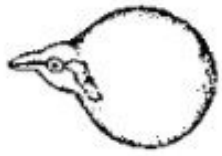
الشكل الخارجي والتركيب الداخلي للنيماتودا
Morphology and Anatomy of Nematodes

الشكل الخارجي للنيماتودا

في معظم نيماتودا النبات يكون الجسم مغزلي الشكل، حيث يكون عريض نسبياً في الوسط ويستدق عند المقدمة والمؤخرة باستثناء عدد قليل منها حيث يتحور جسمها إلى أشكال مختلفة كما في حالة إناث بعض الأنواع النيماتودية حيث تأخذ أشكالاً مختلفة (شكل 1) مثل:

- الشكل الكمثري كما في نيماتودا تعقد الجذور "ميلودوجين" *Meloidogyne* spp.
- الشكل الليموني كما في نيماتودا الحوصلات "هيتروديرا" *Heterodera* spp.
- الشكل الكلوي كما في النيماتودا الكلوية "روتيلينكيولص رينيفورمس" *Rotylenchulus reniformis* ونيماتودا الموالح "تيلنكيولص سيميبنترنس" *Tylenchulus semipenetrans* (مع امتداد منطقة العنق)
- الشكل الكروي أو المستدير كما في بعض أنواع النيماتودا الذهبية "قلوبوديرا" *Globodera* spp.
- الشكل المغزلي كما في نيماتودا تعقد الجذور الكاذب "نكوبص" *Nacobbus* spp.

وهذه الأنواع المختلفة من الإناث تفقد قدرتها على الحركة وتبقى ساكنة داخل الجذور أو على سطوحها. أما النيماتودا المتطفلة على الحشرات فيكون شكل الجسم خيطي الشكل، أي أن عرض الجسم متساوي على طول محوره.



الشكل الكمثري
نيماتودا تعقد الجذور
Meloidogyne spp.

الشكل الليموني
نيماتودا الحوصلات
Heterodera spp

الشكل الكلوي
النيماتودا الكلوية
Rotylenchulus sp.

الشكل الكلوي
نيماتودا الموالح
Tylenchulus sp.

الشكل الكروي
النيماتودا الذهبية
Globodera spp.

الشكل المغزلي
نيماتودا تعقد الجذور الكاذب
Nacobbus spp.

شكل (1): الأشكال المنتفخة التي تتخذها إناث بعض أجناس النيماتودا.

ويختلف طول جسم النيماتودا حسب نوع النيماتودا. حيث يتراوح طول جسمها من 0.2 مم إلى عده أمتار. بعض أنواع نيماتودا الحيوان يصل طولها إلى 7.5 متر. ويصل طول بعض أنواع النيماتودا البحرية إلى 5 سم وعرضها إلى 500 ميكرون. بينما نيماتودا النبات لا يزيد طولها عن خمسة مليمترات (5مم)، وعرضها خمسة من مائة بالمائة مليمترات (0,05 مم) وسمكها 15-35 ميكرون لذلك يصعب رؤيتها بالعين المجردة.

شكل (2): النيماتودا الحلقية

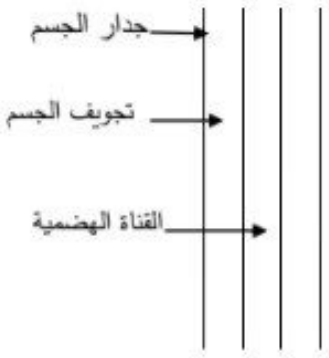
ويتميز جسم النيماتودا بأنه غير مقسم إلى حلقات، إلا أنة توجد بعض الأنواع القليلة جداً مثل النيماتودا الحلقية *Macroposthonia* spp. تبدو وكأن أجسامها مقسمة إلى حلقات، ولكن هذا التحلق لا يمتد إلى ما تحت طبقة الكيوتيكل في جدار الجسم (شكل 2).

وجسم النيماتودا شفاف عديم اللون في معظم النيماتودا الصغيرة. لكن في بعض الأنواع يتخذ الكيوتيكل لوناً أبيض أو أصفر إلى حد ما. لكن في بعض الأنواع الأخرى يتخذ لوناً خفيفا يعكس محتويات الغذاء في أمعائها.

ويمكن تميز جسم النيماتودا (شكل 3) طولياً إلى سطح بطني، يوجد علية جميع الفتحات الطبيعية (الفتحة الإخراجية، الفتحة التناسلية والفتحة الشرجية في حاله الإناث، وفتحه المجمع في حالة الذكور). وسطح ظهري في الجهة العلوية.

التركيب الداخلي لجسم النيماتودا

يمكن تصور جسم النيماتودا على أنة يتكون من أنبوبتين واحدة داخل الأخرى (شكل 4). الأنبوبة الخارجية تمثل **جدار الجسم**، بينما الأنبوبة الداخلية تمثل **القناة الهضمية (الجهاز الهضمي)**. ويفصل بين الأنبوبتين تجويف يعرف **بتجويف الجسم** وهو تجويف حشوي كاذب يمتلئ بسائل يطلق علية **سائل الجسم** وينغمر في هذا السائل الجهاز التناسلي الذكري والأنثوي.

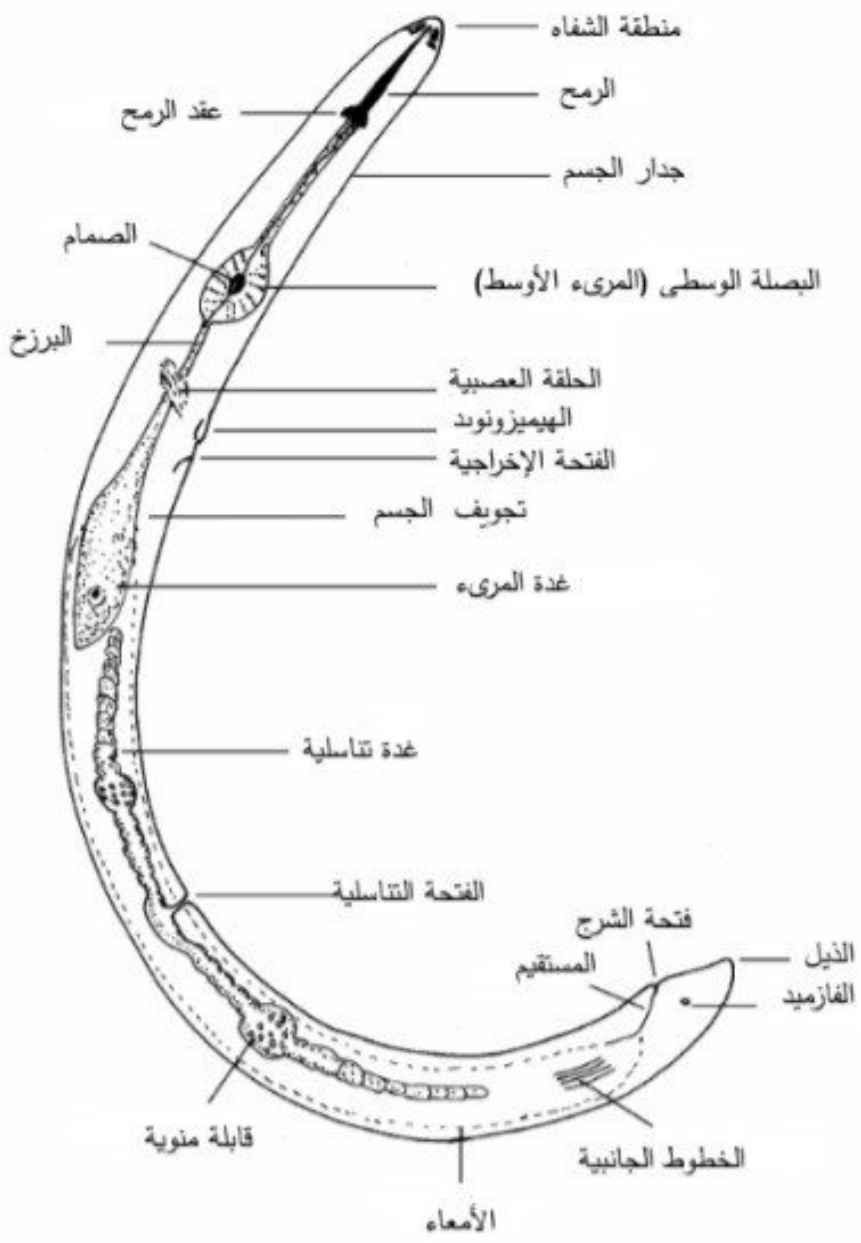


شكل (4) رسم توضيحي يوضح جسم النيماتودا.

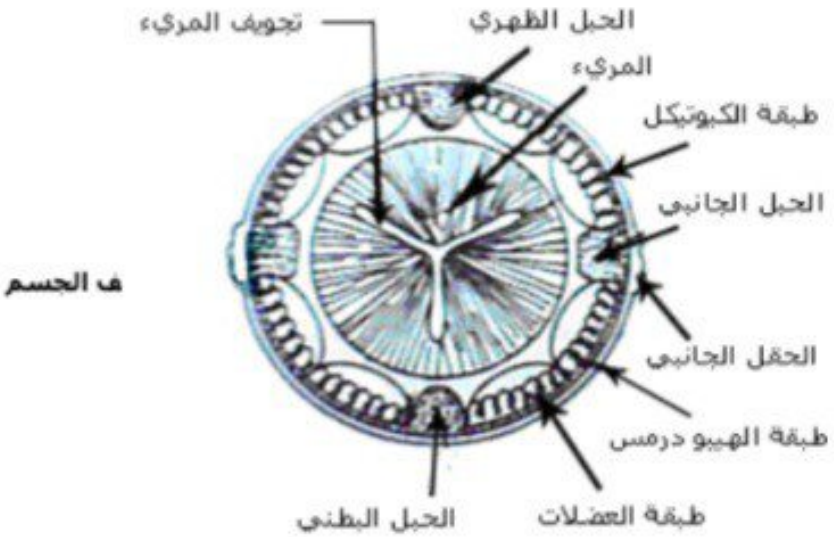
أولاً- جدار الجسم Body wall

عبارة عن تركيب متعدد الطبقات حيث يغطي جسم النيماتودا من الخارج ويعمل على حماية ووقاية الجسم من المؤثرات الخارجية. ويتركب جدار الجسم من الخارج إلى الداخل من ثلاث طبقات رئيسة (شكل 5)، هي:

1. الكيوتيكل 2. الهيبوديرمي 3. عضلات الجسم



شكل (3): الشكل الخارجي والتركيب الداخلي العام لنيماتودا النبات.

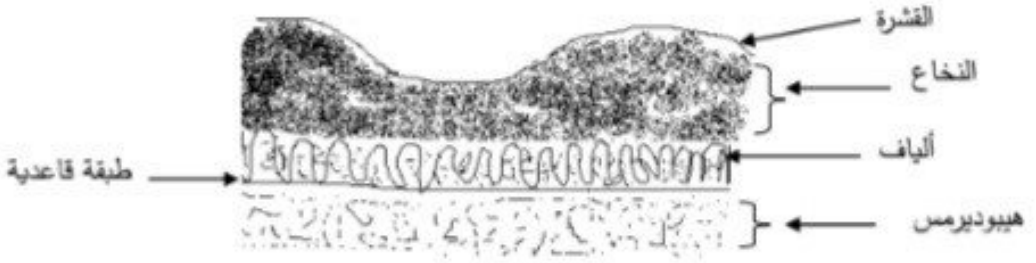


شكل (5): قطاع عرضي في جسم النيماتودا عند منطقة المريء يوضح الطبقات الرئيسة الثلاث لجدار الجسم: الكيوتيكل، الهيبوديرمس، عضلات الجسم.

الكيوتيكل Cuticle

وهي عبارة عن طبقة خارجية شفافة عديمة اللون مرنة لخلوها من مادة الكيتين التي توجد في الحشرات. وهي طبقة غير حية تفرزها طبقة الهيبودرمس النشطة الحية. وتتكون من ثلاث طبقات هي من الخارج إلى الداخل (شكل 6):

- طبقة خارجية تعرف بالقشرة.
- طبقة وسطى متجانسة تعرف بالنخاع.
- طبقة داخلية تعرف بالألياف.



شكل (6): رسم توضيحي يوضح طبقات الكيوتيكل الثلاث.

وقد توجد طبقة قاعدية تفصل طبقة الكيوتيكل عن طبقة الهيبوديرمس، وقد تختفي طبقة النخاع في بعض أنواع النيماتودا. يوجد بطبقة الكيوتيكل البروتينات والدهون والسكريات المعقدة. و تبطن طبقة الكيوتيكل جميع الفتحات الطبيعية الموجودة على جسم النيماتودا وكذلك أعضاء الحس المختلفة مثل الأمفيد والفازميد. وتقوم طبقة الكيوتيكل بعدة وظائف منها:

- حماية الجسم من المؤثرات الخارجية في البيئة المحيطة بها.
- تعمل كهيكل قابل للتمدد عند النمو إلى حين وقت انسلاخ النيماتودا حيث يتم طرد الكيوتيكل القديم ويحل محله كيوتيكل جديد أكثر اتساعاً ليسمح بنمو النيماتودا وزيادة حجمها.

- تسمح بمرور ونفاذ الكثير من المركبات الكيميائية كالماء وبعض الأيونات وبعض المركبات العضوية كالمبيدات النيماتودية العضوية.

والكيوتيكل: نوعان

أ- أملس (غير مخطط) يُرى تحت المجهر على شكل خيط ويوجد هذا النوع في طائفة "ادينوفوريا" Class: Adenophorea.

ب- مخطط تخطيط عرضي يتكون نتيجة لانثناءات إلى الداخل في الطبقات الخارجية من طبقة الكيوتيكل تحدث في مناطق متقاربة على السطح، ويوجد هذا النوع في طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea. وتختلف درجة التخطيط العرضي في نيماتودا النبات من جنس إلى آخر.

- فقد يكون التخطيط ناعماً كما في نيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp.
- وقد يبدو التخطيط أكثر عمقاً كما في النيماتودا الرمحية *Hoplolaimus* spp.
- وقد يكون التخطيط عميقاً يشبه التحلق كما في النيماتودا الحلقية (شكل 2) *Macroposthonia* spp.

وتوجد خطوط طولية غائرة نوعاً ما على طول جانبي الجسم تسمى **حقول جانبية** (شكل 5) وظيفتها تساعد في حركة النيماتودا، وكذلك تسمح بزيادة عرض جسم النيماتودا عند نموها.

الهيبودرمس Hypodermis

وهي طبقة رقيقة تقع أسفل طبقة الكيوتيكل (شكل 5، 6)، تتكون من صف واحد من الخلايا. وتتسع وتزداد في السمك أسفل الحقلين الجانبيين. وظيفتها إفراز طبقة كيوتيكل جديدة عند كل عملية انسلاخ.

عضلات الجسم Somatic musculature

توجد أسفل طبقة الهيبودرمس (شكل 5)، وهي طبقة سميكة مكونة من خلايا عضلية سطحها الداخلي يواجه تجويف الجسم. وتقسم طبقة العضلات الجسمية إلى أربعة مجاميع يفصلها حبال جدار الجسم الظهرية والبطنية والجانبية. وظيفتها لها دور رئيسي في حركة النيماتودا.

ثانياً- تجويف الجسم Body cavity

تتميز النيماتودا بتجويف جسم غير حقيقي، يمتلئ هذا التجويف بسائل الجسم، وهو ذو تركيب كيميائي معقد، ويعتقد أن هذا السائل يقوم بعدد من الوظائف الفسيولوجية، هي:

1. نقل المواد الغذائية من الأمعاء إلى بقية أجزاء الجسم.
2. يقوم بتبادل الغازات وحركة الماء في جسم النيماتودا.
3. يعمل على تنظيف (غسيل) الأعضاء الداخلية للنيماتودا.

4. يعمل على تنظيم الضغط الانتفاخي لجسم النيماتودا. حيث يكون هذا الضغط تحت توازن السوائل وضغطها وهذا ما يساعد على حركة النيماتودا.

ثالثاً- أجهزة الجسم المختلفة

يحتوي جسم النيماتودا الداخلي على الأجهزة التالية:

1. الجهاز الهضمي 2.الجهاز العصبي 3. الجهاز الإخراجي 4. الجهاز التناسلي

ولا يوجد بالنيماتودا جهاز دوري أو جهاز تنفسي لان أبعاد جسم النيماتودا تكون صغيرة. ويحل محل هذين الجهازين سائل الجسم.

الجهاز الهضمي Digestive system

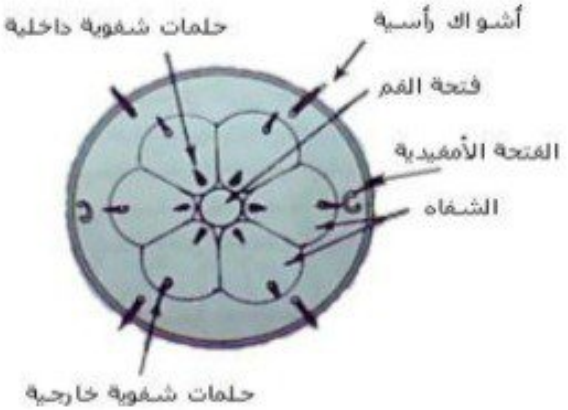
يقوم الجهاز الهضمي بامتصاص الغذاء من خلايا العائل عن طريق الحركة العضلية للمرئ ثم هضمه بواسطة الإنزيمات التي تفرز بواسطة عدد من الخلايا الغدية وتخزين نواتج الهضم في جدار الأمعاء على هيئة حبيبات دهن تستخدمها النيماتودا في إنتاج الطاقة اللازمة لنشاطها. وهو من المكونات الهامة عند تعريف وتصنيف النيماتودا. ويتكون من (شكل 3):

1. فتحة الفم.
2. تجويف الفم. } هذه الأجزاء الثلاثة تمثل القناة الهضمية الأمامية.
3. المرئ.
4. الأمعاء ← تمثل القناة الهضمية الوسطى.
5. المستقيم. ← يمثل القناة الهضمية الخلفية.

أولا- فتحة الفم Mouth Opening

تحاط فتحة الفم (الفتحة الشفوية) بست شفاه (شكل 7) (2 جانبية + 2تحت بطنية + 2تحت ظهرية). كما يوجد على الشفاه:

- حلمات حسية يصل عددها إلى 16 حلمة موزعة على ثلاث مستويات (6 +6 +4) وقد يتغير وضعها وتصبح 6 + 10 وقد يقل عددها عن ذلك.
- أعضاء الشم الحسية تسمى الامفيد.



شكل (7): منظر أمامي لمنطقة الشفاه يوضح ترتيب الشفاه وأعضاء الحس مرتبة في ثلاثة صفوف دائرية.

ثانيا- تجويف الفم Stoma (Buccal Cavity)

يلي الفتحة الشفوية, وقد يكون ضيق أو متسع الحجم ومزود برمح Stylet (Spear) مدبب في النيماتودا المتطفلة على النبات وهو رمح مجوف تستخدمه النيماتودا في اختراق أنسجة النبات, وامتصاص العصارة النباتية. ويمكن تميز نوعين من الرمح في نيماتودا النبات وذلك بحسب نشأته وشكله:

أ- الرمح المجوف (المسماري) "ستوماتو ستيلات" Stomatostylet

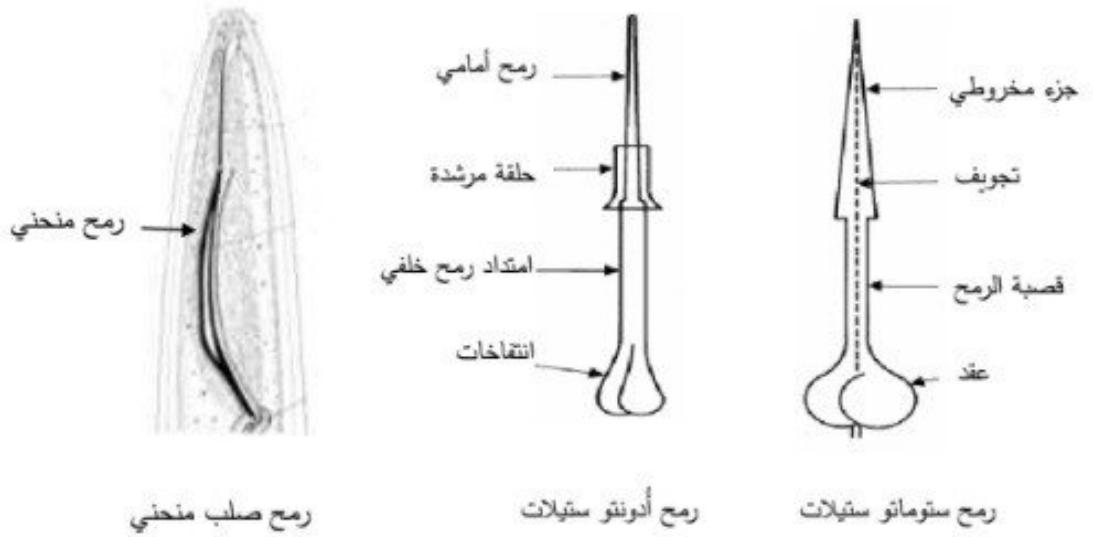
ينشأ من اندماج الجدر المتصلبة لتجويف الفم. يوجد هذا النوع في طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea ورتبة "تيلينكيدا" Order: Tylenchida. ويختلف طول وتركيب هذا النوع من الرمح في الأجناس النيماتودية المختلفة. مكوناته أنظر (الشكل 8):

ب-الرمح الشوكي "أدونتو ستيلات" Odontostylet

ينشأ من إبرة أو شوكة بجوار المريء. وهو رمح طويل نسبياً ذو شكل إبري في جزئه الأمامي, وذو تجويف ضيق جداً. يوجد في طائفة "ادينوفوريا" Class: Adenophorea ورتبة "دورليميدا" Order: Dorylaimida. مكوناته أنظر (شكل 8).

وهناك رمح خاص من نوع الرمح الشوكي وهو عبارة عن رمح صلب منحني (شكل 8) غير مجوف يشبه السن ينشأ عن استطالة السن الظهرية في تجويف الفم كما في نيماتودا تقصف الجذور "تريكودورس" *Trichodorus* spp.

ويتصل بهذه العقد أو الانتفاخات الثلاث القاعدية **عضلات قوية** ترتبط بمقدمة الرأس وتعمل على تحريك الرمح إلى الأمام عند انقباضها ليخرج الجزء الأمامي للرمح إلى الخارج, ثم يعود الرمح إلى مكانة عند انبساطها وذلك في أثناء عملية التغذية. كما توجد **حلقة مرشدة** تحيط بالرمح, يختلف موقعها باختلاف جنس النيماتودا.



شكل (8): أنواع الرمح في نيماتودا النبات.

ثالثا- المريء Esophagus

عضو عضلي غدي التركيب يقوم بامتصاص الغذاء وضخة للداخل نحوى الأمعاء. وتجويف (ممر) المريء تركيب ثلاثي التشعب على شكل حرف "وأي" بالانجليزية "Y" (شكل 5) يتحكم في حركته مجموعة من العضلات وظيفتها التحكم في فتح وغلق ممر المريء.

والمريء من الأجزاء الهامة التي تستخدم في تصنيف وتعريف النيماتودا حيث يتخذ عدة أشكال مختلفة, فقد يتكون المريء من:

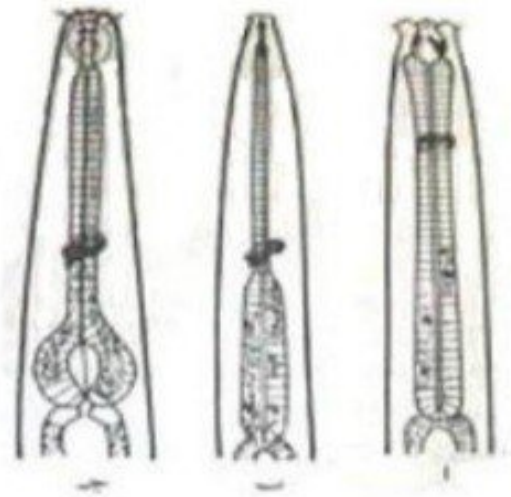
1- جزء واحد اسطواني متساوي في الاتساع يعرف **بالمريء الاسطواني** (شكل 9أ). يوجد في النيماتودا المفترسة "مونونكص" *Mononchus* sp.

2- جزئين, ويأخذ الشكليين التاليين:

أ- **المريء القنيني:** يتكون من جزء أمامي ضيق يعرف بالجسم, وجزء خلفي منتفخ يعرف بالبصلة القاعدية. وهذا المريء يشبه شكل القارورة (شكل 9ب). يوجد في النيماتودا الخنجرية *Xiphinema* spp. النيماتودا الابرية *Longidorus* spp. ونيماتودا تقصف الجذور *Trichodorus* spp.

ب- **المريء البصلي:** يتكون من جزء أمامي أسطواني يعرف بالجسم, وآخر خلفي منتفخ بصلي الشكل يعرف بالبصلة القاعدية (شكل 9 ج). يوجد في النيماتودا "بلكتص" *Plectus* spp.

وتوجد الأشكال الثلاث للمريء وهي: المريء الاسطواني والمريء القنيني والمريء البصلي في طائفة "ادينوفوريا" Class: Adenophorea (شكل 9) .



شكل (9): الأشكال المختلفة للمريء في طائفة "اديفوفوريا" Class: Adenophorea.
(أ) المريء الاسطواني، (ب) المريء القنيني، (ج) المريء البصلي.

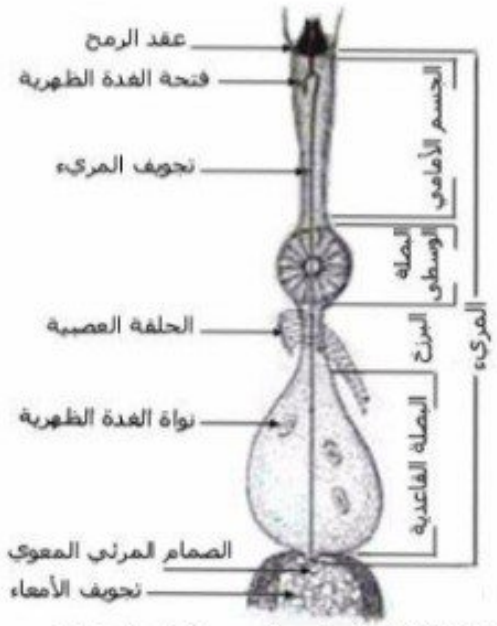
3- ثلاثة أجزاء رئيسة (شكل 10)، وهي:

أ- **الجسم:** ويتكون من

- جسم أمامي أسطواني يخلو من العضلات يعرف بالمريء الأمامي.
- جسم خلفي منتفخ يعرف **بالمريء الأوسط** وأحياناً يسمى **بالبصلة الوسطى** ويحتوي على **صمام مغلظ** يعمل كمضخة تساعد في امتصاص الغذاء وضخة للأسفل نحو الأمعاء.

ب_ البرزخ: وهو جزء ضيق يصل بين البصلة الوسطى والبصلة القاعدية، ويحيط به **الحلقة العصبية**.

جـ- البصلة القاعدية: وهي جزء منتفخ تحتوي على غدد المريء الثلاث (غدة ظهرية، وغدتين تحت بطنية) التي تفرز بعض الأنزيمات التي تساعد في عملية الهضم. ويخرج من هذه الغدد قنوات تفتح في ممر المريء عند البصلة الوسطى أو الجزء الأمامي من المريء.



شكل (10): الشكل النموذجي للمريء وأجزاؤه المختلفة.

ويتصل ممر المريء بالأمعاء بواسطة صمام يسمى **الصمام المريئي المعوي** وهو صمام ثلاثي شعاعي يعمل على منع رجوع الغذاء من الأمعاء إلى المريء.

وهذا النوع من المريء الذي يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسة يأخذ عدة أشكال، منها:

1- الشكل النموذجي

يتميز بوجود جميع أجزاء المريء المختلفة بشكل واضح حيث تأخذ البصلة القاعدية الشكل الكمثرى وتحتوي على صمام متصلب على شكل فراشة (شكل 11أ) كما في النيماتودا *Rhabditis* spp.

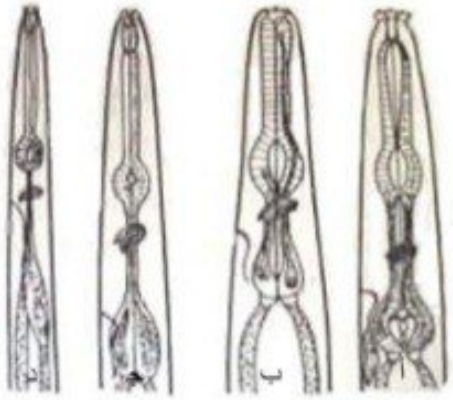
2- **الشكل الدبلوقاستروید:** يشبه إلى حد كبير الشكل النموذجي, إلا أنة لا يوجد صمام في البصلة القاعدية (شكل 11ب) كما في جنس "دبلوقستر" *Diplogaster* spp.

3- **الشكل التايلنكويد:** وهو الأكثر شيوعا في نيماتودا النبات (شكل 11جـ), إلا أن

- البصلة القاعدية تتحول إلى منطقة غدية كما في نيماتودا التقزم "تيلينكورينكص" *Tylenchorhynchus* spp.
- البصلة الوسطى قد لا تحتوي على صمام وقد تختفي كما في جنس "نيوتيلينكص" *Neotylenchus*.

4- **الشكل الافلنكويد:** يشبه الشكل التايلنكويد إلا أن البصلة الوسطى كبيرة الحجم, وعلى شكل مستطيل نوعاً ما ذات صمام واضح تصب فيها جميع غدد المريء (شكل 11د) كما في النيماتودا الفطرية "افلينكص" *Aphelenchus* sp.

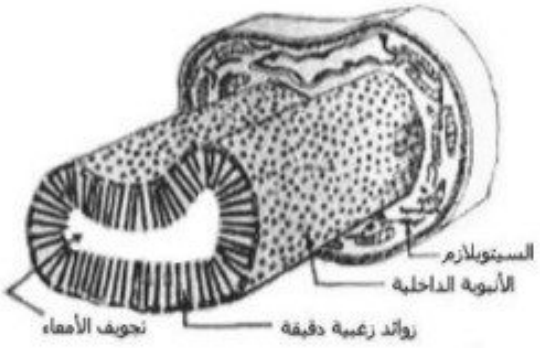
وهذه الأشكال الأربعة للمريء توجد في طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea التي تضم جميع معظم نيماتودا النبات (شكل 11).



شكل (11): الأشكال المختلفة للمريء في طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea. (أ) المريء النموذجي, (ب) المريء الدبلوقاستروید, (جـ) المريء التايلنكويد, (د) المريء الافلنكويد.

رابعاً- الأمعاء The intestine

عبارة عن أنبوبة بسيطة التركيب تقع في وضع مستقيم في تجويف الجسم. يتألف جدارها من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية, يبرز من أسطحها الداخلية بروزات سيتوبلازمية تشبه في مظهرها الأهداب (زوائد زغبية دقيقة) (شكل 12), تزيد من سطح الامتصاص ويتم داخل هذه القناة إتمام عملية هضم الغذاء.



شكل (12): قطاع عرضي في أمعاء أحد أنواع النيماتودا.

خامساً- المستقيم Rectum

وهو الجزء الخلفي من الأمعاء, عبارة عن أنبوبة قصيرة منضغطة من الجهتين الظهرية والبطنية, ينتهي:

- بفتحة الشرج في الأنثى: وهي عبارة عن شق عرضي في الجهة البطنية من مؤخرة الجسم.
- وبفتحة المجمع في الذكر :وهي فتحة واحدة مشتركة للجهازين الهضمي والتناسلي.

الجهاز العصبي Nervous system

يتكون الجهاز العصبي أساساً من حلقة عصبية nerve ring تحيط بالمريء عند الجزء الضيق منة المعروف بالبرزخ أو بالقرب من منتصف المريء (شكل10). ويتفرع من هذه الحلقة عدداً من الأعصاب تمتد للإمام والخلف لتصل كل الأعضاء الحسية الموجودة على الجسم. وأهم الأعضاء الحسية التي توجد على جسم النيماتودا مايلي:

1- حلمات شفوية

توجد على رأس النيماتودا حول الشفاه يصل عددها إلى 16 حلمة شفوية (6حلمات شفوية خارجية و6حلمات شفوية داخلية و 4 أشواك رأسية) (شكل7) تقوم بوظائف حسية هامة مثل اللمس والاستقبال الكيميائي لتوجيه النيماتودا للمكان المناسب للتغذية وكذلك تنبيها للمواد الكيماوية الجاذبة أو الطاردة الموجودة بالبيئة.

2- الامفيد

زوج من أعضاء الحس يعمل كمستقبل كيماوي في توجيه النيماتودا نحو جذور العائل استجابة لإفرازاتها الكيماوية, يقع على جانبي الرأس أو أسفلة, يظهر على هيئة فتحة خارجية على الكيوتيكل (شكل 13). وله عدة أشكال:

- في طائفة "سيسرنينتيا" Class: Secernentea يكون فتحة صغيرة الحجم مستديرة تقريباً.
- أما في طائفة "أدينوفوريا" Class: Adenophorea فتأخذ أشكال مختلفة منها الحلزوني, والدائري, والجيبي والشق الطولي.

شكل (13): الأشكال المختلفة للفتحات الامفيدية في النيماتودا.

3- الفازميد

زوج من أعضاء الحس يوجد على جانبي مؤخرة الجسم وسط خطوط الحقل الجانبي. ويوجد في طائفة سيسرنينتيا Class: Secernentea فقط. وهو يشبه الأمفيد إلى حد كبير في تركيبه الداخلي ووظيفته.

4- **ديريد:** زوج من أعضاء الحس يقع على جانبي الجسم وسط الحقول الجانبية في منطقة الحلقة العصبية, وهو غير معروف الوظيفة.