diameter surrounding a dense granule.

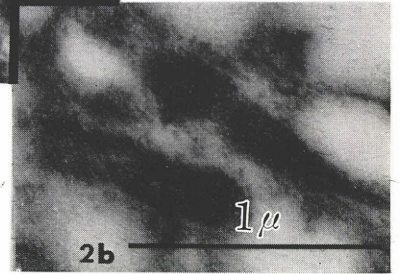
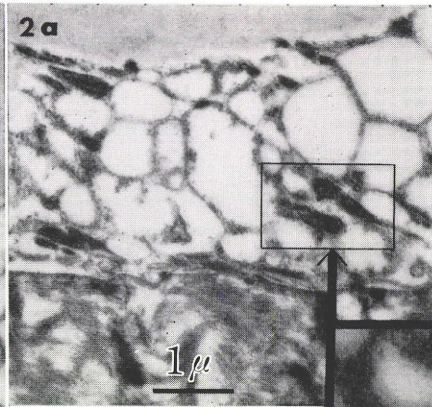


Fig. 2 a, b Diagonal section of hypodermal muscle fibers.

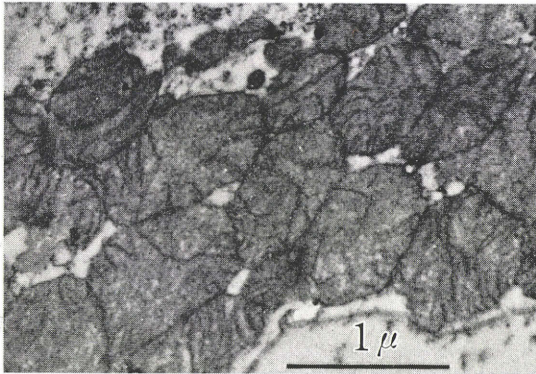


Fig. 3 Section of mitochondria in the hypodermis.



Fig. 4 Sections of excretory concretions in the excretory tube, which distribute in the hypodermis entering into the body cavity at the portion of a longitudinal line. Some concentric circles with fine dense granules are present in the concretion.



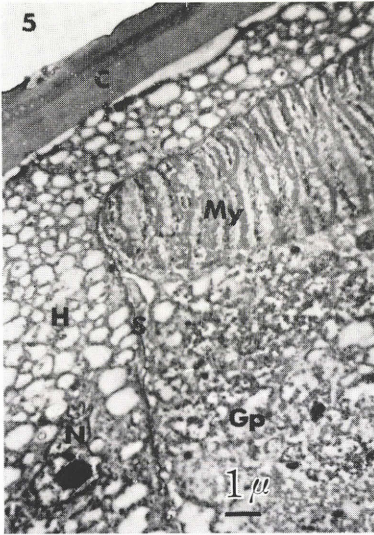


Fig. 5 Cross section of the body wall. The muscle cell is composed of the sarcolemma, myofibrils and the granular portion intruding into the body cavity.  
 C: cuticle, H: hypodermis, N: nucleus of a hypodermal cell, My: myofibril, Gp: granular portion, S: sarcolemma

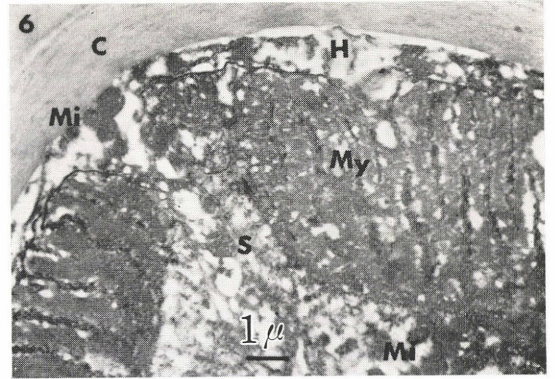


Fig. 6 Cross section of the body wall. A number of myofibrillar bundles of two muscle cells are present.  
 C: cuticle, H: hypodermis, Mi: mitochondria, My: myofibril

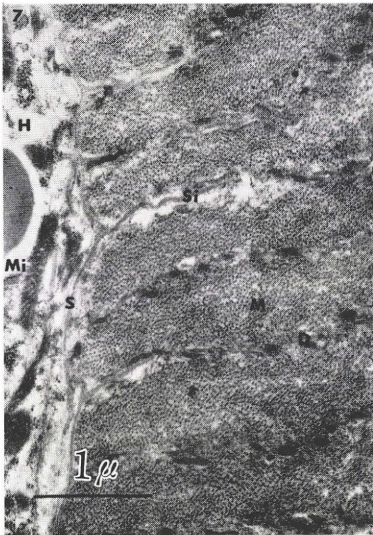


Fig. 7 Cross section of myofibrils. The hypodermis is seen at the left. Each fiber has a wide M-band and a dense narrow band (D), and the sarcolemmal invagination (Si) is seen extending to the depth of the latter. Mitochondria and muscle fibers are present in the hypodermis.  
 H: hypodermis, Mi: mitochondria, S: sarcolemma, Si: sarcolemmal invagination, M: band of myofibril, D: dense band

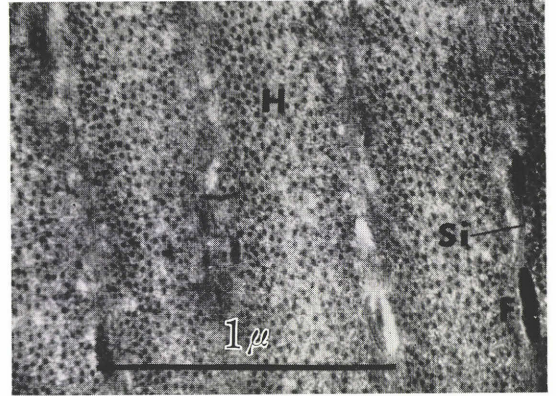


Fig. 8 Cross section of the dense bands of myofibrils. Thin and thick myofilaments are seen in H-zone (H) and sarcolemmal invaginations (Si) and fibrillar dense bodies are contained in the dense bodies (F).

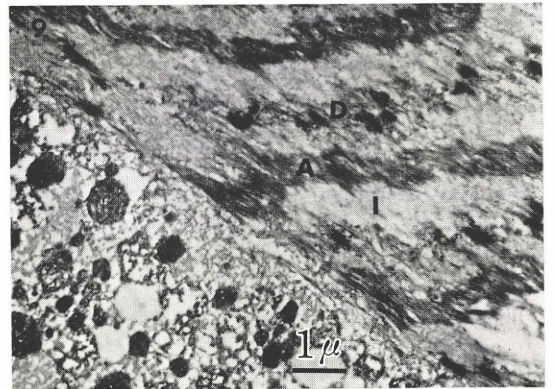


Fig. 9 Longitudinal section of the body wall. At the lower left mitochondria are scattered in the granular portion of a muscle cell, and at the upper right myofilaments of a muscle fiber run parallel to the surface of the fiber in order of D-band (D), A-zone (A) and I-zone (I).



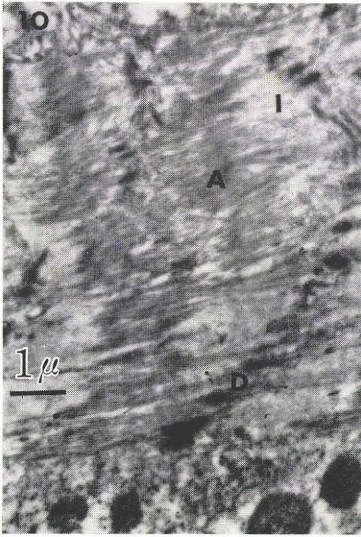


Fig. 10 Longitudinal section of a fibril. Myofilaments are shown parallel to each other, and A-zone (A) and I-zone (I) are present in the myofibril. Fibrillar dense bodies and sarcolemmal invaginations are seen in the dense band (D).

は  $10 \text{ \AA}$  前後である。

なお角皮下層の所々には微細な顆粒が集合して直径  $0.2 \mu$  程の granules compound とでも称すべき構造を呈したものが見られる (Fig. 1)。

## 2) 筋肉層

蛭虫の筋細胞を横断像で観察すると8細胞、4筋群で各筋群は2細胞から構成されていて、いわゆる meromyarian 型に属している。

これらの筋は従来から一般に平滑筋の一種とみられていた所の非常に大きな筋細胞からできている。すなわちこの細胞の横断面における直径は  $14 \mu$  前後で、体の長軸にそつて長く走行しており、その長さは  $0.5 \text{ mm}$  にも達するものがある。このような筋細胞の表面は厚さ  $0.03 \mu$  前後の sarcolemma で被われている。虫体の外側方に近い部分、すなわち hypodermis に近い筋細胞の底部では厚さ  $10 \mu$  前後の筋線維束が70-80本程一列に並んで筋線維束層を作っている。換言すれば筋細胞の底部に横一列に並んだこれらの筋線維束は虫体の中心軸に対してほぼ放射状に配列している (Fig. 5, 6)。筋細胞のうち、これらの筋線維層によつて占有された以外の部には直径約  $10 \text{ \AA}$  前後あるいはそれ以下の微細な顆粒が散在していわゆる顆粒層を作っている。なおこの顆粒層の



Fig. 11 Longitudinal section of a dense band and adjacent myofibrils. The dense band (D) contains fibrillar dense bodies membranous cisternae of sarcoplasmic reticulum. A-zone (A) and I-zone (I) are seen and myofilaments run in parallel.

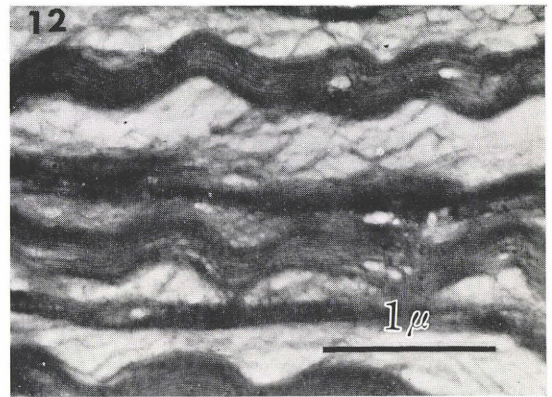


Fig. 12 Longitudinal section of myofibrils. Myofibrils are shown in parallel.

筋線維束層に近い部には多数の mitochondria が分布して層状をなしているのがみられる (Fig. 9, 10)。またこの顆粒層には核が位置しており、その大きさは直径約  $6 \mu$  で明らかに厚さ  $0.02 \mu$  程の二重膜構造がみられ、内には  $0.01 \mu$  前後の微細顆粒が沢山に分布している。

筋線維束の横断面を見ると脊植動物の striated muscle に非常によく似ており Rosenbluth が区分したのと同じく M (myofibril), D (denseband) の2つの band が交互に配列している。

M-band には2種類の myofilament があり、その内 thick myofilament の直径は  $300 \text{ \AA}$  前後で太く density

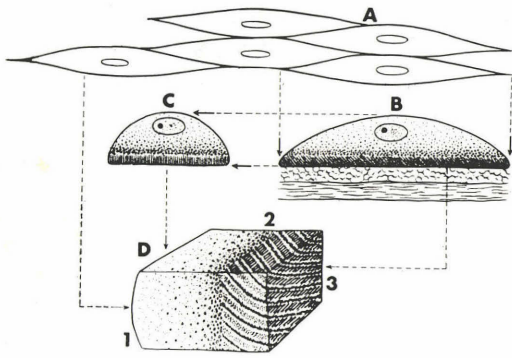


Fig. 13 Diagram to show the submicroscopic structure of muscle cells.

- A···plane figure of muscle cells  
 B···lateral view of a muscle cell  
 C···cross section of a muscle cell  
 D···three-dimensional diagram of muscle fibers  
 1···cross section  
 2···lateral view of longitudinal section  
 3···longitudinal section of the cell basement

が高い。この thick myofilament の周囲には更に細く density の低い thin myofilament があつてその数本が各々の thick myofilament をとりかこんでいる。この thin myofilament の直径は約  $150 \text{ \AA}$  である。D-band には sarcolemmal invagination がみられ深く顆粒層に迄達している。この sarcolemmal invagination の周囲には多くの大小不同な dense body がみられるが、このものは非常に density が高く fibrillar のものと思われる (Fig. 7, 8)。このような筋線維束を虫体の縦断面で見ると脊椎動物の横紋筋と非常に似てはいるが Z-band が見られず Z-band に相当する部分には横断面でみられた fibrillar dense body および sarcolemmal invagination によつて構成された所の D-band があり、これら D-band と D-band の中間には thick myofilament が横走して A-zone を構成している。この A-zone と D-band の間には thin myofilament が走行して A-zone と D-band を連絡しており、やや淡い I-zone を構成している。これら A-zone および I-zone における thick myofilament も thin myofilament も各々平行に走っている。また各 D-band 間の距離は  $3-5 \mu$  程である (Fig. 9, 10, 11)。なおこの筋線維束層の longitudinal section についてみると (Fig. 12) myofilament の束は波状に走行しており、これら myofilament は非常に長くその各々は平行して走っている。

このような myofilament の束と束の間には D-band が走っているのがみられる。

## 考 察

竹下は角皮下層の電顕所見で  $90-200 \text{ \AA}$  程の大きさの dense な桿状あるいは球状体があるとだけのおべており mitochondria および muscle fiber の走行には気がついていなかったようである。しかし恐らくは muscle fiber の断片を桿状体とみたのであり、mitochondria を球状体としてみたのであろう。

線虫類の mitochondria については Hinz (1958) が *Parascaris equorum* の筋細胞内に cristae の少い非常に貧弱な形のを認めたのが始めてでその後 Kmetec *et al.* (1962) は同様に *Ascaris lumbricoides* var. *suis* の筋細胞の homogenation から細胞分画法により同様に貧弱な形の mitochondria を分離している。

また Reger (1964) および Rosenbluth (1965) も同様豚蛔虫の筋細胞にみられる sarcoplasmic core の中に Kmetec *et al.* が観察したと同様の mitochondria が多数あることをみとめている。しかし蛔虫以外の線虫の mitochondria についての報告は全くなく、特に蟯虫の mitochondria についての報告には接していない。蟯虫の mitochondria は上記のごとき蛔虫の mitochondria に比べて遙かに powerful で大きな cristae を沢山にもつており角皮下層内にみられるものと筋細胞内にみられるものとの間に構造上の差異はみとめられない。

また角皮下層には excretory concretion がみられる。また角皮層と筋層との間の狭い角皮下層では極く primitive な形のがみられ、特に所々にみられる granules compound は将来 excretory concretion に発達して行くものであろう。

これら excretory concretion は Martin *et al.* (1964) が *Acanthoparyphium spinulosum* の metacercaria で観察報告したもの、および Berkaloff (1958) が昆虫のマルピギー氏管内にみとめたものと大きさ以外の点では非常によく一致している。しかし concretion の大きさにおいていささか異なっており、蟯虫では直径  $0.7 \mu$  前後でそこにみられる層の数も 5, 6 層であるに対し *Acanthoparyphium spinulosum* では直径  $5 \mu$  前後であり、またこの顆粒の中にみられる層の数も多く 8-10 層を数えている。以上のごとき excretory concretion については従来吸虫類からはしばしば報告された所であるが、線虫類から報告されたのは恐らくこれが始めてであらう。



筋細胞については竹下(1958)がすでに簡単な報告をしており、それによれば直径約 90 Å の筋原線維が無数に集って筋線維束を作り、この束が20個程集って筋層を作っていると述べたにとどまっております。また thick および thin myofilament の2種あることに触れていない。また myofilament の直径については thick myofilament で約 300 Å, thin myofilament で約 150 Å であるのに対して 90 Å だとしている点および筋細胞の最大幅部の横断面にみられる筋線維束の数が70-80本であるのに対して20本程としている点など非常に異なつた点が多くみられている。

Rosenbluth は最近豚蛔虫の筋細胞について報告しているがそれで見ると蟻虫の筋細胞と比較して根本的に形の上から異なっており、横断像で見ると豚蛔虫では角皮下層に接する面が非常に小さく体腔内に深く突出しており、その内に sarcoplasmic core を中心として筋線維束が充満しているのがみられる。このように筋細胞内の筋線維束の配置像は恐らくは genus による大きな特徴とも言えそうである。なお Rosenbluth によれば豚蛔虫のこれら筋原線維の太さは thick myofilament で直径約 230 Å であり、thin myofilament で約 120 Å であつて蟻虫のそれと余り大きな差はみとめられない。元来線虫類の筋構造は smooth muscle であると考えられていたが Rosenbluth は豚蛔虫の筋構造を観察し、ただ単なる smooth muscle ではなく哺乳動物で見られる striated muscle と smooth muscle の中間に位する所の obliquely striated muscle であることを報じている。蟻虫においても、やはり純然たる striated muscle としての条件に欠けており、また smooth muscle とするには余りにも構造が複雑であり、これらの pattern からすれば Kawaguti *et al.* (1957) が報じている earthworm の smooth muscle に近い構造を呈しているが、これらはいずれも myofilament が1種類である点で異なっている。従つて H, A, I-zone および D-band をそなへ2種類の thick and thin myofilament をもっていること、および Z-band が不明瞭であることから蟻虫の muscle system も蛔虫と同じく obliquely striated muscle であることは確かである。

## 結 論

- 1) 角皮下層には角皮と筋細胞とを連らねる筋線維

が、また角皮下層の中に分布している排泄管の中には excretory concretion がみとめられる。

- 2) 筋細胞内にみられる筋線維束は striated muscle に近い obliquely striated muscle よりなつている。

- 3) 蟻虫の mitochondria は蛔虫のそれより遙かに強力な cristae を沢山もつている。

終りにのぞみ御指導、御校閲を賜つた、稲臣成一教授に衷心より感謝します。

なお本論文の要旨の一部は第34回日本寄生虫学会(1965)において発表した。

## 文 献

- 1) Hinz, E. (1959): Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Muskelzellen von *Parascaris equorum* Göeze. Zeitschrift f. Zellforschung, 49, 339-343.
- 2) 稲臣成一・田中寛・作本台五郎・板野一男(1963): 幼線虫体表構造の電子顕微鏡的研究。寄生虫学雑誌, 12(1), 16-39.
- 3) Berkaloff, A. (1958): L' ultrastructure des tubes de Malpighi et le problème de leur fonctionnement chez les insectes. Fourth International conference on Electron Microscopy. Band, II. 392-396, Springer-Verlag. Berlin.
- 4) Kawaguti, S. & N. Ikemoto (1957): Electron microscopy on the muscle from the body wall of the earthworms. Biolog. J. Okayama Univ., 3(4), 223-238.
- 5) Kmetec, E., J. H. Miller & J. C. Swartzwelder (1962): Isolation and structure of mitochondria from *Ascaris lumbricoides* muscle. Exp. Parasitology, 12, 184-191.
- 6) Martin, W. E. & R. F. Bills (1964): Trematoda excretory concretion; Formation and fine structure. J. Parasitology, 50(3), 337-344.
- 7) Reger, J. F. (1964): The fine structure of the fibrillar network and sarcoplasmic reticulum in smooth muscle cells of *Ascaris lumbricoides* (var. *sunm*). J. Ultra Research, 10, 48-57.
- 8) Rosenbluth, J. (1965): Ultrastructural organization of obliquely striated muscle fiber in *Ascaris lumbricoides*. J. of Cell Biology, 25, 495-515.
- 9) 竹下貞子 (1957): 蟻虫の組織化学的研究。6. 寄生虫学雑誌, 7(1), 89-95.

**Abstract**SUBMICROSCOPIC STRUCTURE OF *ENTEROBIUS VERMICULARIS*

## II. HYPODERMIS AND MUSCLE LAYERS

TANEO TSUBOTA

*(Department of Parasitology, Okayama University Medical School, Okayama, Japan)*

The hypodermis of *Enterobius vermicularis* is formed like network of syncytium of which fine fibrils are 14 Å in diameter between the cuticle and muscle layers.

Bundles of muscle fibers run diagonally in the hypodermal network as dense bodies being connected with the cuticle and muscle layers. Mitochondria are seen scattered in the hypodermis and are relatively concentrated beneath the lateral line.

The hypodermis enters into the body cavity at the portion of four longitudinal lines surrounding the esophagus.

The arrangement of muscles is of meromyarian type and each one of four groups of muscles has a pair of muscle cells. The muscle cell is fusiform and is to be divided into myofibrillar, granular, and fine granular portions. The diameter of the cell in cross section is about 14 μ and the length in longitudinal section is about 0.5 mm.

The myofibrillar portion has about 80 muscle-fiber bundles being composed of a number of both thin and thick myofilaments at the bottom of the cell. Thin myofilaments are about 150 Å and thick myofilaments are about 300 Å in diameter. The structure of these myofibrils resembles to that of the obliquely striated muscle of *Ascaris* stated by Rosenbluth *et al.*

Rod-like or spherical dense granular mitochondria of about 1 μ in diameter are seen in the granular portion of the muscle cell.

A large number of fine granules of 10 Å in diameter are seen in the fine granular portion protruding into the body cavity.