

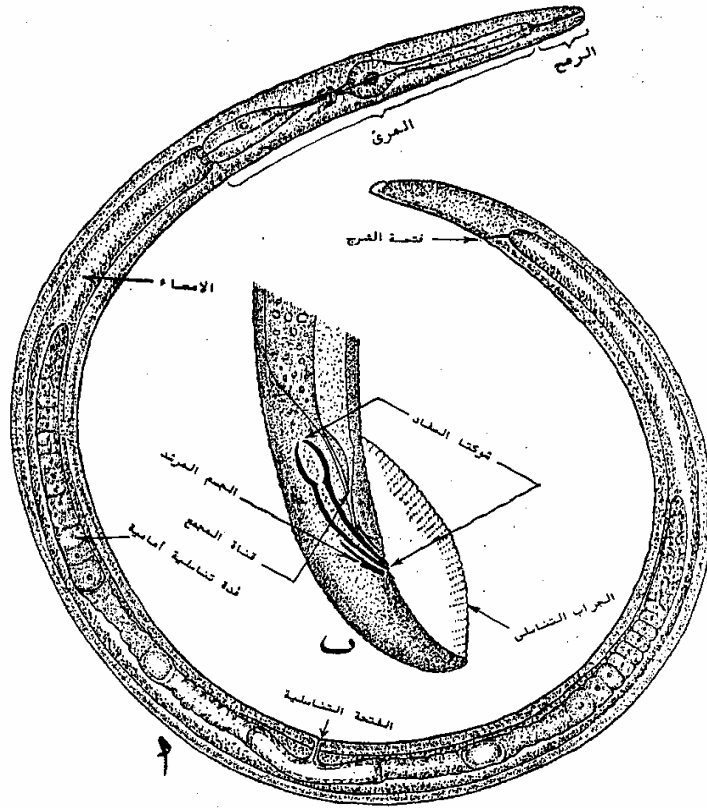
الشكل الخارجي والتركيب

الداخلي للنيماتودا

Morphology and Anatomy of Nematodes

يتناول هذا الفصل - بشيء من الإيجاز - الشكل الخارجي والتركيب الداخلي للنيماتودا بصورة عامة، مع التركيز بقدر الإمكان على نيماتودا النبات. تشكل النيماتودا مجموعة كبيرة من الحيوانات اللافقارية، وهي كمجموعة تعتبر من أكبر المجموعات في المملكة الحيوانية من حيث العدد والتنوع. وبالرغم من التباين الكبير في الشكل الخارجي والتركيب الداخلي لمجموعة هذه الأحياء الضروري لتأقلمها مع جميع البيئات تقريباً، إلا أن هذه المجموعة تتميز - كما ذكرنا سابقاً - بتناظر جانبي، وتجويف جسمي كاذب، ووجود ثلاث طبقات جنينية. وعادة ما تتميز النيماتودا بجسم دودي مغزلي الشكل (الشكل رقم ٢) كما في معظم نيماتودا النبات، حيث يكون الجسم عريضاً نسبياً في الوسط، ثم يستدق تدريجياً نحو الطرفين. إلا أنه في عدد قليل من النيماتودا يتخذ الجسم شكلاً خيطياً Filiform، أي أن عرض الجسم متساوٍ على طول محوره، كما في معظم أنواع النيماتودا المتطفلة على الحشرات. وتبدي بعض أجناس النيماتودا ظاهرة اختلاف الشكل الجنسي Sexual Dimorphism، ففي حين يحتفظ الذكر بشكله الأسطواني الدودي تنتفخ الإناث وتتخذ أشكالاً مختلفة (الشكل رقم ٣)، كالشكل الكمثري (نيماتودا تعقد الجذور)، أو الليموني (نيماتودا الحوصلات)، أو الكلوي (النيماتودا الكلوية)، وهي بهذا تفقد القدرة على الحركة وتبقى ساكنة داخل الجذور أو على سطوحها. ويختلف طول جسم النيماتودا كثيراً، إذ

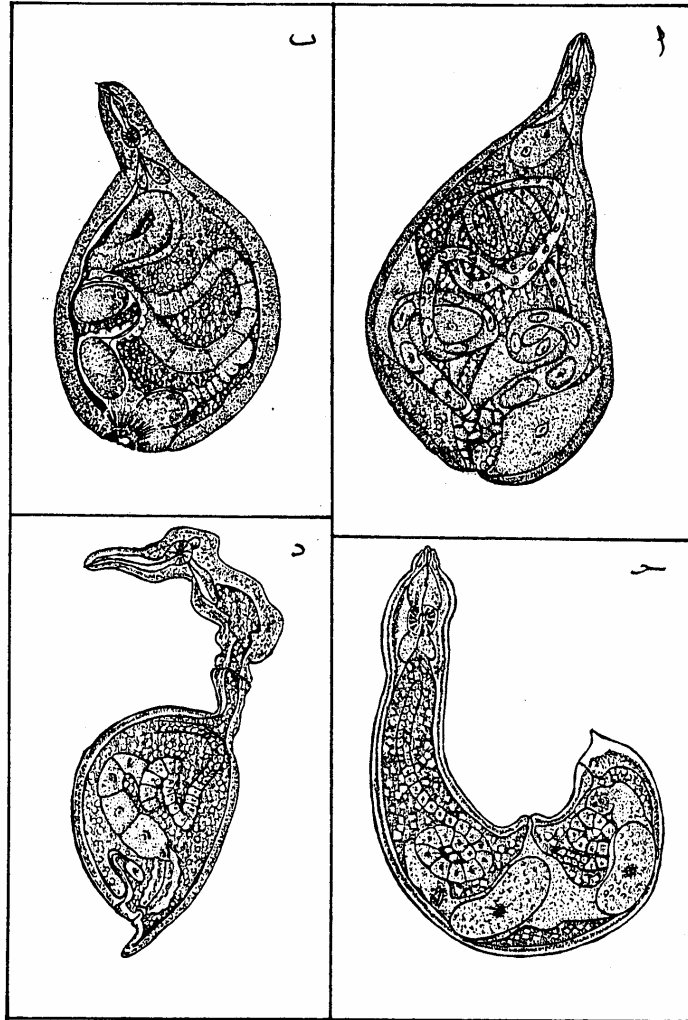
يتراوح بين ٢٠٠مم وعدة أمتار كما في بعض أنواع نيماتودا الحيوان التي قد يصل طولها إلى ٧ر٥ متر، كما يصل طول بعض أنواع النيماتودا البحرية إلى ٥سم، أما طول جسم نيماتودا النبات فلا يزيد عادة عن ٥٠٠ مم ويعرض حوالي ٥٠٠ مم، ولذلك يصعب رؤيتها بالعين المجردة.



()

()

(.)



()

()

()
()
()

(Ayoub, 1980)

يعتبر تركيب جسم الـنيماتودا بسيطاً (الشكل رقم ٢) حيث يغلفه من الخارج جدار قوي Body Wall. ويحتوي الجسم في الداخل على عدد من الأعضاء والأجهزة المختلفة كالجهاز الهضمي، والإخراجي، والعصبي، والتناسلي، إلا أنه يفتقر إلى كل من الجهاز التنفسي والجهاز الدوري، حيث إن أبعاد الجسم صغيرة بدرجة تسمح بتبادل الغازات وانتشار العناصر الغذائية والفضلات بدون جهاز دوري. ويمتليء تجويف الجسم (Pseudocoelom) بسائل الجسم - الذي يكون تحت ضغط - إضافة إلى بعض الأنسجة الليفية والخلايا الكبيرة. ويتميز الجسم بأنه غير مقسم إلى حلقات (Nonsegmented) خلافاً لما عليه الحالة في الديدان الحلقية مثلاً، إلا أن بعض الأنواع القليلة جداً (الـنيماتودا الحلقية) تبدو وكأن أجسامها مقسمة إلى حلقات، ولكن هذا التحلق لا يمتد إلى ما تحت طبقة الكيوتيكول من جدار الجسم.

تكون معظم أجسام الـنيماتودا الصغيرة شفافة عديمة اللون، وتبدو طبقة الكيوتيكول في بعض الأنواع مبيضة Whitish أو مصفرة Yellowish إلى حد ما. كما يتخذ الكيوتيكول في بعض الأنواع الأخرى لونا خفيفاً يعكس لون محتويات الغذاء في أمعائها. تتكون دورة الحياة في الـنيماتودا بصورة عامة من البيض وأربعة أطوار يرقية، يتخللها أربعة انسلخات، ثم الطور الكامل. وتتأثر مدة الجيل كثيراً بعوامل مختلفة أهمها النوع والظروف البيئية ووجود العائل المناسب.

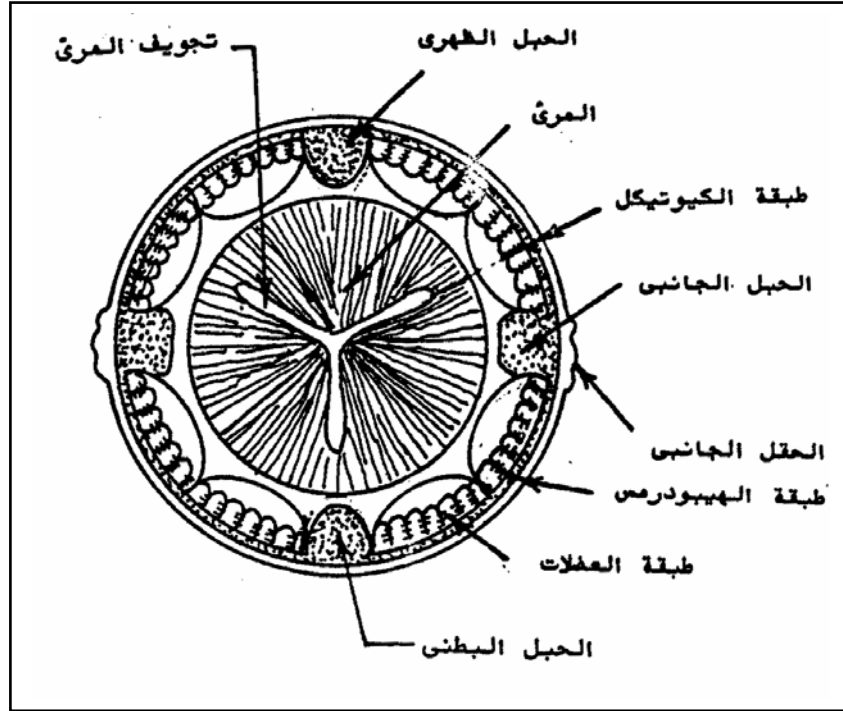
Body Structure

يعتبر التركيب العام لجسم الـنيماتودا تركيباً بسيطاً (الشكل رقم ٢) كما ذكرنا سابقاً، إذ يتكون بصورة رئيسة من أنبوبتين واحدة داخل الأخرى، تمثل الأنبوبة الخارجية منهما جدار الجسم، بينما تمثل الداخلية القناة الهضمية. ويمتليء التجويف بينهما بسائل الجسم - كما ذكرنا سابقاً - إضافة إلى بعض الأجهزة الأخرى كالجهاز

التناسلي، والإخراجي، والعصبي، إلى جانب بعض الأنسجة الليفية والخلايا الكبيرة وبعض الغدد.

Body Wall

يتركب جدار الجسم من ثلاث طبقات رئيسة هي من الخارج إلى الداخل: طبقة الكيوتيكل، وطبقة الهيودرمس، ثم طبقة العضلات الجسدية (الشكل رقم ٤).



(.)

Cuticle :

تشكل طبقة الكيوتيكل الغطاء الخارجي لجسم الـنيماتودا، كما أنها تبطن أيضاً الامتدادات الداخلية للفتحات الخارجية الطبيعية على الجسم كتجويف الفم، والمرىء، والمستقيم، والمهبل، والمجمع، والفتحة الإخراجية، وكذلك النهايات الطرفية لأعضاء الحس الأمفيديّة (Amphids) في مقدمة الجسم، وأعضاء الحس الفازميديّة (Phasmids) في مؤخرة الجسم في بعض الأنواع. كما أن طبقة الكيوتيكل تبرز على سطح الجسم في بعض المناطق لتكون بعض التركيبات الخارجية الخاصة، كـبعض أجزاء الفم الحسية مثل الحلمات والأشواك الشفوية، وشوكتي السفاد، والجراب التناسلي في بعض الأنواع.

وتعتبر طبقة الكيوتيكل طبقة لا خلوية بروتينية غير حية، تتميز بأنها شفافة عديمة اللون ومرنة، تفرزها طبقة الهيودورمس الحية النشطة. وتقوم طبقة الكيوتيكل بحماية الجسم من المؤثرات الخارجية في البيئة المحيطة، وتعمل أيضاً كهيكل قابل للتمدد عند النمو إلى حين وقت الانسلاخ، حيث تتجدد هذه الطبقة عند كل عملية انسلاخ. كما أن لصفات هذه الطبقة التركيبية علاقة وثيقة بحركة الـنيماتودا البطنية الظهرية (Dorso-Ventral Undulatory Movement). ويبدو بصورة عامة أن طبقة الكيوتيكل تسمح بنفاذية الكثير من المركبات الكيميائية، كالماء وبعض الأيونات، وبعض المركبات العضوية، كالمبيدات الـنيماتودية العضوية. وتمتلك الـنيماتودا الحية مقدرة الاختيار (Selectivity) تجاه الجزيئات الداخلة إلى أجسامها، ولكن هذه المقدرة تزول عند الموت، فقد وجد مثلاً أن نيماتودا الموالح ونيماتودا ثأليل حبوب القمح تأخذ وتتخلص بسرعة من الماء ومبيدي EDB و DBCP، إلا أنهما لا تفاعلان ذلك مع الجلوكوز وخلات الصوديوم والجلاليسين. ويؤثر التأقلم البيئي للـنيماتودا على هذه المقدرة، وبصورة عامة فقد وجد أن النفاذية تكون بدرجة أكبر في نيماتودا البحار

والمحيطات منها في نيماتودا النبات والحيوان. كما أن التأقلم البيئي أيضاً يؤثر على تركيب طبقة الكيوتيكل نفسها، وبالإضافة إلى ذلك فإن طبقة الهيودرمس تتحكم في نشاط طبقة الكيوتيكل، وخاصة فيما يتعلق بالنمو والنفاذية.

وبالرغم من قلة المعلومات حول تركيب الكيوتيكل المبطن للفتحات الخارجية، إلا أن طبقة الكيوتيكل المغلفة لجسم النيماتودا تعتبر طبقة بروتينية Collagen مركبة، تتكون من عدة طبقات، يختلف عددها باختلاف أجناس النيماتودا ومراحل تطورها، وباختلاف مناطق الجسم للنوع الواحد.

ويعتقد أن طبقة الكيوتيكل تتكون أساساً من ثلاث طبقات هي من الخارج إلى الداخل: طبقة القشرة Cortex، وطبقة النخاع Matrix، والطبقة القاعدية Basallayer. وقد تنقسم هذه الطبقات إلى عدة طبقات أخرى، ويبدو أن طبقة النخاع قد لا توجد في بعض أنواع النيماتودا. ويختلف سمك طبقة الكيوتيكل كثيراً في النيماتودا الطفيلية، فهو يتراوح من ٣ ميكرونات في النيماتودا الخنجرية *Xiphinema americanum* إلى ٥٠ ميكرونات في نيماتودا *Strongylus equinus*. وقد وجد أن النسبة بين سمك طبقة الكيوتيكل وقطر جسم النيماتودا يتراوح من ١ : ٣٠ إلى ١ : ٤٠. هذا ويتخذ الكيوتيكل في بعض الأنواع شكلاً مختلفاً، فقد وجد أن الغطاء الخارجي لجسم إناث النيماتودا الغمدية *Hemicycliophora arenaria* يتكون من جزئين أحدهما خارجي وهو على هيئة غلاف غير ملتصق (Loose Sheath) والآخر داخلي يمثل الكيوتيكل الحقيقي الذي يتكون من سبع طبقات.

External Cuticular Structures

يوجد على سطح الكيوتيكل كثير من التركيبات والعلامات Markings المختلفة ذات التكوين المعقد. وتعتبر هذه التركيبات ذات فائدة تصنيفية، حيث تساعد في التعرف على الأنواع المختلفة من النيماتودا، وتشمل هذه التركيبات الآتي:

Punctuation -

ويظهر على هيئة نقط صغيرة مستديرة أو بيضاوية الشكل، تترتب على شكل صفوف طولية أو عرضية، أو تتخذ ترتيبات مختلفة، يكثر وجودها بصورة عامة في النيमतودا الحرة. ومع أن هذه النقط تبدو واضحة على السطح عند الفحص تحت المجهر الضوئي، إلا أن بعض المختصين يرى أنها عبارة عن فتحات لقنوات مسامية تمتد من الطبقات الداخلية للكيوتيكل. ولكن عندما درست هذه النقط حديثاً بواسطة المجهر الإلكتروني بدت وكأنها عصيات صغيرة مجوفة يعتقد أنها تعمل على تدعيم طبقة الكيوتيكل، وليست كما كان يظن بعض الباحثين.

Transverse Markings () -

توجد تقريباً في جميع أنواع النيमतودا، وتأخذ هذه التركيبات شكل تخطيطات (Striation) ناعمة، أو تكون أكثر عمقاً فتشبه التحلق Annulation. وتختلف درجة التخطيط العرضي في نيमतودا النبات من جنس إلى آخر، ففي نيमतودا القرح *Pratylenchus spp.* مثلاً، يكون التخطيط ناعماً Fine Striation (الشكل ٦١)، بينما يبدو أكثر عمقاً في النيमतودا الرحيمة *Hoplolaimus spp.* (الشكل ٧٣)، أو يكون عميقاً يشبه التحلق كما في النيमतودا الحلقيه *Criconemella spp.* (الشكل ٧٤) حيث تبدو أجسامها وكأنها مقسمة إلى حلقات حقيقية.

ويتكون التخطيط العرضي نتيجة لانشاءات إلى الداخل في الطبقات الخارجية من طبقة الكيوتيكل تحدث في مناطق متقاربة على السطح. وبالرغم من أن التخطيط العرضي يوجد في جميع أنواع النيमतودا، إلا أنه قد يكون بدرجات مختلفة كما ذكرنا أعلاه، كما أن له علاقة بحركة النيमतودا البطنية الظهرية.

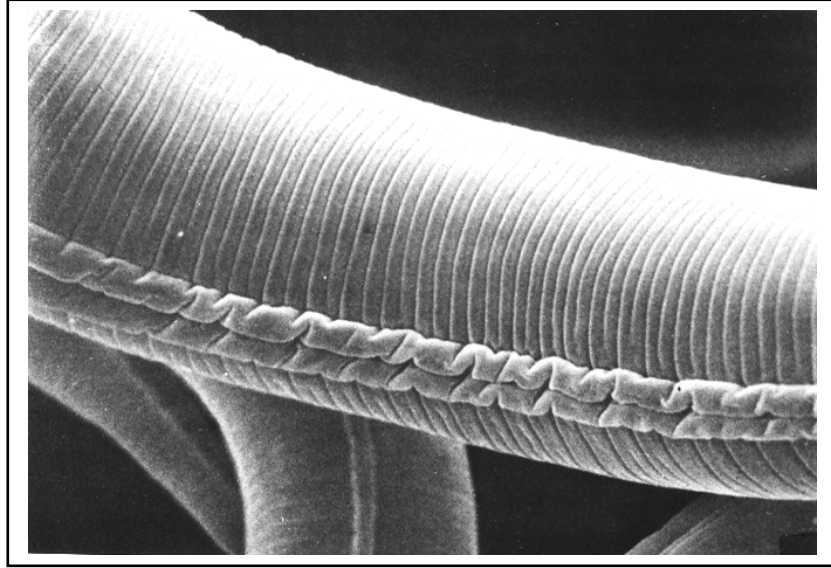
Longitudinal Markings () -

تأخذ هذه التراكيب عادة شكل جدر محدبة Ridges أو تجنحات Alae طولية.

(**Ridges**: وهي عبارة عن مناطق بارزة مستمرة على طول الجسم، كما في بعض أنواع الديدان المتطفلة على الحيوان، ويعتبر ترتيب هذه الجدر صفة تقسيمية مفيدة.

(**Alae**: تكون هذه التجنحات إما عبارة عن زيادة في سمك الكيوتيكل في مناطق معينة، أو على شكل بروزات سطحية توجد في المنطقة الجانبية أو تحت الجانبية لجسم الديدان، وتقسم إلى ما يلي:

● **تجنحات طولية Longitudinal Alae**: تتكون من طبقات الكيوتيكل الخارجية التي تمتد طولياً على جانبي الجسم، يعرف الواحد منها بالحقل الجانبي Lateral Field (الشكل رقم ٥)، ويقع الحقلان الجانبيان فوق منطقة الحبلين الجانبيين لطبقة الهيودرمس مباشرة.



(SEM)

(.)

Aphelenchus rutgersi

(Wergin, 1981).

ويختلف شكل الحقل الجانبي كثيراً في الـنيماتودا المختلفة، كما أن عدد الخطوط الطولية Longitudinal Incisures التي توجد داخل الحقل الجانبي تختلف (١-١٢) باختلاف الـنيماتودا، ويعتبر هذا العدد صفة من الصفات التقسيمية للنوع في بعض الحالات. ويعتقد أن الحقلين الجانبيين يساعدان في حركة الـنيماتودا، وربما يسمحان بزيادة عرض الجسم عند النمو.

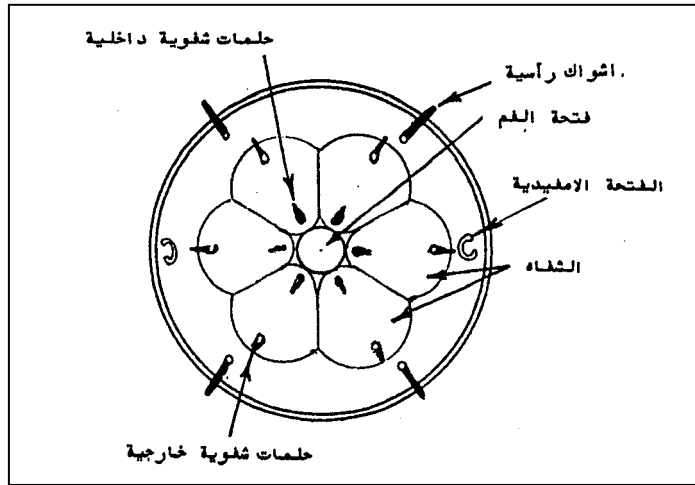
● **تجنحات ذيلية Caudual Alae**: توجد في النهاية الخلفية لجسم الذكر، ويقتصر وجودها على ذكور بعض الأجناس الـنيماتودية دون الأخرى، وعادة يطلق عليها اسم الجراب التناسلي (أو غشاء السفاد) Bursa (الشكل رقم ٢ب). ويساعد الجراب التناسلي على ثبات اتزان الـنيماتودا عند عملية السفاد (الشكل رقم ٢٣)، كما يبدو أنه تركيب حساس مزود بحلمات تناسلية حسية Genital Papillae، يزداد حجمه بوجود مادة تخرج من الفتحة التناسلية للأنثى أو قريبها.

● **تجنحات عنقية Cervical Alae**: توجد في الجزء الأمامي من الجسم، ويقتصر وجودها على بعض أنواع الـنيماتودا المتطفلة على الإنسان والحيوان، كـفصيلة Ascaridae، وفصيلة Strongylidae، وهذه التجنحات تنشأ أساساً من الطبقتين الخارجيتين للـكيوتيكل.

:Cephalic Cuticular Structures

تتميز منطقة الرأس عادة بتناظر شعاعي سداسي Hexaradiate Symmetry، حيث يحيط بفتحة الفم ست شفاه، اثنتان تحت - ظهريتان Sundorsal، واثنتان جانبيتان Lateral، واثنتان تحت - بطنيتان Subventral. وتُزود منطقة الشفاه بعدد من الأعضاء الحسية مرتبة في ثلاثة صفوف دائرية، حيث يحيط بالشفاه في الصف الخارجي أربع حلقات (أشواك) رأسية Cephalic Papillae (Setae)، وفي الصف الأوسط على

الشفاه توجد ست حلقات شفوية خارجية Outer Labial Papillae ، وفي الصف الداخلي توجد ست حلقات شفوية داخلية Inner Labial Papillae ، (الشكل رقم ٦). هذا وقد تندمج هذه الشفاه في بعض الأنواع لتشكيل ثلاثة أزواج كما في الأسكارس. وقد يحدث تحورات كبيرة في هذه المنطقة، أو قد تغيب هذه الشفاه تماماً في بعض الأنواع ليحل محلها تراكيب خاصة على شكل غوات رأسية وشفوية Labial and Cephalic Probolae . وبصورة عامة تتكون المنطقة الشفوية في معظم أنواع نيماتودا النبات من ست شفاه (الشكل رقم ٨) ، وقد تمتلك هيكلاً رأسياً Cephalic Framework يدعم منطقة الرأس، كما في جنسي *Belonolaimus* (الشكل رقم ٨١ب) و *Hoplolaimus* مثلاً. وقد تندمج الشفاه في أنواع قليلة من نيماتودا النبات لتكون وحدة شفوية واحدة (طائفة Adenophorea).



()

()

(Bird, 1971)

Hypodermis

:

وهي طبقة رقيقة من الأنسجة (الشكل رقم ٤) تقع مباشرة تحت طبقة الكيوتيكل، وتتميز ببروزات طولية متجهة إلى الداخل في مناطق الظهر والبطن والجانبين، مكونة بذلك أربعة حبال طولية تقسم طبقة العضلات الداخلية إلى أربعة أقسام متساوية. ويوجد في معظم أنواع النيماتودا أربعة حبال Chords طولية، وقد يتضاعف هذا العدد في بعض الأنواع، إلا أنه مهما تغير عدد الحبال يظل الحبلان الجانبيان Lateral Chords هما الأهم والأكثر وضوحاً. وتخلو منطقة الهيودرمس الواقعة بين الحبال من الأنوية، بينما تكون التراكيب في منطقة الحبال أكثر تعقيداً، حيث تحتوي هذه المنطقة على عدة أنوية وحببيبات من الدهون والجلايكوجين اللازمة للعمليات البيولوجية أثناء النمو. كما تحتوي منطقة الحبال على أعصاب الجسم الممتدة طولياً، وكذلك على قناتي الإخراج Excretory Canals في حالة وجودهما في كثير من الأنواع.

وتتميز طبقة الهيودرمس بأنها طبقة خلوية Cellular في طور اليرقات، وفي الطور الكامل لبعض الأنواع، ولكنها قد تصبح اندماجاً خلوياً Syncytium في بعض الأنواع الطفيلية الكبيرة، أو أن هذه الأنواع الأخيرة ذات طبقة خلوية ولكن يصعب تحديد جدر الخلايا. وتعتبر طبقة الهيودرمس من أكثر أنسجة الجسم حيوية ونشاطاً، فبالإضافة إلى وظيفتها الرئيسية في تكوين طبقة كيوتيكل جديدة عند كل عملية انسلاخ، فإنها تعتبر منطقة غنية بالدهون والجلايكوجين وعدد من الإنزيمات الضرورية للقيام بالعمليات البيولوجية المهمة لنشاط ونمو النيماتودا. كما أنها تحتوي في بعض الأنواع على عدد من الغدد وحيدة الخلية التي يعتقد أنها تعمل كمنظمات أسموزية أو أيونية، كما أن لها علاقة بأعضاء الحس المختلفة كالأعضاء الأمفية والفازميدية.

Somatic Musculature

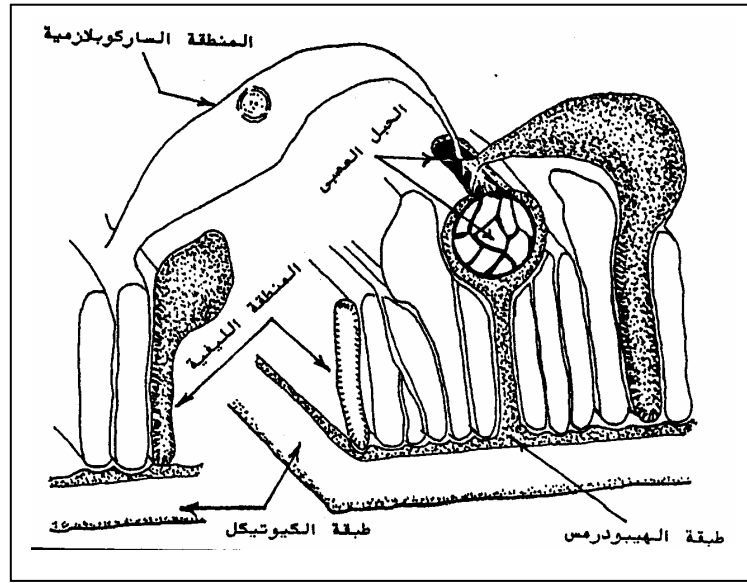
:

وهي تلي طبقة الهيودرمس إلى الداخل، وتتكون من طبقة واحدة من خلايا عضلية مغزلية الشكل مرتبة طولياً (الشكل رقم ٤)، ويلامس طرفها الخارجي طبقة الهيودرمس. وتقسم طبقة العضلات إلى عدة حقول (٢-٨) عضلية طولية، وذلك بحسب عدد حبال طبقة الهيودرمس الطولية. فمثلاً إذا كان عدد هذه الحبال أربعة فإن هذه الطبقة تقسم إلى أربعة حقول عضلية، إثنان منها على جانبي منطقة الظهر Subdorsal، وآخران على جانبي منطقة البطن Subventral. وبحسب عدد صفوف الخلايا العضلية في كل حقل عضلي فإنه يمكن تمييز شكلين من ترتيب هذه الصفوف، فإذا احتوى الحقل الواحد على ٢-٥ صفوف أطلق على هذا الترتيب Meromyarian، أما إذا كان عدد الصفوف أكثر من ذلك فيكون الترتيب من النوع Polymyarian.

والخلية العضلية مغزلية الشكل (الشكل رقم ٧)، مغلفة بغشاء رقيق Sarcolemma، وتتكون من منطقتين: منطقة غير منقبضة Non-Contractile Region (ساركوبلازمية) تمتد إلى داخل تجويف الجسم وتحتوي على نواة الخلية وسيتوبلازم مليء بحبيبات الجليكوجين وأجسام دهنية وميتكوندريا، ويخرج من بعضها ذراع عضلية تتصل بالحبل العصبي. أما المنطقة الثانية فهي منطقة منقبضة Contractile Region (ليفية) تتصل في طرفها الخارجي بطبقة الهيودرمس عن طريق مجموعة من الألياف، وتحتوي هذه المنطقة الأخيرة على أشرطة ليفية تكون عمودية على سطحها الداخلي.

وتتصل الخلايا العضلية مع بعضها البعض في كثير من أنواع النيماتودا بواسطة جسور (اتصالات) سيتوبلازمية، كما قد تحتوي هذه الخلايا - كما ذكرنا سابقاً - على كثير من الاتصالات بالجهاز العصبي عن طريق أذرع عضلية تتصل بالحبال

العصبية. وبالإضافة إلى دور طبقة العضلات الجسدية الرئيس في حركة النيما تودا فإنها تعتبر أيضاً مخزناً للجليكوجين.



(.)

(Bird, 1971)

وبالإضافة إلى العضلات الجسدية يوجد عدد من العضلات المتخصصة، كتلك التي توجد في مناطق الرأس، والمريء، والأمعاء، والشرح، وذلك للمساعدة في عمليات التغذية وحركة الغذاء في الأمعاء وإخراج الفضلات، وأيضاً في عملية التكاثر كتلك العضلات التي توجد في مناطق الفتحة التناسلية، وأشواك السفاد، والجسم المرشد، والجراب التناسلي.

Body Cavity

تتميز الـنيماتودا بتجويف جسمي غير حقيقي Pseudocoelom ، وهي بذلك تختلف عن بقية الحيوانات ذات التجويف الجسمي الحقيقي ، فتجويفها غير مبطن تماماً بنسيج ميزوديرمي الأصل (المنشأ) ، ولكنه مبطن من الناحية الخارجية بطبقة الخلايا العضلية الجسدية ، ومن الناحية الداخلية بخلايا القناة الهضمية. وكلتا المجموعتين من الخلايا ليست خلايا ميزودرمية الأصل (المنشأ).

ويمتليء هذا التجويف بسائل الجسم ، وهو ذو تركيب كيميائي معقد. ومعظم الدراسات التي تناولت هذا السائل كانت على الـنيماتودا الكبيرة الحجم وخاصة الأسكارس. ويُعتقد أن سائل الجسم يقوم بعدد من العمليات الفسيولوجية المهمة كنقل المواد الغذائية المهضومة من الأمعاء ، وكذلك تبادل الغازات وحركة الماء في جسم الـنيماتودا ، كما أنه يعمل على تنظيف (غسيل) الأعضاء الداخلية. ولسائل الجسم دور كبير في نظام الضغط الانتفاخي Turgor-Pressure System لجسم الـنيماتودا ، حيث يكون دائماً تحت ضغط هيدروستاتيكي يختلف حسب انقباض وانبساط العضلات (المتوسط في الأسكارس حوالي ٧٠مم زئبق) ، ولذلك فهو يساعد على حركة الـنيماتودا ، ويشكل مع الكيوتيكل هيكلًا هيدروستاتيكيًا.