الباب الثانى

الفيروسات والميكوبلازمات والريكتيسيات

الفيروســـات

الفيروس virus كلمة لاتينية تعنى السم أو الجوهر المعدى . وتعتبر الفيروسات كيانات entities ممرضة متطفلة تطفلا داخليا إجباريا ، وليس لها تركيب خلوى ، وغير قادرة على النمو والانقسام ، لا تنشط ولا تتكاثر الا فى جسم كائن حى آخر . وهى صغيرة الحجم لا ترى الا بالميكروسكوب الالكترونى . تحتوى على نوع واحد فقط من الاحماض النووية RNA أو DNA . وقد اعتبرت الفيروسات نباتات تبعا لكتاب برجس Bergeys سنة ١٩٥٧ حيث تقع تحت الرتبة الفيروسية Order Virales التى تتبع قسم النباتات الأولية Protophyta . بعض العلماء يضع الفيروس فى مملكة خاصة وهى مملكة الفيروسات Virus Kingdom .

حجم وشكل الفيروسات

الفيروسات هى أصغر الأحياء المعروفة بعد الفيرويدات Viroids ، تمر من خلال المرشحات التى لا تسمح بمرور البكتريا عادة ، طول الكبير منها يصل إلى ١٢٥٠ ملليميكرون كما فى فيروس اصفرار البنجر الخيطى الشكل ، وقطر أصغرها يصل الى ٢٠ ملليميكرون كما فى فيروس الحمى القلاعية foot and mouth disease الكروى الشكل . ومن الفيروسات الوسطية فى الحجم فيروس الكلب rabies وقطره حوالى ١٢٥ ملليميكرون . وللمقارنة نجد أن خلية البكتريا ستافيلوكوكس قطرها حوالى ١٠٠٠ ملليميكرون وأن أبعاد جزىء البيومين البيض هو ١٠ × ٢,٥ ملليميكرون .

تحتاج الدراسة المورفولوجية للفيروسات الى استخدام الميكروسكوب الالكترونى ، وذلك بعد عمل قطاعات رقيقة جدا من النسيج المصاب تصل فى

السمك حوالى ٣٠ ملليميكرون ، وذلك بعد تثبيت القطاع وتحميله فى نوع خاص من البلاستيك ، ويستخدم فى عمل القطاعات أمواس خاصة من الزجاج المشطوف أو من الماس المصقول .

والميكروسكوب الالكترونى يشبه الميكروسكوب الضوئى الا أن ضبط الصورة يتم باستخدام مجالات مغناطيسية تحل محل العدسات العينية والشيئية والمكثف، وباستخدام أشعة الكترونية بدلا من الاشعة الضوئية . وحيث أن الاشعة الالكترونية ذات موجات قصيرة جدا اذا ما قورنت بالاشعة الضوئية ، فان قدرة التمييز باستخدامها تزداد مما يمكن معه رؤية الاشياء التى تقل عن ملليميكرون . ويتم الفحص تحت تفريغ عال ، وتظهر الصورة على شاشة خاصة أو تصور بجهاز خاص .

تختلف الفيروسات فى الشكل ، وقد وجد أن كثيرا منها كروى الشكل كما فى فيروسات الحمى القلاعية والكلب والانفلونزا وتقزم نباتات الطماطم وقد تكون عصوية كما فى فيروس تبرقش الدخان TMV وأبعاده ٣٠٠ × ١٥ ملليميكرون وقد تكون مضلعة كما فى فيروس الفاكسين vaccinia وأبعاده ٢٦٠ × ٢١٠ ملليميكرون وقد تكون ذات رأس وذيل كما فى بعض البكتيريوفاجات bacteriophages والتى يطلق عليها عادة الفاجات phages وهى الفيروسات التى تهاجم البكتريا (شكل ١) .

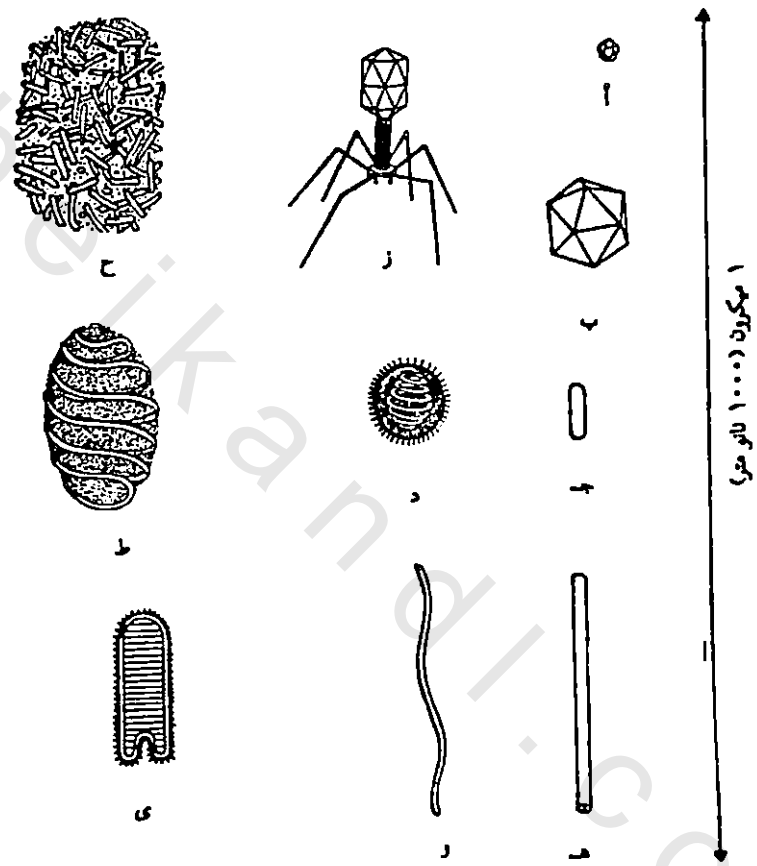
تصنيف وتسمية الفيروسات

قسم هولمز سنة ١٩٤٨ الفيروسات الى ثلاث مجاميع هى :

فيروسات تصيب النبات	Phytophaginae
فيروسات تصيب الحيوان	Zoophaginae
فيروسات تصيب البكتريا	Phaginae

اقترح هولمز تسمية الفيروسات تسمية ثنائية مثل باقى الكائنات الحية ، أى أن اسم الفيروس يتكون من اسم جنس واسم نوع . واعتمد هولمز فى تسميته

للفيروسات على الاعراض المرضية التى يسببها الفيروس للكائن العائل ولكن لم تنل التسمية الثنائية للفيروسات رواجا بين علماء الفيروسات نظرا لقلة معلوماتنا الدقيقة عن الفيروسات ولعدم وجود أساس ثابت للتسمية الثنائية لهذا فتعتمد التسمية الحالية على اسم العائل ووصف العرض الذى يحدثه الفيروس ، فالفيروس



(شكل ١) : رسم تخطيطى مبينا الشكل والحجم التقريبى لبعض الفيروسات

(أ) الفاج ϕ X 174
(ب) اديتوفيرس
(جـ) فيروس موزايك البرسيم الحجازى
(د) فيروس الانفلونزا
(هـ) فيروس موزايك الدخان
(و) فيرس X للبطاطس
(ز) باكتيريوفاج T-even
(ح) فيروس الجدرى (فاكسينا)
(ط) فيروس الجدرى (أورف)
(ى) رابدوفيرس

الذى يهاجم الدخان ويسبب له مرض التبرقش يسمى فيروس تبرقش الدخان TMV ، والفيروس الذى يصيب البطاطس ويسبب عرض التفاف الأوراق يسمى فيروس التفاف أوراق البطاطس والفيروس الذى يصيب الانسان وبعض الحيوانات مسببا مرض الكلب يسمى فيروس الكلب والفيروس الذى يصيب الانسان ويسبب الانفلونزا يسمى فيروس الانفلونزا وهكذا .

وحديثا تقسم الفيروسات على اساسا تماثلها symmetry إلى أربعة أقسام ؛ عديدة الأوجه (ذات العشرين وجها) icosahedral وحلزونية helical ومختلط بين الشكلين السابقين mixed forms ومعقدة complex forms .

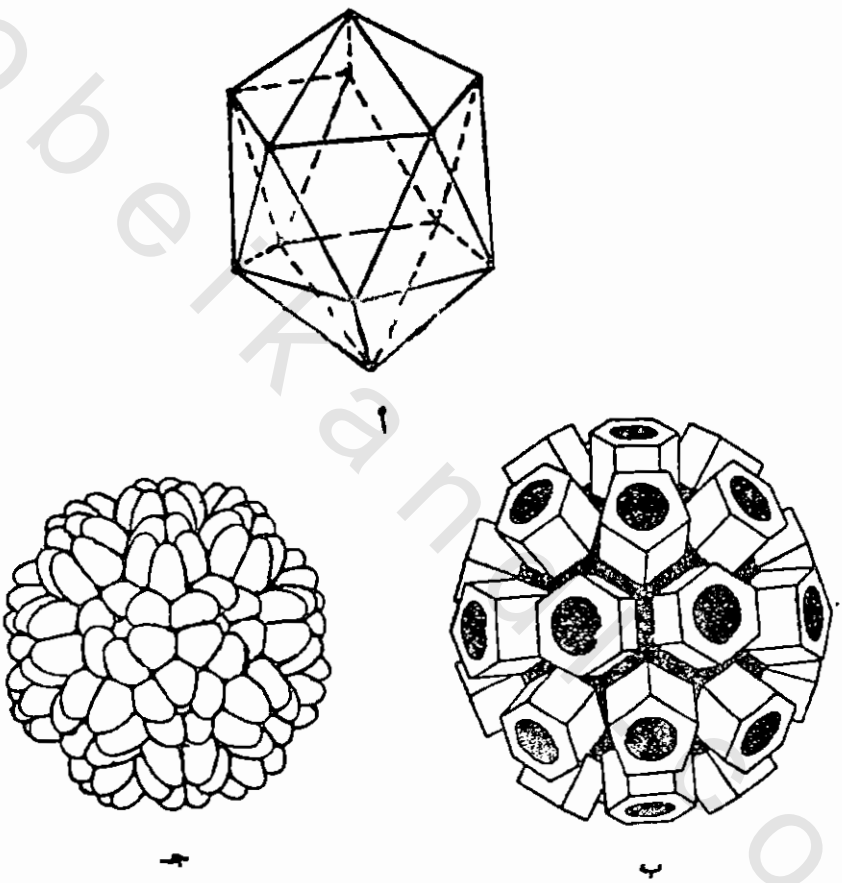
تركيب الفيروسات

توجد الفيروسات فى طورين متبادلين . طور خارج الخلية الحية ويتكون من وحدات معدية تعرف بالفيريون virion وتتكون من نوع من الحمض النووى مغلف بغلاف بروتينى ، وطور داخل الخلية ويتكون من الحمض النووى فقط .

تتكون الفيروسات أساسا من أحماض نووية تحتوى على نوع واحد فقط من الاحماض النووية RNA أو DNA ، تكون عادة من نوع حمض الريبوز النووى الذى يرمز اليه بالرمز RNA فى معظم الفيروسات النباتية ، وتكون من النوع الذى أكسى ريبوز النووى الذى يرمز اليه بالرمز DNA أو من حمض الريبوز النووى وهما يوجدان على انفراد كما فى الفيروسات الحيوانية ، وتكون عادة من الحمض DNA فى الفيروسات البكتيرية . ويوجد مع الاحماض النووية مواد بروتينية تعمل كغلاف capsid يحيط بالحمض النووى المكون للفيروس وذلك فى معظم الفيروسات الصغيرة الحجم . وقد تحتوى الفيروسات المتوسطة والكبيرة الحجم بالاضافة الى الاحماض النووية والبروتينات على مواد دهنية وكربوايدراتية كما فى فيروس الانفلونزا .

يتركب الفيريون الواحد عادة من جزء وسطى يتكون من الحمض النووى فقط ويسمى القلب core ويحاط بغلاف يتكون من بروتين فقط أو بروتين مرتبط بمركبات أخرى حسب نوع الفيروس . ويوجد فى بعض الفيروسات غشاء يحيط بالفيروس ويعرف بالغطاء envelope .

يتكون الفيرون عديد الأضلع من حمض نووى أو حمض نووى بروتينى بشكل مضلع له عشرين ضلعا (شكل ٢ أ) ومغلف بغلاف بروتينى يسمى كابسيد capsid يتكون من وحدات مورفولوجية تسمى كابسومرات capsomers ، ويغلف البعض منها بغلاف إضافى غشائى envelope يشتق من غشاء خلية العائل الاختيارى النفاذية plasmalemma .



(شكل ٢) : تركيب فيرون عديد الأضلع

(أ) شكل مضلع له عشرون ضلعا (الحمض النووى) .

(ب) كابسيد الفيرون مكون من ٣٢ كابسومر منها ١٢ خماسية الأضلع والباقى سداسية الأضلع .

(جـ) الكابسيد السابق بدرجة توضيح أعلى تبين الوحدات البروتينية وعددها ١٨٠ وحدة فى ٣٢ مجموعة (كابسومر)

تظهر الكابسومرات فى الميكروسكوب الالكترونى شكل مشورات خمسة pentagonal أو مسدسة hexagonal (شكل ٢ ب) وبتوضيح اكثر نجد أن كل كابسومر يتكون من خمسة أو ستة وحدات بروتينية (شكل ٢ جـ) . توجد الكابسومرات خماسية الأضلع على نقط تلاقى الأضلع ، لهذا فعددها ثابت ، فهى دائما ١٢ . وتوجد الكابسومرات سداسية الأضلع على الأضلع وعددها عشرين ضلعا أو على حواف الأضلع وعددها ثلاثون حافة ، ولهذا فأعداد الكابسومرات السداسية عشرون أو ثلاثون أو مضاعفاتهما . وقد تكون الكابسومرات السداسية غير موجودة كما فى حالة بعض أنواع البكتيريوفاج مثل الفاج ϕ X 174 (شكل ١ ا) ، واعدادها عشرون فى التبقش الاصفر للفت ويصل العدد إلى ٢٤٠ فى أدينوفيروس Adenovirus (شكل ١ ب) .

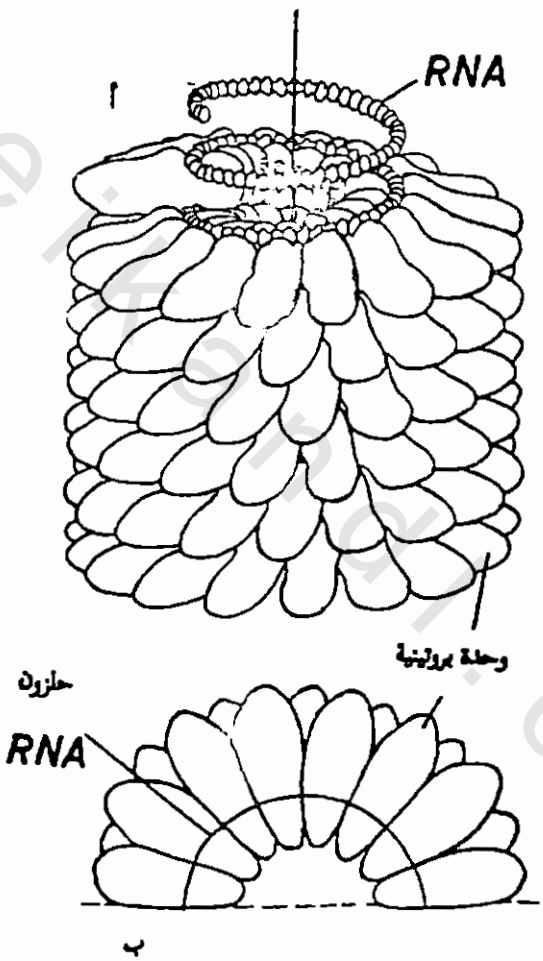
ولوصف الفيروسات أقترح الرقم التثليثى triangulation number (T) ، الذى يحسب بتقدير عدد الوحدات البروتينية الكلى الذى ينتج من ضرب عدد الكابسومرات من كل نوع فى عدد أوجهها ثم قسمة المجموع على عدد الوحدات البروتينية الخماسية، أى ١٢×٥ = ٦٠ ، وذلك كما هو موضع فى الجدول رقم ١ .

جدول رقم ١

حساب الرقم التثليثى لبعض الفيروسات عديدة الأوجه

الفيروس	القطر nm	عدد الكابسومرات الخماسية	عدد الكابسومرات السداسية	عدد وحدات البروتين	T
الفاج ϕ X 174	٢٤	١٢		٦٠	$\frac{٦٠}{٦٠} = ١$
الموزايك الاصفر للفت	٢٨	١٢	٢٠	١٢٠ + ٦٠	$\frac{١٨٠}{٦٠} = ٣$
Nudaurelia capensis	٤٢	١٢	٣٠	١٨٠ + ٦٠	$\frac{٢٤٠}{٦٠} = ٤$
رايدوفيرس	٦٠	١٢	٨٠	٤٨٠ + ٦٠	$\frac{٥٤٠}{٦٠} = ٩$
ادينوفيرس	٧٥	١٢	٢٤٠	١٤٤٠ + ٦٠	$\frac{١٥٠٠}{٦٠} = ٢٥$

الفيروسات حلزونية التماثل تظهر عادة بشكل عصوى ويميزها الترتيب الحلزونى لوحدات البروتين حول الحمض النووى ومن الفيروسات الحلزونية التى درست بتوسع فيروس تبرقش الدخان TMV ، وهو فيروس عصوى مجوف أبعاده ٣٠٠ × ١٥ نانومتر ، ويتكون من الحمض النووى RNA الحلزونى الشكل ، ومرتب عليه وحدات بروتينية عددها حوالى ٢٢٠٠ وحدة مكونة الغلاف . ويحتوى المقطع على ١٦ وحدة بروتينية (شكل ٣) .



(شكل ٣) تركيب فيروس تبرقش الدخان

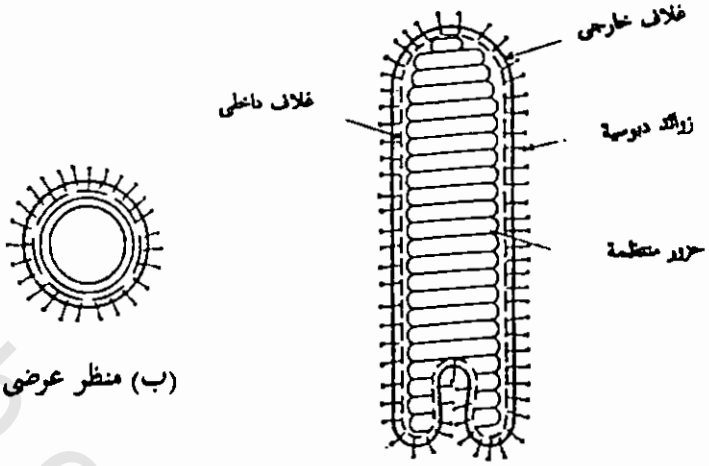
(أ) منظم مجسم لجزء من فيروس تبرقش الدخان (ب) نصف طبقة من فيروس تبرقش الدخان

ومن الفيروسات الحلزونية فيروس الانفلونزا ، وهو كروى الشكل مكون من قلب من RNA حلزونى يحاط بغلاف بروتينى تخرج منها زوائد قطرية مرتبة حلزونيا (شكل ١ د) .

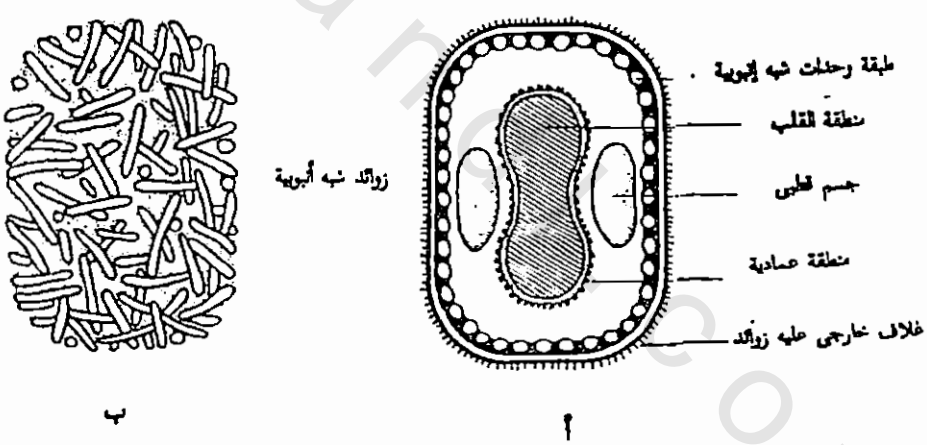
قد يكون الفيروس خليط من النوعين عديد الاوجه والحلزونى كما فى نوع البكتيروفاج ذو الرأس والذيل حيث يكون الرأس عديد الأوجه والذيل حلزونى (شكل ١ ز) . الرأس ذو قلب من الحمض النووى DNA ويحاط بغلاف بروتينى . يتصل الرأس بذيل tail مستقيم بروتينى ، ويخرج من نهاية الذيل خيوط الذيل tail filaments .

المجموعة الرابعة من الفيروسات العصوية المعروفة باسم رابدوفيرس rhabdoviruses وفيروسات الجدرى المعروفة باسم بوكس فيرس poxviruses . يكون شكل الفيريون فى حالة رابدوفيرس عصوى أو عصوى بانبعاج داخلى فى قاعدته (شكل ١ ى وشكل ٤) ، ويتكون من غلاف خارجى envelope يليه للداخل الغلاف الداخلى cover الذى تخرج منه للخارج زوائد دبوسية الشكل spikes تخترق الغلاف الخارجى وتبرز للخارج ، يلتف الغلاف الداخلى حول الجزئ النووى البروتينى nucleocapsid التى يتكون من RNA مع بروتين والذى يظهر على هيئة حزوز منتظمة striations . تصيب هذه الانواع من الرابدوفيرس الحيوانات والحشرات والنباتات.

فيروسات الجدرى تتميز بانها ذات شكلين مورفولوجيين مختلفين هما شكل قوالب الطوب brick-shaped والشكل البيضاوى . تحتوى منطقة القلب فى الفيريون من أى من النوعين على الحمض النووى DNA ، تحاط فى حالة فيريون فاكسينيا Vaccinia (شكل ١ ح) وهو نوع من قالب الطوب بمنطقة عمادية palisaded region (شكل ٥) ، كما يوجد على جانبى المادة النووية جسمان قطبيان polar bodies ، ويبطن الغلاف الخارجى طبقة من وحدات شبه انبوبية . اما فى حالة فيريون أورف Orf (شكل ١ ط) وهى من النوع البيضاوى فيتكون من غلاف خارجى عليه زوائد بداخله قلب من DNA ومكون شبه انبوبى يظهر بشكل حلزونى متقاطع criss-cross عند تصوير الجزء العلوى والسفلى للفيريون معا.



(شكل ٤) : رسم تخطيطي لفيرون رابدوفيرس



(شكل ٥) : رسم يوضح تركيب فيروس الجدري ، فاكسينا

(أ) قطاع عرضي (ب) منظر سطحي للغلاف الخارجي يبين توزيع الزوائد شبه الانبوبية

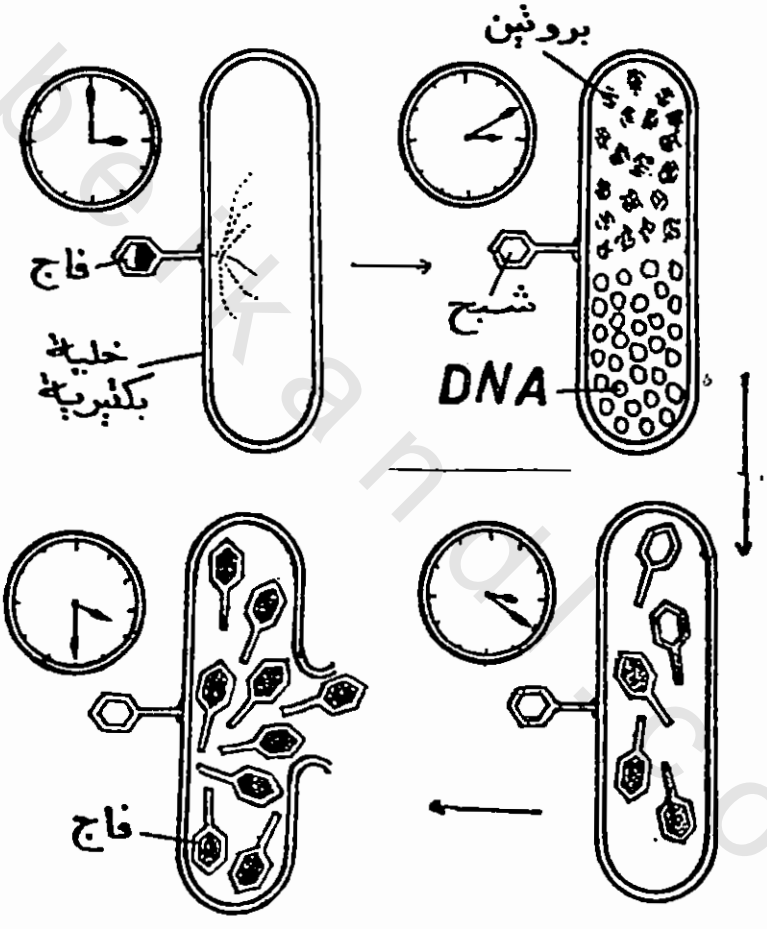
التكاثر فى الفيروسات

تستطيع الفيروسات ان تنشط وتتكاثر داخل الخلايا الحية فقط . فيمكن تنمية كثير من الفيروسات مثل فيروسات الانفلونزا والغدة النكفية والجدرى فى الفيران البيضاء أو فى خنازير غينيا أو فى أجنة بيض الدجاج ، كما ينمى فيروس مصل سالك المضاد لشلل الاطفال فى أنسجة كلية القرد ، وتنمى الفيروسات التى تصيب النباتات على النباتات السليمة .

ومن أكثر الفيروسات دراسة من حيث النشاط والتكاثر ، الفيروسات التى تهاجم البكتريا والتى تعرف بالبكتريوفاجات ، فعندما يهاجم الفاج خلية بكتيرية فان ذيل الفاج يلتصق بجدار الخلية البكتيرية . وتثقب خيوط الذيل جدار الخلية البكتيرية مثبتة الفاج على سطح الخلية ، ثم تحلل الانزيمات الموجودة فى سدادة الذيل جدار الخلية البكتيرية . ينقبض الذيل كله أو جزؤه العلوى المتصل بالرأس فيندفع الحمض النووى DNA الى داخل الخلية البكتيرية ويبقى الغلاف البروتينى فارغا خارج الخلية البكتيرية ، ويعرف الغلاف فى هذه الحالة بالشبح ghost . يحدث بعد ذلك تداخل فى الحمض النووى DNA للفاج مع الاحماض النووية DNA للخلية البكتيرية مؤديا الى اختلال العمليات الحيوية للخلية البكتيرية ، ثم سيطرة الحمض النووى للفاج على سير العمليات الحيوية فى الخلية البكتيرية لصالحه . يؤدى ذلك الى أن تصبح جميع العمليات الحيوية فى الخلية البكتيرية موجهة لانتاج الحمض النووى DNA والبروتين الخاصين بالفاج كل على حدة . ثم تتجمع الاحماض النووية الناتجة مع البروتينات لتكون فاجات كثيرة جديدة . ويؤدى ذلك الى استهلاك محتويات الخلية البكتيرية وموتها وانفجار جدارها وخروج الفاجات . سرعة التكاثر فى الفيروسات كبيرة وقدرت فى حالة الفاج ، فوجد ان فاج واحد يدخل خلية بكتيرية واحدة يمكنه أن يكون ١٠ــ٣٠٠ فاج جديد خلال ١٥ــ٣٠ دقيقة (شكل ٦) .

مما سبق يتضح أن الفيروسات تختلف عن الكائنات الحية المتطفلة الاخرى فى أن الفيروس يتكاثر ويكون أجسام الفيروسات الجديدة الناتجة الاخرى من جزيئات مكونات خلايا العائل بعيدا عن جسم الفيروس ، حيث أن الفيروس يستخدم

ريبوسومات الخلايا أثناء تكاثره . أما الطفيليات الاخرى غير الفيروسية فانها تستمد غذاءها فقط من العائل وتحوله الى مكونات بروتوبلازمية وتنمو فى الحجم ، ثم تكون من جسمها الاجزاء التكاثرية . ومما هو جدير بالذكر أن الفيروسات لا تنمو كما أنها لا تتكاثر بالانفاق ولذلك فصلت مسببات الحمى البيغائية عن الفيروسات لأنها تتكاثر بالانفلاق كما فى خلايا البكتيريا .



(شكل ٦) خطوات تكاثر الفاج فى خلية بكتيرية

ومن الجدير بالذكر أن المادة المعدية فى الفيروس والمسئولة عن التكاثر هى الحمض النووى . وقد وجد فى بعض الفيروسات مثل فيروس تبرقش الدخان أن

الحمض النووى وحده اذا فصل عن الغلاف البروتينى وأدخل فى الخلية النباتية فانه يحدث العدوى ويكون فيروسات كاملة جديدة . واذا أدخلت فى خلية واحدة سلالتين مختلفتين من فيروس واحد فان المادتين النوويتين لكل من السلالتين تختلطان معا وينتج عنهما فيروسات جديدة خليطة فى صفاتها بين السلالتين الاصليتين .

تسبب الفيروسات موت وتحلل خلايا الكائن الحى العائل عادة ، وقد تسبب أوراما كما فى بعض فيروسات الحيوانات . وتحدث الفيروسات تغييرا فى محتويات الخلية المصابة ، فبعض الفيروسات تكون داخل الخلايا أجساما كبيرة يمكن رؤيتها بالميكروسكوب الضوئى تعرف بالاجسام المحتواه inclusion bodies ، وتشاهد فى خلايا أوراق نبات الدخان المصابة بفيروس التبرقش . والاجسام المحتواه غير معروف طبيعتها بالضبط ، فقد تنتج عن تجمع عدد كبير من الفيروسات ، وتحاط كل مجموعة بغشاء ، وقد تكون هذه الاجسام عبارة عن نواتج عرضية غير حية ناتجة عن نشاط الفيروس .

الفيرويدات

تعتبر الفيرويدات viroids أصغر الأحياء على الاطلاق ، إجبارية التطفل ، وهى عبارة عن جزئ من الحمض النووى RNA يتراوح وزنه الجزئى ما بين ٧٥٠٠٠ إلى ١٢٧٠٠٠ دالتون . تسبب الفيرويدات أمراضا للنبات منها مرض الدرنة المغزلية فى البطاطس ، وكذلك امراضا للحيوان .

الميكوبلازمات

الميكوبلازمات mycoplasmas كائنات حية أكبر من الفيروسات وأصغر من البكتيريات ، وتعتبر أصغر الكائنات الخلوية المعروفة . تتراوح أقطارها ما بين ١٠٠ ملليميكرون وميكرون واحد . أشكالها متغيرة pleomorphic ، قد تكون كروية أو كمثرية أو خيطية أو غير منتظمة . تشبه الميكوبلازمات البكتيريات إلا أنها خالية من الجدر الخلوية وتحاط بغشاء سمكه ١٠ ملليميكرون ، ولا توجد بها نواة مميزة وتحتوى على ريبوسومات والحمض النووى DNA وتتكاثر بالانفلاق binary fission .

الميكوبلازمات حساسة للمضادات الحيوية من مجموعة التراسيكلين ولا تتأثر بالبنسيلين . كثير من أنواعها تم عزلها من الأسطح الرطبة للأغشية المخاطية للانسان وحيوانات فقرية مختلفة حيث تسبب أمراضا مختلفة البعض يسبب أمراضا نباتية ، كما وجد البعض حرا فى ينابيع المياه الساخنة .

تتميز الميكوبلازمات إلى جنسين هما ميكوبلازما *Mycoplasma* وأكوليبلازما *Acholeplasma* ، يختلفان عن بعضهما فى متطلباتهما الغذائية حيث يحتاج الجنس ميكوبلازما إلى الكوليسترول Cholesterol لدخوله بكميات كبيرة فى تركيب غشاء الخلية ولا يلزم الكوليسترول لنمو الجنس الثانى .

الريكيتسيات

الريكيتسيات rickettsiae كائنات حية صغيرة ، اجبارية التطفل ، وسط فى أحجامها وخواصها بين الفيروسات والبكتيريات يمكن رؤيتها بالميكروسكوب الضوئى فتظهر كأجسام كروية الى عصوية ، تتراح أبعادها ما بين ٢٠٠ الى ١٠٠٠ ملليميكرون ، بعضها له القدرة على تغيير شكله pleomorphic مثل *Rickettsia prowazeki* ، الذى يسبب مرض التيفوس الذى قد يستطيل ويصبح خيطى ويصل طوله الى ٤ ميكرون . تتكاثر الريكيتسيات بالانفلاق ، كما أنها تقوم ببعض العمليات الحيوية مستقلة عن الكائن العائل .

تحتوى جدر الريكيتسيات على حمض الميورامك muramic acid وبها بروتوبلازم قريب الشبه من بروتوبلازم البكتيريا حيث يحتوى على نوعى الاحماض النووية DNA و RNA . سالبة لصبغة جرام بضعف ، ولكنها تأخذ اللون الاحمر أو البنفسجى عند صبغتها بصبغة جيمسا Giemsa .

تعيش معظم الريكيتسيات فى القناة الهضمية لبعض الحيوانات المفصلية التى تتغذى بامتصاص الدم ، وبعضها يسبب أمراضا للانسان كمرض التيفوس المسئول عن نقله حشرة القمل