الفصل السادس

الفيروسات
Viruses

أطلق العلماء اسم فيروسات Viruses على المسببات المرضية المتناهية في الصغر التي بإمكانها المرور عبر أدق المرشحات البكتيرية، وتستطيع أن تسبب أمراضاً للكائنات الحية المختلفة. تمت الإشارة إلى الفيروسات لأول مرة في العام ١٨٩٢م من قبل العالم الروسي إيفانوفسكي Ivanowski، حيث لاحظ أن خلاصة ورقة نبات تبغ مصاب بمرض فسيفساء (تبرقش) التبغ Tobacco mosaic disease يمكن لها ـ وبالرغم من تمريرها عبر أدق المرشحات البكتيرية ـ أن تسبب نفس المرض لورقة أخرى سليمة. لقد تبين أن الخلاصة الورقية تحتوي على المسبب المرضي المسمى بفيروس فسيفساء (تبرقش) التبغ (Tobacco Mosaic Virus = TMV).

اتضح فيما بعد أن الفيروسات يمكن أن تصيب النبات والحيوان وحتى البكتيريا، إلا أن أبرز الاكتشافات في هذا المجال كانت في العام ١٩٣٥م على يد العالم ستانلي W. Stanley، حيث بين أن فيروس فسيفساء (تبرقش) التبغ يمكن أن يكون بحالة غير حية حيث يأخذ أشكالاً بلورية ـ كما هو الحال عند معظم الفيروسات ـ ولكنه عندما يصيب خلايا حية، فإنه يتحول إلى الحالة الحية ويبدأ بالتكاثر. استناداً إلى

obeikandi.com

ما تقدم يمكن القول، أن الفيروسات تمثل حالة وسطى بين الحياة والجماد (النخال ١٩٩٨م).

(٦,١) الخصائص العامـــة

تضم الفيروسات مجموعة غير متجانسة من المسببات المرضية التي تشترك بالرغم من ذلك مع بعضها بمجموعة من الخصائص:

١ـ تعتبر الحبيبة الفيروسية متناهية في الصغر، حيث لا يزيد قطرها أو طولها عن ٣٠٠ نانومتر (١ نانومتر = ١٠ $^{-٩}$ متر)، ولا يمكن رؤيتها إلا بالمجهر الالكتروني.

٢ـ يمكن للفيروسات أن تمر عبر أدق المرشحات، حتى تلك التي لا تمر عبرها أصغر أنواع البكتيريا.

٣ـ تمثل الفيروسات كائنات متطفلة بشكل إجباري على الخلايا Obligatory cellular parasites، ولا يمكنها إنجاز أي من الوظائف الحياتية إلا إذا كانت داخل خلايا الكائن الحي العائل، وهي بذلك تختلف عن بقية الكائنات الطفيلية كالريكتسيا والسوطيات.

٤ـ لا تعتبر الفيروسات كائنات وحيدة الخلية فهي تفتقد إلى كثير من صفات الخلايا، والفيروس بشكل عام ليس أكثر من مجرد حبيبة مؤلفة من مادة نووية وغلاف بروتيني يحيط بها كما سيأتي شرحه.

٥ـ يمكن للفيروسات أن تُصيب أي كائن حي على وجه الأرض كالنباتات الراقية والطحالب ووحيدات الخلية الحيوانية والطيور والثدييات والإنسان، وحتى البكتيريا. حيث تُدعى الفيروسات التي تهاجم وتقتل البكتيريا بالفيروسات آكلات البكتيريا Bacteriophages أو اختصاراً بالملتهمات Phages، وتلك التي تصيب الفطريات بالفيروسات آكلات الفطور Mycophages.

٦ـ لا يمكن مخبرياً زراعة وتنمية الفيروسات على أي وسط مغذٍ صنعي، حيث إنها لا تتكاثر ولا تنمو إلا داخل خلايا الكائنات الحية.

٧ـ الفيروسات تشبه الأحياء في أنها تستطيع أن تصيب الكائنات الحية مسببة لها الأمراض، كما أنها تتكاثر وتحدث بها طفرات. وبالمقابل تشبه الفيروسات المواد غير الحية في أنها لا تتنفس، كما أنه يمكن معالجتها كيميائياً، فمثلاً يمكن ترسيبها من المحاليل وبلورة معظمها وإعادة إذابتها وتجميدها في صورة صلبة عند درجات حرارة منخفضة دون أن تفقد قدرتها على الإصابة والتطفل على الخلايا الحية.

٨ ـ تكون الفيروسات في غالب الأحيان متخصصة في التطفل وإصابة مجموعات كائنات حية محددة ، ففي كثير من الأحيان يكون الفيروس متخصصاً في إصابة جنس أو نوع محدد من الكائنات الحية.

٩ـ تتباين الفيروسات في مدى تحملها لدرجات الحرارة العالية، ففي حين يهلك بعضها مع ارتفاع درجات الحرارة والجفاف إلى مجالات لا تتحملها معظم الكائنات الحية ، بينما يمكن لبعضها الآخر أن يتحمل الحرارة والجفاف لعدة سنوات.

(٦,٢) المجموعات الفيروسية

يواجه تقسيم وتصنيف الفيروسات إشكاليات عديدة وطرائق تقسيم متباينة. يقوم بعض الباحثين بتقسيمها تبعاً لنوعية الحَمض النووي الذي تحتويه (DNA أو RNA)، بينما يستند آخرون إلى الشكل الخارجي، كما يقوم كثير من الباحثين بالتقسيم اعتماداً على العائل الذي يتطفل عليه الفيروس وعلى هذا الأساس يمكن توزيع الفيروسات في ثلاث مجموعات: فيروسات بكتيرية وفيروسات نباتية وفيروسات حيوانية ،(حسين، ٢٠٠١م). بالرغم من أن الطريقة الأخيرة تواجه بعضاً من الإشكاليات حيث إنه يوجد عدد قليل من الفيروسات التي تتطفل على النبات والحيوان، إلا أنها تعتبر الطريقة الأكثر قبولاً في الوقت الراهن، و تجري تسمية الفيروسات وفقاً للعائل المحدد الذي تتطفل عليه في كل مجموعة.

(٦,٢,١) الفيروسات البكتيرية Bacteriophages

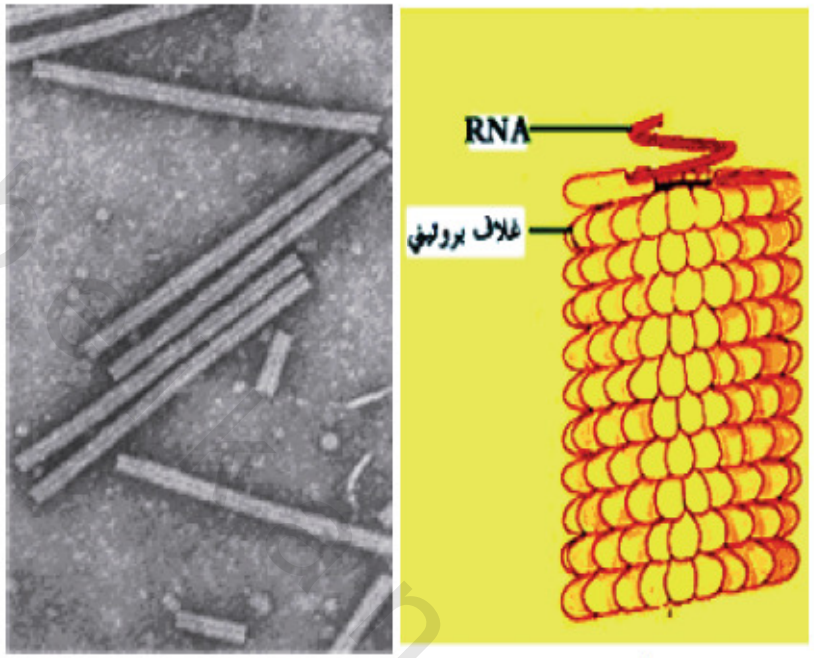
وهي مجموعة الفيروسات التي تتطفل على الخلايا البكتيرية وتعمل على موتها وتحللها. تدعى هذه الفيروسات بملتهمات (آكلات) البكتيريا Bacteriophages أو اختصاراً بالفاجات Phages، ويستغل في الوقت الحاضر كثير منها في القضاء على بعض الأمراض البكتيرية التي تُصيب الإنسان أو في تشخيص بعض هذه الأمراض.

لقد تم اكتشاف هذه الفيروسات من قبل العالم الانجليزي تورت Twort في العام ١٩١٥م والعالم الفرنسي ديريل D'Herelle في العام ١٩١٧م حيث بيّنا أن بعض عينات مياه الصرف الصحي التي تم ترشيحها عبر مرشح خاص للتخلص من البكتيريا، فإن للرشاحة الناتجة قدرة كبيرة على قتل بكتيريا الدوسنتاريا إذا أضيفت منها كميات قليلة إلى المزرعة البكتيرية. لقد تبين أن الرشاحة تحتوي على فيروس آكل (باكتريوفاج) لبكتريا الدوسنتاريا، وتبين أيضاً أن كل نوع تقريباً من البكتيريا الحقيقية يمكن أن تُصاب بباكتريوفاج محدد، أي أن الإصابة نوعية فكل نوع من أنواع البكتيريوفاج يمكن أن يتطفل على سلالة واحدة لنوع محدد من البكتيريا.

لقد أجريت معظم الدراسات في هذا المجال (Gunashekaran, ٢٠٠٠) على البكتريوفاجات التي تصيب بكتيريا القولون *Escherichia coli* وأطلق عليها اسم كوليفاج Coliphages.

(٦,٢,٢) الفيروسات النباتية Plant Viruses

لقد كان أول الفيروسات المكتشفة وذلك في عام ١٨٩٢م هو فيروس نباتي (فيروس فسيفساء (تبرقش) التبغ Tobacco Moasaic Virus = TMV). يبدو هذا الفيروس عصوي الشكل ويتكون ببساطة من شريط حلزوني لمادة نووية (RNA) محاطة بغلاف بروتيني، الشكل رقم (٦,١).



الشكل رقم (٦,١). فيروس فسيفساء (تبرقش) التبغ Tobacco Moasaic Virus
(أ) البنية الدقيقة للفيروس. (ب)صورة مجهرية للفيروس (تكبير ٧٠٠٠٠مرة).

يعتقد الآن أن هناك ما يزيد عن ٨٠٠ مرض نباتي ذات منشأ فيروسي، ومن هذه الفيروسات ما يتسبب في خسائر اقتصادية كبيرة في كثير من محاصيل النباتات الاقتصادية كالبطاطا والخيار والطماطم والتبغ وقصب السكر والبنجر والموز والفاصوليا مسببة أمراض مختلفة لهذه النباتات مثل فسيفساء (تبرقش) التبغ، التفاف أوراق البطاطا والطماطم، تورد قمة الموز، جرب ثمار التفاح، تجعد قمم البنجر، فسيفساء (تبرقش) ثمار الخوخ.

تعتبر الأمراض الفيروسية بشكل عام سريعة الانتشار، حيث يمكن نقل المرض الفيروسي من نبات مصاب إلى آخر سليم عن طريق دعك أوراق النبات المصاب

بالنبات السليم أو عن طريق تطعيم النبات السليم بجزء من النبات المصاب، بينما يتم انتقال المرض الفيروسي في الظروف الطبيعية بواسطة حبوب اللقاح أو بواسطة ديدان التربة التي تهاجم جذور النباتات (كالنيماتودا) أو بواسطة الحشرات التي تعتبر الناقل الرئيسي للفيروس من نبات مريض لآخر سليم وخاصة تلك الحشرات المزودة بممصات مثل حشرة المن والذباب الأبيض وبعض الحشرات النطاطة (البسيوني، ٢٠٠١م).

بالإضافة إلى ذلك هناك عدد قليل من الفيروسات المعروفة التي تُصيب أنواعاً محددة من البكتيريا الزرقاء والفطريات والطحالب والتريديات وعاريات البذور.

(٦,٢,٣) الفيروسات الحيوانية Animal Viruses

وتتألف من مجموعة غير متجانسة من الفيروسات التي تصيب الحيوان والإنسان، ومن الأمراض الفيروسية التي تُصيب الإنسان نذكر أمراض البرد الشائعة Common colds، الحصبة Measles، شلل الأطفال Poliomyelitis، التهاب الكبد Hepatitis infection الحمى الصفراء Yellow fever، الجدري Small pox، النكاف Mumps، الإيدز (نقص المناعة المكتسبة) Aids. ومن الأمراض الفيروسية التي تُصيب الحيوان نذكر التهاب فم وأرجل الماشية Foot and mouth disease، طاعون الدجاج Fewl plague، كوليرا الخنازير Pig cholera. ومن الجدير بالذكر أن بعض الأمراض السرطانية Cancer التي تصيب الحيوان (وربما الإنسان) سببها الفيروسات.

يجري انتقال الأمراض الفيروسية التي تصيب الإنسان بشكل سريع من شخص مصاب إلى آخر سليم، فبعضها ينتقل عن طريق الملامسة أو الرذاذ المتطاير من

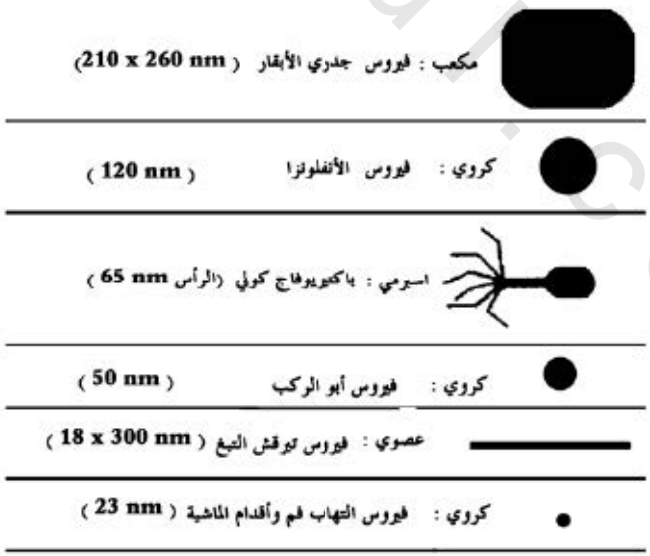
الفم والأنف أو عن طريق الحقن الملوثة أو نقل الدم، ويعتبر البعوض في كثير من الحالات ناقلاً رئيسياً للكثير من الأمراض الفيروسية التي تصيب الإنسان.

(٦,٣) توصيف الفيروسات

(٦,٣,١) الشكل والحجم

لم يتمكن الباحثون من رؤية الفيروسات إلا بعد اختراع المجهر الالكتروني الذي مكّن من تكبير صور العينات إلى ٢٠٠٠٠٠مرة أو أكثر، وبذلك أصبح بالإمكان رؤية الفيروسات التي تتراوح أقطار أو أطوال حبيباتها ما بين ٢٠- ٣٠٠ نانومتر.

استناداً إلى الشكل يمكن تقسيم الفيروسات إلى أربع مجموعات (ويلسون وآخرون، ١٩٨٩ م)، الشكل رقم (٦,٢):



الشكل رقم (٦,٢). الأحجام والأشكال المختلفة لبعض الأنواع الفيروسية.

١- فيروسات مكعبة: ويتراوح حجمها ما بين ٢٠٠ ـ ٣٠٠ نانومتر، ومثالها فيروس جدري الإنسان وجدري الأبقار.

٢- فيروسات كروية: وهي تضم مجموعة كبيرة من الفيروسات، ومثالها كل من فيروسات الانفلونزا والنكاف والحصبة وشلل الأطفال.

٣- فيروسات اسبرمية: تشبه هذه الفيروسات الحيوانات المنوية، حيث تبدو مقسمة إلى رأس وذيل، وتتراوح أطوالها مابين ٢٠- ٢٢٥ نانومتراً، ومثالها الفيروسات البكتيرية (الباكتيريوفاجات).

٤- فيروسات عصوية: حيث يكون طولها أكبر بكثير من عرضها (١٥× ٣٠٠ نانومتر)، ومثالها فيروس فسيفساء (تبرقش) التبغ وفيروس داء الكلب.

(٦,٣,٢) البنيـــة

بينما يتكون الكائن الحي من خلية أو أكثر فإن هذه ليست حالة الفيروسات، فهي تتكون من "جزيئات حيوية" لها القدرة على أن تتكاثر بنفسها. وتكمن الصعوبة أساساً في دراسة بنية الفيروسات وتركيبها الكيميائي في عدم القدرة على فصلها من أنسجة العائل بصورة نقية تماماً، حيث تترسب أيضاً مكونات من خلايا العائل وتتداخل عند التحليل الكيميائي أثناء استخدام قوة الطرد المركزية لفصل الفيروسات.

يشير الباحث Bos في عام ١٩٨٣م إلى أنه تم التعرف على بنية الفيروسات لأول مرة عند فيروس فسيفساء (تبرقش) التبغ، حيث جرى ترسيب بللورات هذا الفيروس من المحلول، وتبين أنها تتألف من كتلة بروتينية تحيط بقالب مركزي من الحَمض النووي الريبوزي (RNA). لقد تبين فيما بعد أن الفيروسات جميعاً تشبه فيروس

فسيفساء (تبرقش) التبغ ، فهي تتألف أساساً من مادة نووية (حَمض نووي رايبوزي Ribonucleic acid = RNA ، أو حَمض نووي رايبوزي منقوص الأوكسجين Deoxyribo nucleic acid = DNA) محاطة بغلاف بروتيني أو كابسيد Capsid ، بالإضافة أحياناً إلى مكونات أخرى كبعض الأنزيمات ومواد كربوهيدراتية. إلا أنه يطلق بشكل عام اصطلاح فيريون Virion على الحبيبة الفيروسية التي تتكون من مادة نووية (حَمض نووي) وغلاف بروتيني ، والقادرة على إحداث الإصابة.

تلعب الأحماض النووية الفيروسية دوراً رئيساً في إحداث الأمراض الفيروسية، وتحمل في الوقت نفسه المعلومات الوراثية مما يجعل الجزيئات الفيروسية معرضة للطفرات وقادرة على التكاثر وزيادة العدد (Schlegal, ١٩٩٣). تتكون الأحماض النووية من وحدات تعرف باسم نيكليوتيدات Nucleotides ، و يتكون كل نيكليوتيد من سكر خماسي Pentose ومجموعة فوسفات وقاعدة عضوية. وتبعاً لنوع السكر الخماسي هناك نوعان من النيكليوتيدات في الطبيعة : نيكليوتيدات تحتوي على سكر الرايبوز وتسمى رايبوز نيكليوتيدات وهي تشكل الحَمض النووي RNA، ونيكليوتيدات تحتوي على سكر الرايبوز منقوص الأوكسيجين وتسمى ديزوكسي رايبوز نيكليوتيدات وهي تشكل الحَمض النووي DNA.

تأخذ سلاسل الأحماض النووية في الجزيئات الفيروسية أشكالاً خيطية أو حلزونية أو حلقية. يمكن لجزيئات الفيروسات آكلات البكتيريا أن تحتوي على سلسلة مضاعفة أو سلسلة مفردة من الـ DNA، بينما يكون الحَمض النووي عند جميع الفيروسات النباتية من نمط RNA ، أما الفيروسات الحيوانية فقد تحتوي على الـ RNA أو الـ DNA.

يختلف تركيب الغلاف البروتيني من فيروس إلى آخر، ويلعب هذا الغلاف دور الوقاية والحماية للجزيئة الفيروسية أو تحديداً للمادة النووية الموجودة إلى الداخل منه من العوامل الخارجية. ولا يعتبر الغلاف البروتيني الفيروسي معدياً أو مسبباً للإصابة، حيث تبين أن حقن المادة البروتينية للفيروس في الخلايا السليمة لا تسبب الإصابة بالمرض الفيروسي.

استناداً إلى ما تقدم يمكن القول أن البلورات الفيروسية تتكون بنيوياً من غلاف بروتيني وحَمض نووي، وأنهما لا يتحدان معاً اتحاداً كيميائياً، بل يكونان منفصلين ولكنهما ينتظمان داخل تركيب فراغي محدد لكل فيروس.

(٦,٤) الإنترفيرون Interferon

في عام ١٩٥٧م سجل العالمان إسحاق Isaacs وليندنمان Lindenman انجازاً علمياً، حيث بينا أن الإصابة الفيروسية تحرض الخلايا المصابة على إنتاج مادة بروتينية ذات وزن جزيئي منخفض تدعى بالإنترفيرون Interferon. يعمل هذا البروتين على الحيلولة دون إصابة الخلية مرة ثانية بذات الفيروس، كما أنه يمكن أن ينتقل إلى الخلايا المجاورة في جسم العائل ويزيد من مناعتها وبالتالي يحميها من خطر الإصابة بذات بالفيروس (Fracnkel *et. al.*, ١٩٨٨). لقد تبين أن الخلية الحية تقوم بإفراز وتصنيع بروتين الإنترفيرون إذا أصيبت بفيروس سواء كان هذا الفيروس نشطاً أو مقتولاً حرارياً، ويعتقد أن ذلك يعود إلى وجود حَمض نووي غريب في الخلية من أصل فيروسي. لقي هذا الاكتشاف تطبيقاً عملياً هاماً تلخص في إنتاج بعض اللقاحات الفيروسية التي تعمل على تقوية الجهاز المناعي في جسم الإنسان أو الحيوان تجاه مجموعة كبيرة من الفيروسات.

(٦,٥) زراعة الفيروسات

يُقصد بزراعة الفيروسات إكثارها وتنميتها، وهنا لابد من الإشارة إلى أنه لا يمكن زراعة الفيروسات على أوساط مغذية مخبرية مهما بلغت درجة تعقيد الوسط المغذي، فالفيروسات لا تنمو ولا تتكاثر في الأوساط الصناعية، وبالتالي لا يمكن زراعتها إلا في خلايا حية. توجد العديد من طرق زراعة الفيروسات، وسيتم هنا استعراض أهمها:

١-الحقن في حيوانات التجارب: يجري حقن المادة الفيروسية في دماغ أو عضلات بعض الحيوانات المخبرية كالفئران والأرانب والكلاب، ويمكن بهذه الطريقة الاحتفاظ بالمادة الفيروسية بحالة نشطة عن طريق نقلها باستمرار من حيوان إلى آخر.

٢- الحقن في أجنة بيض الدجاج: يتم حقن الفيروس في بيض الدجاج الملقح عن طريق إحداث ثقب صغير في القشرة، ثم يجري حقن المادة الفيروسية في التجويف الرهلي Allantoic cavity أو في كيس المح أو حتى في جسد الجنين ذاته، ويحضن البيض المحقون لعدة أيام في درجة حرارة مناسبة. يُستغل الفيروس بعد ذلك إما للدراسات التجريبية كما هو الحال عند عزل فيروس الأنفلونزا لأول مرة، أو لتحضير اللقاحات الفيروسية ضد بعض الأمراض كالحصبة، والنكاف.

٣- الحقن في الأنسجة الحية: تعتبر هذه الطريقة أفضل الطرق المستخدمة حالياً في الحصول على الحبيبات الفيروسية بشكل نقي وبكميات كبيرة، مما يُسهل استخدامها للإنتاج التجاري للقاحات. بالإضافة إلى ما تقدم تتميز هذه الطريقة بأنها لا تسبب المضاعفات التي تحدثها اللقاحات المحضرة من أجنة الدجاج.

يجري عبر هذه الطريقة حقن المادة الفيروسية في خلايا النسيج الحي أو في المحلول المحيط به وهنا لابد من التمييز بين فيروسات حيوانية يجري حقنها في أنسجة حيوانية، وفيروسات نباتية يجري حقنها في أجزاء نباتية.

أ) في الأنسجة الحيوانية: يجري عبر هذه الطريقة تفتيت الأنسجة الحيوانية وتحويلها إلى معلق خلوي يتم غمره بمحلول غذائي منظم يحتوي على الأملاح المعدنية والأحماض الأمينية ومصدر طاقة كربوني ومضادات حيوية تحول دون نمو البكتيريا في الوسط وذلك كله في درجة أس هيدروجيني ثابتة. يتم حقن الفيروس في المزرعة الخلوية التي تحفظ في شروط خاصة ملائمة. لقد كانت المزارع المصنوعة من بلازما الدم أول المزارع النسيجية، حيث يُحقن الفيروس في البلازما المُضاف إليها قطع من الأنسجة الحية. يجري حديثاً حقن الفيروسات في أنسجة عضو محدد كأنسجة مستمدة من الكبد أو الكلى.

ب) في الأنسجة النباتية: يجري زراعة أجزاء من النبات أو أعضاء كاملة في وسط من الآجار تحت ظروف نمو ملائمة، ثم تُحقن الفيروسات النباتية في المزرعة النسيجية.

(٦,٦) تكاثر الفيروسات

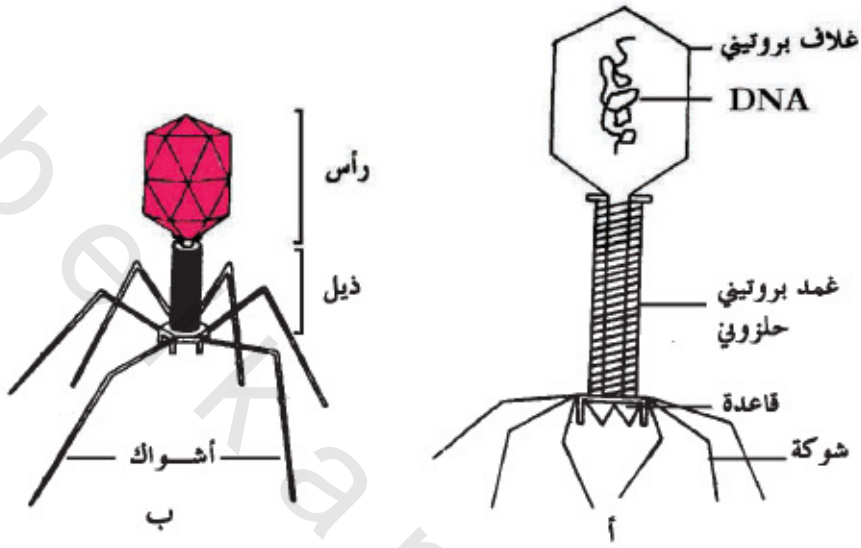
لا تتكاثر الفيروسات بنفس الطريقة التي تتكاثر بها الكائنات الحية، بمعنى أن الفيروسات لا تنقسم لتكون جزيئات فيروسية جديدة. تعتبر طريقة تكاثر جميع الفيروسات واحدة- سيتم شرحها بالتفصيل عند فيروس كوليفاج- وهي تتلخص في حقن الفيروس لمادته النووية داخل خلية الكائن الحي العائل، ومن ثم تسخير جميع مكونات الخلية من أجل تصنيع مكونات فيروسية جديدة (مواد نووية فيروسية و أغلفة بروتينية). تتكون في المرحلة التالية جزيئات فيروسية جديدة داخل الخلية الحية،

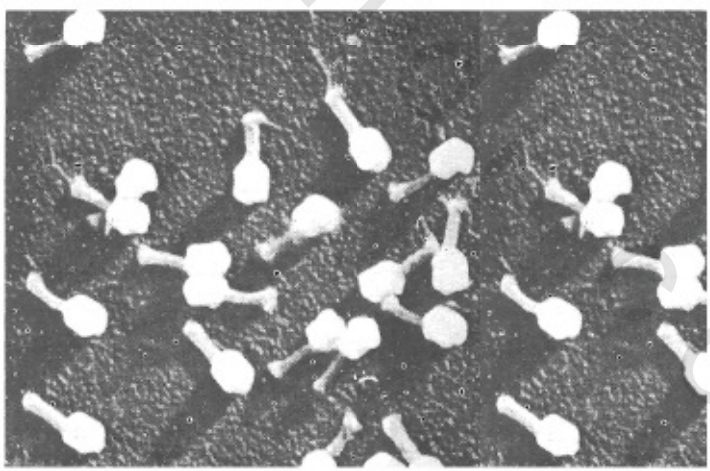
لكنها لا تلبث أن تمزقها لتهاجم خلية أخرى جديدة، وهكذا. لا يشبه تكاثر الفيروسات وزيادة عددها عملية التكاثر عند الكائنات الحية، لذلك تدعى عملية تكاثر الفيروسات بالتضاعف الفيروسي Replication of Viruses، كما لا يمكن لعملية التضاعف الفيروسي أن تتم أبداً إلا في داخل الخلايا الحية للعائل.

تلتصق الفيروسات آكلات البكتيريا (البكتيريوفاج) على سطح الخلية البكتيرية، ثم تبدأ بإحداث ثقب في غلاف الخلية البكتيرية عن طريق إفرازها لنوع من الإنزيمات الحالّة للغلاف البكتيري، ثم تحقن مادتها النووية داخل الخلية عن طريق هذا الثقب. أما الفيروسات النباتية فإنها تدخل إلى داخل خلايا العائل عن طريق جرح في النسيج الخلوي أو عبر الممصات الثاقبة لبعض الحشرات التي تنقلها من نبات لآخر. بينما تدخل الفيروسات الحيوانية إلى داخل خلايا العائل عن طريق عملية البلعمة Phagocyctosis التي تقوم بها الخلايا الحيوانية.

(٦,٧) فيروس كوليفاج Coliphage

يعتبر هذا الفيروس أحد الفيروسات آكلات البكتيريا. يوجد لهذا الفيروس عدة أنماط منها λ , T_1 , T_2 , T_3 , T_4 جميعها تهاجم البكتيريا المعوية إشريشيا كولي *Escherichia coli* مؤدية إلى تدمير وقتل الخلية البكتيرية. يأخذ الفيروس شكلاً ظاهرياً مميزاً فهو يتكون من ثلاثة أجزاء هي: الرأس Head والذيل Tail والقاعدة Base. يتألف الرأس من مادة بروتينية ويأخذ شكلاً مضلعاً عديد الأوجه، ويتراوح طوله ما بين ٤٧- ١٠٥ نانوميتر. يحتوي الرأس في داخله على المادة النووية DNA. يأخذ الذيل شكلاً عصوياً متطاولاً، ويتراوح طوله ما بين ٢٥- ١٠٠ نانوميتر. يكون الذيل أجوفاً ومكوناً من مواد بروتينية. تقع القاعدة في نهاية الذيل وتكون أعرض منه قليلاً وهي تمثل منطقة اتصال الفيروس بالخلية البكتيرية عند الإصابة. تبدو القاعدة مزودة بعدد من الأشواك الرفيعة التي تفيد في تثبيت الفيروس إلى سطح الخلية البكتيرية، الشكل رقم (٦,٣).





ج

الشكل رقم (٦,٣). فيروس كوليفاج T-Coliphage:

(أ) التركيب البنيوي ، (ب) الشكل العام

(ج) صورة بالمجهر الالكتروني (تكبير ٢١٠٠٠مرة).

obeikan.com

(٦,٧,١) آلية تضاعف الفيروس

كما هو الحال عند معظم الفيروسات آكلات البكتيريا يوجد للفيروس كوليفاج عدة أنواع، يمكن توزيعها بحسب آلية تضاعفها في مجموعتين، (النخال، ١٩٩٨م):

(٦,٧,١,١) فيروسات ضارية Virulent phages

وهي تعمل على قتل أو تحليل Lyse الخلية البكتيرية التي تصيبها ولذا تدعى أيضاً Lytic phages ثم تتحرر منها بأعداد كبيرة ومثالها الفيروسين T_4 و MS.

(٦,٧,١,٢) فيروسات معتدلة Temperate phages

وهي إما أن تعمل على قتل الخلية البكتيرية العائلة كما هو الحال عند الفيروسات الضارية، أو أنها تدخل الخلية البكتيرية، و تبقى في سيتوبلازم الخلية، أو ترتبط مع مادتها النووية دون أن تُحلل الخلية، ولذا تدعى Lysogenic phages، وتحمل الخلية الفيروس لعدة أجيال، ومثالها الفيروس λ.

وفيما يأتي شرح تفصيلي لدورة الحياة الخاصة بكل من هاتين المجموعتين :

دورة حياة الفيروسات الضارية The lytic cycle

جرت معظم الدراسات حول دورة الحياة هذه على الفيروس Coliphage—T_4 ، إلا أنها تمثل أيضاً دورة الحياة لجميع الفيروسات الضارية التي تهاجم الخلايا البكتيرية، وهي تتم بسرعة كبيرة، وتتضمن خمس مراحل، الشكل رقم (٦,٤):

١- مرحلة الادمصاص: وخلالها يتم ارتباط الفيروس من قاعدة الذيل إلى سطح الخلية البكتيرية بواسطة مستقبلات خاصة Receptors في سطح الخلية للنوع

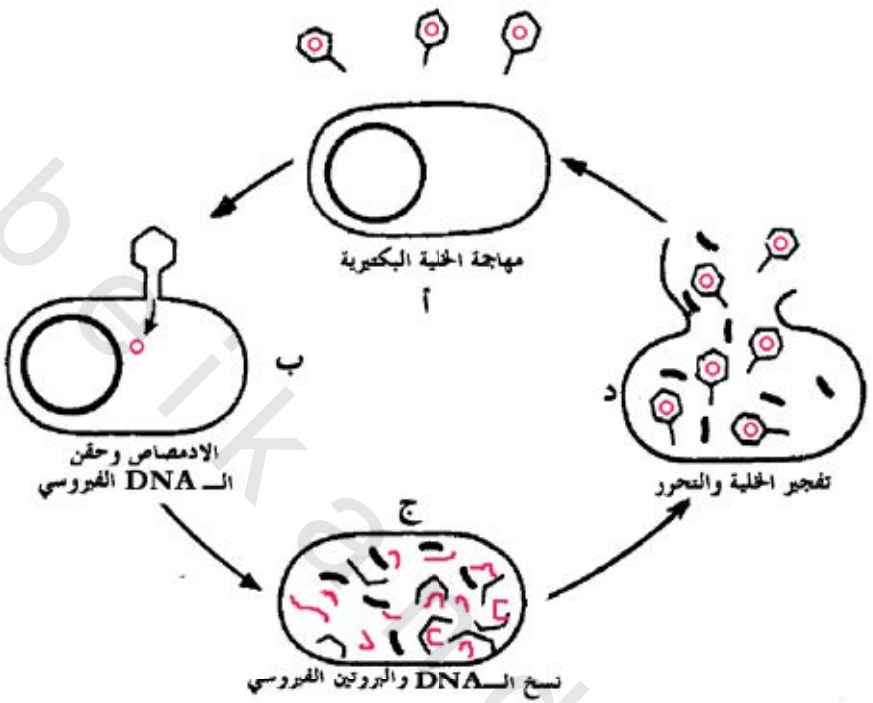
الفيروسي، يُعتقد أنه يحدث في مناطق المستقبلات تجاذب كيميائي- كهربائي بين الشحنات الموجبة الموجودة على الأشواك في نهاية الذيل وبين الشحنات السالبة الموجودة على سطح الخلية البكتيرية.

٢- مرحلة الاختراق: يبدأ الفيروس بعد مرحلة الإدمصاص بإفراز إنزيمات تحلل جدار الخلية البكتيرية، ثم يقوم بحقن الحَمض النووي الفيروسي (DNA) مروراً بمنطقة الذيل إلى داخل الخلية البكتيرية، ويبقى الغلاف البروتيني الفيروسي (الكابسيد Capsid) في الخارج ويصبح مهملاً عديم الأهمية أي أنه لا يساهم في أي من عمليات التضاعف اللاحقة.

٣- مرحلة التكاثر: يسيطر الـ DNA ـ الفيروسي على الخلية البكتيرية ويسخر مقدراتها الحيوية من أجل تصنيع أحماض نووية فيروسية مشابهة و أغلفة بروتينية فيروسية جديدة، من خلال توجيه الأنشطة الحيوية في الخلية لصالح الفيروس.

٤- مرحلة النضج: تُحيط الأحماض النووية الجديدة نفسها بالأغلفة البروتينية، حيث يتمركز الـ DNA في الرأس، وتبدأ مكونات الذيل بالارتباط تدريجياً بالرأس، لتتشكل أعداد كبيرة من الفاجات الجديدة التي تملئ الخلية البكتيرية. ويُعتقد أنه اعتباراً من كل حبيبة فيروسية مهاجمة يتم استنساخ ما بين ١٠٠ و ٢٠٠ فيروس جديد.

٥- مرحلة التحلل والتحرر: تبدأ الفيروسات الجديدة المتشكلة بإفراز إنزيم محلل Lysozyme يقوم بتحليل وتفكيك الجدار الخلوي البكتيري، الأمر الذي يؤدي إلى انفجار الخلية وتحرير أعداد كبيرة من الفيروسات التي تبدأ بإصابة خلايا جديدة.



الشكل رقم (٦,٤). بعض مراحل دورة حياة الفيروسات الضارية.

دورة حياة الفيروسات المعتدلة The lysogenic cycle

تمت معظم الدراسات حول دورة الحياة هذه على الفيروس λ الذي يهاجم البكتيريا المعوية *E. coli*، وهي تجري وفقاً لما يلي، الشكل رقم (٦,٥):

يجري التصاق الفيروس على سطح الخلية البكتيرية، ثم يحقن حَمضه النووي (DNA) داخل الخلية. ويمكن للحَمض النووي الفيروسي أن يسلك أحد طريقين:

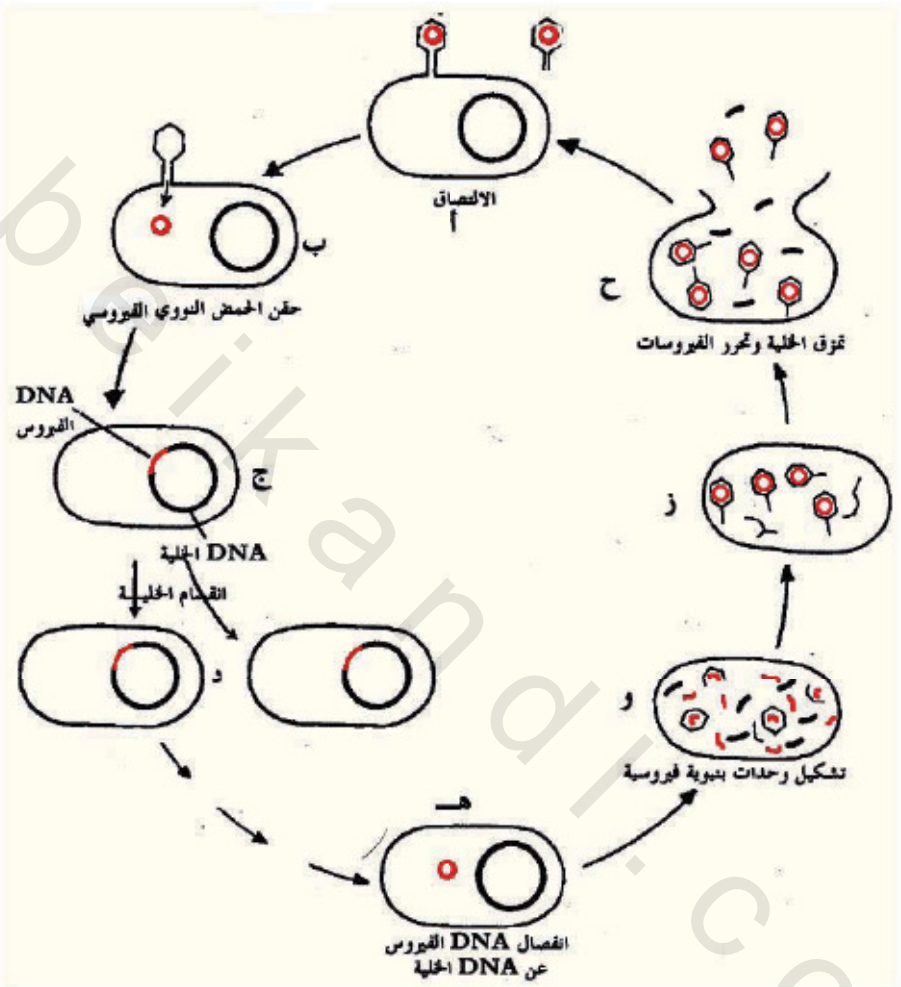
١- إما أن يقوم مباشرة بتسخير مقدرات الخلية من أجل إنتاج أحماض نووية وبروتينات فيروسية لتشكيل فيروسات جديدة لا تلبث بدورها أن تمزق الخلية وتغادرها، كما الحال تماماً في الدورة الضارية.

٢- أو أنه يعمل في الخلية البكتيرية على إنتاج جزيء بروتيني كابح Repressor للنزعة الضارية، ومن ثم يندمج مع الـ DNA البكتيري في منطقة محددة من هذا الأخير.

عندما يسلك الـ DNA الفيروسي الطريق الثاني فإنه يُدعى بالفاج الأولي Prophage، وتُدعى البكتيريا الحاملة له بالبكتيريا المتحللة وراثياً Lysogenic bacterium لأن هذه البكتيريا سوف تتحلل لاحقاً بفعل الفاج الأولي، وتدعى هذه الحالة بالحالة التحللية الكامنة أو المتأخرة Lysogenization. يمكن للخلية البكتيرية الحاملة للحَمض النووي الفيروسي أن تتابع انقساماتها بشكل طبيعي، ويقوم الـ DNA الفيروسي بمضاعفة نفسه كجزء من الـDNA البكتيري، ويمكن له أن يبقى داخل الخلايا البكتيرية لأجيال عديدة طالما أن البروتين الكابح لا يزال فعالاً.

قد تنتهي الحالة الكامنة فجأة وتتوقف فعالية البروتين الكابح للحالة الضارية، عندها يغادر الفاج الفيروسي الأولي DNA الخلية البكتيرية إلى السيتوبلازم، ويعمل على تسخير الخلية لإنتاج نسخ منه وبروتينات فيروسية، وتشكيل عدد كبير من الفيروسات الوليدة التي تحلل الخلية وتغادرها.

لقد تبين تجريبياً أن بعض المؤثرات الخارجية كالأشعة فوق البنفسجية وبعض المواد الكيميائية يمكن أن تعجل في إنهاء فترة كمون الفاج الأولي الفيروسي، وتسريع دخوله في الحالة الضارية.



الشكل رقم (٦,٥). دورة حياة الفيروسات المعتدلـــة.

(٦,٨) بعض الأمراض الفيروسية

نذكر فيما يلي بعضاً من الأمراض ذات المنشأ الفيروسي التي تُصيب الكائنات الحية :

(٦,٨,١) التفاف أوراق البطاطا

يمثل هذا المرض أحد أشهر الأمراض التي تُصيب نباتات البطاطا. تحمل الورقة في بداية المرض نقاط صفراء تتسع تدريجياً، ثم يلتف نصل الورقة تدريجياً، الشكل رقم (٦,٦أ)، وتكتسب الورقة الملتفة ملمساً جلدياً. يسبب هذا المرض خسائر كبيرة في المحصول، حيث يتناقص حجم و عدد الدرنات التي يتم إنتاجها من كل نبتة.

يُعزى هذا المرض إلى فيروس البطاطا Potato virus I، وينتقل هذا الفيروس بين النباتات بواسطة الدرنات الحاملة للفيروس، أو بواسطة بعض الحشرات مثل حشرات المن وخاصة النوع *Myzus persicae*.

(٦,٨,٢) فسيفساء (تبرقش) الخيار

يصيب هذا المرض نباتات الخيار بالإضافة إلى نباتات مختلفة كالبطيخ والباذنجان والبصل. تبدو مظاهر المرض على هيئة نقاط صفراء صغيرة على نصل الأوراق الفتية وكذلك على الثمار، الشكل رقم (٦,٦ب). لا تلبث الورقة المصابة أن تنثني نحو الأسفل وتبدأ بالذبول، ويبدو النبات المُصاب قزماً.

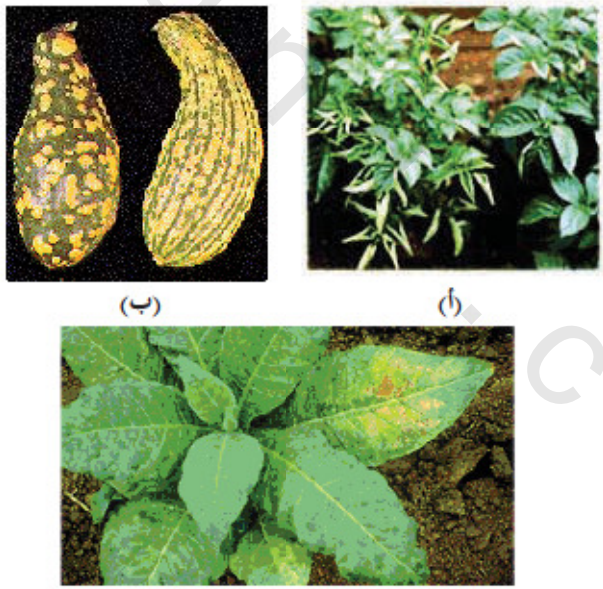
يُعزى هذا المرض إلى فيروس فسيفساء (تبرقش) الخيار Cucumber mosaic virus (CMV)، وهو عبارة عن فيروس مكعب الشكل، يبلغ قطره حوالي ٣٠ نانومتراً، وينتقل عن طريق احتكاك النباتات ببعضها أو بواسطة بعض أنواع حشرة المن.

(٦,٨,٣) فسيفساء (تبرقش) التبغ

ينتشر مرض فسيفساء (تبرقش) أوراق التبغ في العديد من بقاع العالم حيث يزرع نبات التبغ، ويعتبر من أول الأمراض الفيروسية النباتية المكتشفة ومن أشهرها على الإطلاق. لقد سمي هذا المرض بهذا الاسم بسبب تكون مناطق ملونة باللون الأصفر تتخلل المساحات الخضراء الداكنة على الورقة النباتية، الشكل رقم (٦,٦ج)، ويعتقد أن ذلك يعود إلى تحلل وتخرب صباغ الكلوروفيل Chlorophyll داخل

البلاستيدات الخضراء Chloroplasts في المناطق المصابة من الورقة، وقد يعقبه في مرحلة متقدمة من المرض اصفرار كامل الورقة وذبولها. لا يقتصر هذا المرض على نباتات التبغ بل أنه يمكن أن يصيب نباتات أخرى كالطماطم وخاصة تلك المزروعة في البيوت المحمية.

يُعزى هذا المرض إلى فيروس فسيفساء (تبرقش) التبغ TMV، وينتقل هذا الفيروس من النباتات المصابة إلى النباتات السليمة بشكل رئيسي بواسطة أيدي العاملين في الحقل أثناء قيامهم بالأعمال الزراعية المختلفة. يعتبر فيروس TMV أكثر الفيروسات ثباتاً وتحملاً للظروف القاسية فهو يمكن أن يبقى في العصير الخلوي لمدة قد تزيد عن خمسين عاماً.



(أ) (ب)

(ج)

الشكل رقم (٦,٦). الأمراض الفيروسية لبعض النباتات.

(أ) التفاف أوراق البطاطا، (ب) فسيفساء (تبرقش) الخيار، (ج) فسيفساء (تبرقش) التبغ.

(٦,٨,٤) السرطان

تشير الكثير من التجارب إلى أن بعض الفيروسات قد تسبب أمراضاً سرطانية مختلفة عند العديد من الحيوانات وكذلك عند الإنسان. يمكن تقسيم الفيروسات المولدة للسرطان Oncogenic viruses إلى مجموعتين: فيروسات حاوية على الحَمض النووي DNA (مثل فيروس بوليوما Polyoma virus، وفيروس أدينو Adino virus) وأخرى حاوية على الحَمض النووي RNA. عندما يدخل فيروس سرطاني من النمط الحامل للـ DNA إلى الخلية الحية فإنه يرتبط مع DNA الخلية العائلة (كما هو الحال مع الفيروس الأولي Prophage للفيروس كوليفاج) ويعمل على إثارة المورثات السرطانية Oncogenes الخاملة الموجودة في الخلية، مما يؤدي إلى حدوث انقسام عشوائي خبيث للخلية العائلة مؤدياً إلى حدوث السرطان. أما عندما يدخل فيروس سرطاني حامل للـ RNA فمن المعتقد أنه يتحول أولاً إلى DNA بواسطة إنزيم النسخ العكسي للـ RNA وهو إنزيم Reverse transcriptase، ثم يرتبط الـ DNA الفيروسي الجديد مع DNA الخلية العائلة، ويسبب الانقسام الخلوي العشوائي كما هو الحال مع الفيروسات السرطانية الحاملة أصلاً للـ DNA.

لقد تم التعرف لدى الحيوانات على عدد من أنواع السرطان ذات المنشأ الفيروسي، ومنها سرطان الغدد اللمفاوية لدى الدجاج، وسرطان الكلى لدى الضفادع، وسرطان الدم لدى الطيور، وسرطان الثدي لدى الفئران. يوجد على الأقل ثمانية أنواع من الفيروسات التي يُعتقد بأنها عوامل مسببة للسرطان عند الإنسان، أو أنها تمتلك خواص مولدة للسرطان تحت ظروف تجريبية ،ومن هذه الفيروسات:

فيروس الالتهاب الكبدي ـ ب، وفيروس سرطان الأنف والبلعوم (فيروس ابشتاين وبار)، وفيروس الثأليل.

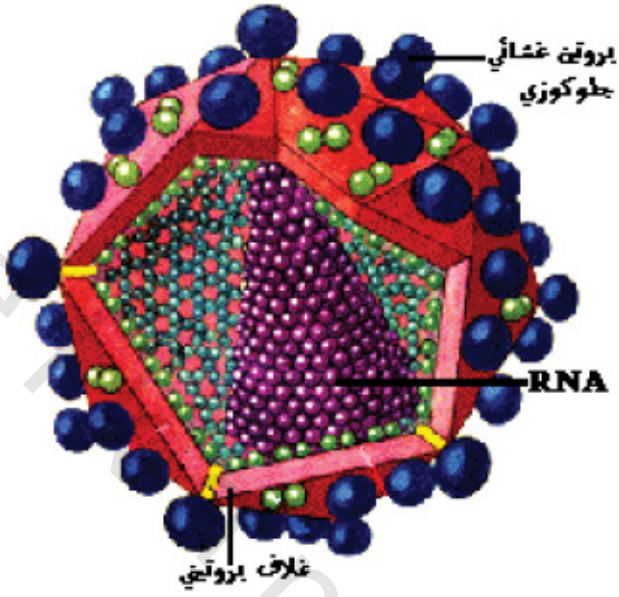
(٦,٨,٥) الإيدز

يدعى هذا المرض أيضاً بمرض نقص المناعة المكتسبة Acquired immune deficiency syndrome = AIDS، ويترافق مع انخفاض شديد في فعالية الجهاز المناعي عند الإنسان، الأمر الذي يؤدي مع غياب مقاومة الجسم إلى إصابة الفرد وبسهولة بعدد من الأمراض البكتيرية أو الفطرية (كالالتهاب الرئوي، والإسهال، والسل، وتسمم الدم البكتيري، والتهاب السحايا،...) التي تتفاقم وتؤدي إلى الموت المحتم للمريض.

بالرغم من وجود بعض العقاقير لمعالجة الإيدز والتي تُؤخر الموت، إلا أن الإيدز يعتبر حتى الآن من الأمراض الفيروسية التي لا يُشفى منها المريض أبداً.

يعتبر فيروس الإيدز أصغر الفيروسات على الإطلاق وهو يأخذ شكلاً شبه كروي عديد الأوجه ويحتوي في داخله على الحَمض النووي RNA، الشكل رقم (٦.٧). يُهاجم الفيروس الخلايا الدفاعية اللمفاوية بالدرجة الأولى إلا أنه يؤثر على أعضاء مختلفة في الجسم كالدماغ والأمعاء ونقي العظام.

ينتقل الفيروس من الأشخاص المُصابين إلى الأصحاء عن طريق الاتصال الجنسي خاصة عند الأفراد متعددي العلاقات الجنسية غير المشروعة، أو عن طريق الحقن الملوثة بين مدمني المخدرات، أو عن طريق نقل الدم الملوث بالفيروس، أو في الرحم من الأم المُصابة إلى الجنين، أو عن طريق لبن الأم المُصابة للطفل الرضيع.



(أ)

(ب)

الشكل رقم (٦,٧). فيروس نقص المناعة المكتسبة (الأيدز).

(أ) رسم هندسي تخطيطي، (ب) صورة بالمجهر الالكتروني لاثنين من الجزيئات الفيروسية (تكبير ٢٦٠٠٠٠مرة)

(٦,٩) الفيرويدات Viroids

إن المعلومات المتوفرة والمنشورة عن الفيرودات لا تزال حتى اليوم محدودة جداً، ولا تزال جهود العلماء والباحثين حثيثة في كشف أسرارها ومعرفة خصائصها التركيبية. وكان الاعتقاد السائد أن الفيرويدات هي مجرد فيروسات صغيرة. والحقيقة أن الفيرودات تختلف كثيراً في تركيبها عن الفيروسات. حيث إن الوزن الجزيئي للفيرويدات يتراوح بين ٧٥-١٠٠ ألف دالتون. وثبت أن الفيرويدات تتكون من جزيئات صغيرة من الحَمض النووي RNA، تكون في الغالب وحيدة السلسلة وربما تكون مزدوجة السلسة فيبعض أجزاء منها، وتكون عارية أي ليس لها غلاف بروتيني أو ما يعرف بالكبسولة كما هو موجود في الفيروسات.

وجود هذه الفيرويدات في الخلايا الحيوانية مازال محيراً ويشكل سؤال وعلامة استفهام أمام المختصين في علم الفيروسات Virologists. وعلى فرضية وجود الفيرويدات في الخلايا الحيوانية فهل تنقل أمراضاً معينة من شخص إلى آخر، أو أنها تتكون نتيجة لوجود إصابة فيروسية في النسيج. كذلك الحال في الخلايا النباتية لا تزال طريقة تضاعف هذه الفيرويدات في خلايا العائل النباتي محل بحث ودراسة من قبل المختصين. ولا يزال هناك غموض حتى الآن فيما إذا كانت هذه الفيرويدات تؤثر على خلايا العائل النباتي مباشرة، أم يكون تأثيرها عن طريق تكوين سلسلة ببتيدية مترجمة Translated من المعلومات الوراثية على الحَمض النووي RNA. ويبدو أن عملية انتقال هذه الفيرويدات Transmitted تكون أفقية Horizontally من نبات إلى نبات أخر بالطرق الميكانيكية المعروفة، كما إنه قد يكون انتقالها رأسياً Vertically عبر النباتات من خلال الأمشاج المذكرة أو المؤنثة، أي من خلال حبوب اللقاح Pollen أو البويضات Ovules.