

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دعای مطالعه

اَللّٰهُمَّ اَخْرِجْنِيْ مِنْ ظُلُمَاتِ الْوَهْمِ وَاكْرِمْ نِيْ بِنُوْرِ الْفَهْمِ
اَللّٰهُمَّ افْتَحْ عَلَيْنَا اَبْوَابَ رَحْمَتِكَ وَاَنْشُرْ عَلَيْنَا خَزَائِنَ عُلُوْمِكَ
بِرَحْمَتِكَ يَا اَرْحَمَ الرَّاحِمِيْنَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی های فکر و گرامی بداره نور فهم
پروردگارا، بکشای بر مادی های رحمت را و بگستران کنج های دانشت را به امید رحمت
تو ای مهربان ترین مهربانان

بیایید به حقوق دیگران احترام بگذاریم

دوست عزیز، این کتاب حاصل دسترنج چندین ساله ی مؤلف، مترجم و ناشر آن است. تکثیر و فروش آن به هر شکلی بدون اجازه از پدیدآورنده کاری غیر اخلاقی، غیر قانونی، غیر شرعی و کسب درآمد از دسترنج دیگران است، نتیجه ی این عمل نادرست، موجب رواج بی اعتمادی در جامعه و بروز پی آمدهای ناگوار در زندگی و محیط ناسالم برای خود و فرزندانمان می گردد.

کتاب جامع دکتر خلیلی

ویروس شناسی پزشکی

ویژه رشته های:

ویژه دانشجویان و داوطلبان کارشناسی، کارشناس ارشد و دکتری تخصصی (Ph.D)

رشته های علوم پایه پزشکی، دندان پزشکی، داروسازی و کلیه علاقمندان علم ویروس شناسی

مؤلفین (به ترتیب حروف الفبا):

دکتر نسترن انصاری

(عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی همدان)

دکتر محمد شایسته پور

(عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی کاشان)

دکتر پرینا میثمی

(فوق دکتری ویروس شناسی پزشکی، بریستول انگلستان)

دکتر شقایق یزدانی نیشابوری

(عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران)

با همکاری:

مرضیه دیویندی

(دانشجوی دکتری تخصصی ویروس شناسی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی گلستان)

حسین واضح

(کارشناسی ارشد ویروس شناسی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی گلستان)



عنوان و نام پدیدآور	: ویروس‌شناسی پزشکی: ویژه‌ی رشته‌های: ویژه‌ی دانشجویان و داوطلبان ... / مولفین (به‌ترتیب حروف الفبا) نسترن انصاری ... [و دیگران]؛ با همکاری مرضیه دیوبندی، حسین واضح
وضعیت ویراست	: [ویراست ۲].
مشخصات نشر	: تهران: گروه تألیفی دکتر خلیلی، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	: ۳۹۲ص. : مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-422-575-5
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: مولفین نسترن انصاری، محمد شایسته‌پور، پرینا میثمی، شقایق یزدانی نیشابوری، مرضیه دیوبندی، حسین واضح.
موضوع	: ویروس‌شناسی پزشکی
موضوع	: Medical virology
شناسه افزوده	: انصاری، نسترن، ۱۳۶۳-
شناسه افزوده	: دیوبندی، مرضیه، ۱۳۶۹-
شناسه افزوده	: واضح، حسین، ۱۳۷۰-
رده‌بندی کنگره	: RC۱۱۴
رده‌بندی دیویی	: ۶۱۶/۹۱۰۱
شماره کتابشناسی	: ۷۴۰۶۶۱۸

نام کتاب: ویروس‌شناسی پزشکی

مؤلف: دکتر نسترن انصاری- دکتر محمد شایسته‌پور- دکتر پرینا میثمی

دکتر شقایق یزدانی نیشابوری- مرضیه دیوبندی- حسین واضح

ناشر: گروه تألیفی دکتر خلیلی

نوبت و سال چاپ: دوم . ۱۳۹۹

شمارگان: ۱۰۰۰

چاپ: پنگوئن . صحافی: ندای ایران

مدیر تولید: اقبال شرقی

ناظر فنی چاپ: فرهاد فراهانی

مدیر فنی و هنری: مریم آرده

تایپ و صفحه‌آرایی: بیتا اندوژفر

بهاء: ۳۳۰۰۰۰ تومان

آموزشگاه دکتر خلیلی: ۰۲۱-۶۶۵۶۸۶۲۱

فروشگاه: تهران . خیابان انقلاب . روبه‌روی درب اصلی دانشگاه تهران . پاساژ فروزنده . طبقه همکف . پلاک ۳۳۱

تلفن: ۰۲۱-۶۶۵۸۹۳۷۵ - ۰۲۱-۶۶۵۸۹۳۴۹

مرکز پخش: ضلع جنوب غربی میدان انقلاب- جنب سینما پارس- مجتمع تجاری پارس - طبقه اول

مدیر فروش: ۰۵۰۸۵۸۹ - ۰۹۱۲

مرکز فروش: ۰۲۱-۶۶۵۶۹۲۱۶

تقدیم به

خدایی که آفرید جهان را، انسان را، عقل را، علم را، معرفت را، عشق را و مهربان فرشتگانی که سخات ناب باور بودن، لذت غرور داشتن، جبارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های زیبای زندگیمان، می یون حضور سبز آنهاست.
تقدیم به خانواده های عزیزمان و تقدیم به استادان و معلمان و همه کسانی که بی وجودشان رسیدن به این مرحله غیر ممکن بود.
طلیحه سخن مؤلف:

به نام خالق هستی

«شما امروز در جایی قرار دارید که افکارتان شما را به آنجا آورده و فردا هم جایی خواهید بود که افکارتان شما را به آنجا می برد».

دانش پزشکی با پیشرفت های زیادی در حوزه ویروس شناسی همراه بوده است. امروزه از ویروس ها در تولید فراآورده های پزشکی، ژن درمانی و درمان بسیاری از بیماری ها و سرطان ها استفاده فراوان می شود. با توجه به نیاز دانشجویان و دانش پژوهان به یک مجموعه کامل در مورد مطالب پایه و بالینی ویروس شناسی، بر آن شدیم تا برای اولین بار با نگارش کتاب جامع فارسی در مورد خانواده های مختلف ویروسی و با تاکید بر مکانیسم های همانندسازی ویروس ها سهمی کوچک در جهت ارتقاء دانش علمی و تجربی دانشجویان و علاقه مندان در این زمینه داشته باشیم. مباحث مطرح شده در این کتاب به گونه ای تدوین شده اند که نیاز دانشجویان جهت مطالعه برای تحصیلات تکمیلی و کلیه مقاطع دانشگاهی در رشته های مختلف پزشکی، ویروس شناسی، میکروبی شناسی، دامپزشکی و سایر رشته های مرتبط را برآورده سازد. همچنین از ویژگی های این مجموعه استفاده از جداول، اشکال و نکات تکمیلی جهت خلاصه سازی مطالب کلیدی می باشد.

با تمامی دقت و توجهی که در نگارش این کتاب به کار گرفته شده است، امید است خوانندگان محترم ضمن مطالعه این کتاب، ما را از نظرات و پیشنهادهای ارزنده خویش بهره مند سازند.

با تقدیم احترام، مؤلفین

medicalvirologybook@gmail.com

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

بخش اول: ویروس‌شناسی عمومی و پایه

فصل اول: کلیات ویروس‌شناسی.....	۸
فصل دوم: پاتوژنز ویروس‌ها.....	۳۰
فصل سوم: تشخیص آزمایشگاهی ویروس‌ها.....	۳۷
فصل چهارم: داروهای ضد ویروسی.....	۵۳

بخش دوم: ویروس‌های دارای ژنوم DNA

فصل پنجم: پاروویریده.....	۶۴
فصل ششم: هرپس ویریده.....	۷۶
فصل هفتم: پاکس ویریده.....	۱۰۲
فصل هشتم: آدنوویریده.....	۱۱۹
فصل نهم: پاپیلوماویریده.....	۱۳۲
فصل دهم: پولیوماویریده.....	۱۴۲
فصل یازدهم: هپادناویریده.....	۱۵۱

بخش سوم: ویروس‌های دارای ژنوم RNA پلاریته مثبت

فصل دوازدهم: پیکورناویریده.....	۱۶۷
فصل سیزدهم: کالیزی ویریده.....	۱۸۵
فصل چهاردهم: آستروویریده.....	۱۹۱
فصل پانزدهم: توگاویریده.....	۱۹۵
فصل شانزدهم: فلاوی ویریده.....	۲۰۵
فصل هفدهم: کروناویریده.....	۲۱۴
فصل هجدهم: رتروویریده.....	۲۲۸
فصل نوزدهم: ویروس‌های هیاتیت دارای ژنوم RNA.....	۲۴۴

بخش چهارم: ویروس‌های دارای ژنوم RNA پلاریته منفی و RNA دو رشته‌ای

فصل بیستم: ارتومیکسوویریده.....	۲۶۱
فصل بیست و یکم: پارامیکسوویریده.....	۲۷۴
فصل بیست و دوم: رابدوویریده.....	۲۹۶
فصل بیست و سوم: فیلوویریده.....	۳۰۶
فصل بیست و چهارم: آرناویریده.....	۳۱۲
فصل بیست و پنجم: بونیایویریده.....	۳۱۹
فصل بیست و ششم: بورناویریده.....	۳۲۶
فصل بیست و هفتم: رتروویریده و بیرناویریده.....	۳۲۹
فصل بیست و هشتم: ویروس‌های منتقله از طریق بندپایان و جوندگان.....	۳۴۵

بخش پنجم: ویروس‌های سرطان‌زا، آهسته و عوامل پریونی

فصل بیست و نهم: ویروس‌های سرطان‌زا در انسان.....	۳۵۹
فصل سی‌ام: ویروس‌های غیرمعمول آهسته و پریون‌ها.....	۳۶۸
منابع.....	۳۷۵
اطلس رنگی ویروس‌ها.....	۳۷۷

بخش اول:

ویروس شناسی عمومی و پایه



کلیات ویروس‌شناسی (Fundamentals of virology)

مقدمه و تاریخچه

ویروس‌ها کوچک‌ترین ذرات عفونی هستند که دارای یک نوع اسید نوکلئیک (DNA یا RNA) می‌باشند. اندازه‌ی این ذرات از حدود ۱۵ تا ۳۰۰ نانومتر متغیر است (شکل ۱-۱). به یک واحد کامل عفونت‌زا، ویریون گفته می‌شود. ویروس‌ها فقط در سلول‌های زنده تکثیر می‌کنند. پس می‌توان گفت انگل اجباری درون سلولی هستند. ویروس‌ها فاقد دستگاه پروتئین‌سازی بوده، بنابراین از دستگاه پروتئین‌سازی میزبان استفاده می‌کنند. عفونت ویروسی می‌تواند تاثیر کمی روی سلول میزبان داشته باشد و یا موجب مرگ یا آسیب سلولی شود. ویروس‌ها می‌توانند ارگانیسم‌های تک‌سلولی از قبیل مایکوپلاسما، باکتری‌ها، جلبک‌ها و تمامی گیاهان و حیوانات عالی را آلوده کنند. بیش‌ترین اطلاعات در مورد ارتباطات ویروس-میزبان بر اساس مطالعات در زمینه باکتیروفاژها حاصل شده است.

سه فرضیه در مورد منشأ ویروس‌ها مطرح است:

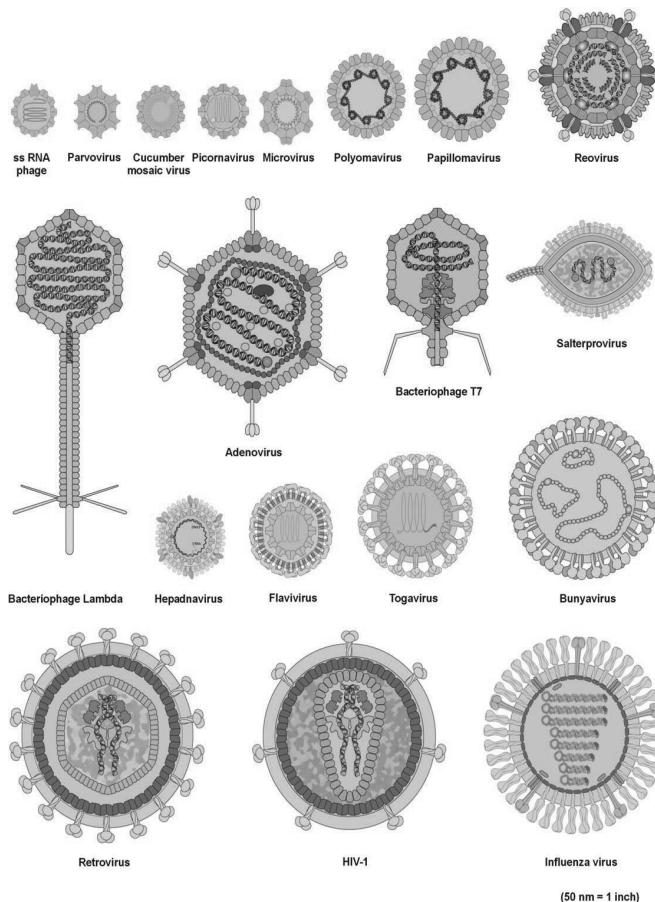
- A: ویروس‌ها از RNA منشا گرفته‌اند، این فرضیه با کشف فعالیت کاتالیتیک و آنزیمی RNA قدرت گرفت.
- B: ویروس‌ها اشکال تحلیل یافته‌ای از سلول‌های آزاد هستند. مشابه این نظریه تحت عنوان retrogression برای میتوکندری‌ها هم مطرح می‌باشد.
- C: منشا ویروس‌ها از مواد ژنتیکی سلول‌ها می‌باشد. (نظریه درون‌زاد)^۱
- واژه‌ی ویروس در لاتین به معنای سم^۲ می‌باشد و بیجرینگ^۳ که او را پدر علم ویروس‌شناسی می‌نامند؛ برای توصیف آن اولین بار از این واژه استفاده کرد.
- اولین ویروس‌شناسایی شده ویروس موزاییک تنباکو است که توسط ایوانوسکی^۴ کشف شد. هم‌چنین اولین ویروس حیوانی، ویروس تب برفکی^۵ است که توسط لوفلر و فروش^۶ شناسایی شده است.

1. Endogenous
2. Poison
3. Beijerinck
4. Ivanovski
5. Foot and Mouth Disease Virus (FMD)
6. Löffler and Frosch

لازم به ذکر است که ویروس تب زرد^۱ به‌عنوان اولین ویروس انسانی کشف شده مطرح است. جدول (۱-۲) بیان‌کننده مهم‌ترین وقایع تاریخچه ویروس‌شناسی از زمان پیدایش این علم تاکنون است. ویروس‌ها دارای خصوصیت‌هایی هستند که آن‌ها را از سایر میکروارگانیسم‌ها متمایز می‌کند (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱. خصوصیات متمایزکننده ویروس‌ها از سایر میکروارگانیسم‌ها

ویروس‌ها	میکروارگانیسم‌های دیگر	خصوصیت
در حد نانومتر هستند و قادر به عبور از فیلترهای ۰/۴۵ میکرومتر می‌باشند. از یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها کوچک‌ترند	واحد اندازه‌گیری باکتری‌ها میکرون می‌باشد	اندازه
RNA یا DNA	RNA و DNA	ژنوم
دارای سیکل تکثیر چند مرحله‌ای ویژه می‌باشد	تقسیم دوتایی، میتوز و ...	تکثیر
مقاوم	حساس	مقاومت به آنتی‌بیوتیک
ندارد	دارد	سنتز پروتئین
ندارد	دارد	تولید انرژی
دارد	ندارد	القاء IFN



شکل ۱-۱. ساختمان، مرفولوژی و اندازه ویروس‌های مختلف

جدول ۱-۲. برخی از مهم‌ترین وقایع تاریخچه ویروس‌شناسی

رویداد	نام دانشمند	سال
کشف واکسن آبله	Edward Jenner	۱۷۹۸
کشف واکسن‌های هاری	Louis Pasteur	۱۸۸۵
کشف ویروس موزاییک تنباکو	Dimitrii Ivanovski	۱۸۹۲
کشف ویروس، پا و دهان چهارپایان (FMDV) به‌عنوان اولین ویروس حیوانی	Friedrich Löffler, Paul Frosch	۱۸۹۸
کشف ویروس تب زرد به‌عنوان اولین ویروس انسانی	Carlos Finaly, Walter Reed	۱۹۰۰
کشف ویروس راس سارکوما (RSV) به‌عنوان اولین RNA ویروس نومورزا	Peyton Rous	۱۹۱۱
استفاده از کشت سلولی برای جداسازی ویروس‌ها	Stein Hardt	۱۹۱۳
کشف باکتریوفاژها	Frederick Twort	۱۹۱۵
کشف Plaque Assay	Felix Herelle	۱۹۱۷
کشف واکسن تب زرد	Max Theiler	۱۹۳۰
کشف پاپیلوما ویروس خرگوش به‌عنوان اولین DNA ویروس مولد تومور	Shope	۱۹۳۳
رشد پولیو ویروس در کشت سلولی	John Enders	۱۹۴۹
کشف واکسن کشته شده پولیوویروس	Jonas Salk	۱۹۵۵
کشف اینترفرون	Alick Isaacs Jean Lindenmann	۱۹۵۷
کشف واکسن زنده پولیوویروس	Albert Sabin	۱۹۶۰
کشف ویروس هپاتیت B	Baruch Blumberg	۱۹۶۸
کشف فرآیند اسپیلیسینگ در آدنوویروس	Philip sharp Richard Roberts	۱۹۷۷
کشف پرین‌ها	Stanley Prusiner	۱۹۷۵-۱۹۹۰

تعاریف و مفاهیم اولیه در ویروس‌شناسی

کپسید: پوسته پروتئینی یا پوشینه‌ای که اسید نوکلئیک ویروسی را دربر می‌گیرد و آن را از عوامل خارج سلولی و نوکلئازها محافظت می‌کند. کپسید اتصال و نفوذ ویروس به سلول هدف را تسهیل می‌کند، در ایجاد تقارن ویروسی و شکل‌دهی نقش داشته، سبب تحریک و تولید آنتی‌بادی‌های میزبان می‌گردد.

کپسومر: کپسومرها واحدهای مورفولوژیک هستند که با میکروسکوپ الکترونی در سطح ذرات چند وجهی ویروسی دیده می‌شوند. این اصطلاح در مورد ویروس دارای تقارن مارپیچی (مثل آنفلوانزا) کاربرد ندارد.

ویروس ناقص^۱: ویروسی است که از نظر عملکرد در بعضی از جنبه‌های همانندسازی ناقص است مانند ویروس‌های اقماری همراه آدنوویروس (AAV) یا ویروس هپاتیت دلتا (HDV). این ویروس‌ها ممکن است از تکثیر و همانندسازی ویروس‌های دیگر جلوگیری کنند.

پنتون: واحد ساختمانی سازنده ویروس‌ها که با پنج واحد کناری مرتبط است و در رؤس ویرون قرار دارد.

هگزون: واحد ساختمانی سازنده ویروس‌ها که با شش واحد کناری احاطه شده است.

ویروئید: عوامل عفونی کوچکی هستند که موجب بیماری در گیاهان می‌شوند و پوشش ندارند. این عوامل دارای ژنوم RNA تک‌ رشته‌ای حلقوی می‌باشند که هیچ محصول پروتئینی را کد نمی‌کند.

ویروسوئید: ذره‌های اقماری (وابسته به عوامل دیگر) هستند و مانند ویروئیدها، ژنوم آن‌ها فقط از RNA تشکیل شده است، ولی دارای نوکلئوتیدهای بیش‌تری نسبت به ویروئیدها هستند و در ساختمان خود پروتئین دارند مثال: هپاتیت دلتا یک ویروسوئید است که وابسته به هپاتیت B است.

پروتئین ویروسی ماتریکس: جزو پروتئین‌های داخلی برای ویروس می‌باشد و عملکرد آن مرتبط نمودن نوکلئوکپسید به پوشش ویروس می‌باشد. عمدتاً گلیکوزیله نیستند. این پروتئین در همه ویروس‌ها وجود ندارد و بعضی از خانواده‌های ویروسی مانند: فیلوویریده، رابدوویریده، ارتومیکسوویریده، پارامیکسوویریده، برنارویریده و رتروویریده دارای ماتریکس هستند.

ویروس سنس مثبت: ژنوم ویروس به‌عنوان mRNA عمل می‌کند و به محض ورود به سلول عفونت‌زا است. این ویروس‌ها می‌توانند آنزیم‌ها و پروتئین‌های لازم را برای تکثیر خود به محض ورود به سلول بسازند (به استثناء: رتروویروس‌ها).

ویروس سنس منفی: ژنوم مکمل mRNA و از طرف $5' \rightarrow 3'$ می‌باشد بنابراین ابتدا درون سلول باید به RNA سنس مثبت (یعنی mRNA $3' \rightarrow 5'$) تبدیل شود تا عفونی گردد.

زیر واحد^۱: زیرواحدها زنجیره پلی‌پپتیدی تاخوردی ویروس می‌باشند که در ساختن پروتومر نقش دارند. پروتومر در ساختن کپسومر و کپسومر در ایجاد پروکپسید (کپسید بدون ژنوم) نقش دارد.

ویروس کاذب^۲: ویرونی که به جای ژنوم ویروس، حاوی ژنوم سلول میزبان می‌باشد و فاقد قدرت تکثیر است. ویروس‌هایی با تقارن مارپیچی هیچ‌وقت نمی‌توانند تیپ کاذب ایجاد کنند چون فضایی برای آن‌ها باقی نمی‌ماند.

پوشش ویروس: پوشش یا انولوپ، یک غشاء حاوی لیپید است که پیرامون بعضی از ویروس‌ها را احاطه می‌کند (جدول ۱-۲). این لایه طی جوانه زدن و کامل شدن ذرات ویروس از غشاء سلول و یا غشاهای ارگانل‌های داخلی سلول میزبان پدید می‌آید. در سطح انولوپ برجستگی‌های گلیکوپروتئینی وجود دارد که پیلومر گفته می‌شود و مهم‌ترین نقش آن‌ها در اتصال ویروس به سلول است. در واقع انولوپ ویروس شامل لیپید دولایه با منشأ سلولی (به استثناء ویروس سیندبیس)، پروتئین ساختاری و گلیکوپروتئین با منشأ ویروسی است البته گروه‌های قندی موجود در ساختار گلیکوپروتئین‌ها معمولاً از سلول میزبان منشأ می‌گیرند. انولوپ باعث حساس شدن ویروس به شرایط محیطی مثل خشکی، حرارت، دترجنت و غیره می‌شود و همچنین در اتصال نقش دارد. پیلومرهای ویروس‌هایی مانند ارتومیکسو، پارامیکسو، توگا (سرخچه) و فلاوی ویروس‌ها دارای نقش هماگلوتینین می‌باشند. پیلومرها دارای نقش‌های دیگری از قبیل نقش نورآمینیدازی در ارتومیکسوویروس‌ها و یا گیرنده Fc آنتی‌بادی در هرپس ویروس‌ها و نقش فیوژن (پروتئین F) در پارامیکسوویروس‌ها می‌باشند.

خصوصیات ویروس‌های پوشش‌دار

اغلب ویروس‌های پوشش‌دار از طریق فیوژن یا ادغام وارد سلول شده و از طریق جوانه زدن خارج می‌شوند، در نتیجه برای سلول کشنده نیستند.

تمام ویروس‌های RNA دار با سنس منفی دارای پوشش می‌باشند. به‌عنوان یک اصل کلی ویروس‌های دارای پوشش به اتر و حلال‌های شیمیایی دیگر حساس هستند و ویروس‌های فاقد لیپید به اتر مقاوم‌اند (جدول ۱-۲).

طبقه‌بندی ویروس‌ها

- مهم‌ترین معیار طبقه‌بندی ویروس‌ها، ژنوم است. طبقه‌بندی ویروس‌ها می‌تواند براساس موارد زیر باشد:
۱. مورفولوژی ویریون از قبیل اندازه، شکل، نوع تقارن، فقدان یا وجود پیلومرها و فقدان یا وجود غشاء
 ۲. ویژگی‌های ژنوم ویروسی (DNA یا RNA، خطی یا حلقوی، تعداد قطعه، پلاریته مثبت، منفی یا هردو (Ambisense))
 ۳. ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی ویریون از قبیل توده مولکولی، تراکم و ...
 ۴. ویژگی‌های پروتئین ویروسی: تعداد، اندازه، فعالیت پروتئین‌های ساختاری و غیرساختاری و ...
 ۵. ساختار و همانندسازی ژنوم: تعداد ژن، خصوصیات تکثیر، رونویسی و ترجمه، کنترل بعد از ترجمه، محل تجمع اجزاء ویروسی و روش رها شدن ویروس‌ها از سلول
 ۶. ویژگی‌های آنتی‌ژنی
 ۷. ویژگی‌های بیولوژیک: تنوع در میزبان، روش‌های انتقال، پراکندگی جغرافیایی، تروپیسیم (گرایش بافتی و سلولی) و بیماری‌زایی

سیستم طبقه‌بندی ویروس‌ها

سیستم بین‌المللی طبقه‌بندی و نام‌گذاری ویروس‌ها^۱ (ICTV) را براساس مورفولوژی ویریون، ساختمان ژنوم و چگونگی تکثیر به گروه‌های اصلی به‌نام راسته (وایرال)، خانواده (با پسوند ویریده)، زیر خانواده (با پسوند ویرینه) جنس (با پسوند ویروس) تقسیم‌بندی می‌کند. تاکنون ۴ هزار تا ۵ هزار ویروس شناسایی شده است که شامل ۱۴ order، ۱۴۳ خانواده، ۶۴ زیر خانواده، ۸۴۶ جنس و ۴۹۵۸ گونه می‌باشند (تقسیم‌بندی تا سال ۲۰۱۹)؛ که معروف‌ترین آن‌ها به‌نام هیدانواویریده، رتروویریده، پاروویریده، هرپس ویریده، پارامیکسوویریده، رتروویریده، کروناویریده، پاپیلوماویریده و از خانواده‌های کم‌تر شناخته شده مثل میکروویریده، آلفاتراویریده، بتافلکس ویریده، پرموتاتراویریده، سکوویریده، پودوویریده، اکرمان ویریده، میوویریده و سیفوویریده را می‌توان نام برد.

تقسیم‌بندی راسته (order) براساس ویژگی مشترک میان خانواده‌های ویروسی تعریف شده است. تاکنون ۱۴ راسته برای ویروس‌ها تعریف شده است که ۴ راسته معروف آن‌ها شامل مونونگاویرال (فیلوویریده، نیامی ویریده، میمونوایریده، سان ویریده، رابدوویریده، پارامیکسو و بورناویریده)، راسته نیدوویرال (کرونا، مسونی، رونی و آرتری ویریده)، راسته پیکورناویرال (پیکورناویریده، دای سیستروویریده، مارناویریده، پلی‌سیپی ویریده، سکوویریده، ایفلاویریده)، راسته هرپس وایرال‌ها (آلوهرپس ویریده و مالاکوهرپس ویریده) می‌باشد (جدول ۱-۲ و ۱-۳). در اواخر سال ۲۰۱۸ اولین شاخه (phylum) در ویروس‌شناسی توسط ICTV به‌نام شاخه Negarnaviricota معرفی شد که دارای دو زیرشاخه Haploviricotina با چهار کلاس و زیرشاخه Polyplvoviricotina با دو کلاس می‌باشد. طبق این تقسیم‌بندی جدید راسته نیدوویرال به هفت زیر راسته تقسیم‌بندی شد (نمودار ۱-۱ در انتهای فصل).

تقسیم‌بندی ویروس‌ها

طبقه‌بندی براساس اسید نوکلئیک

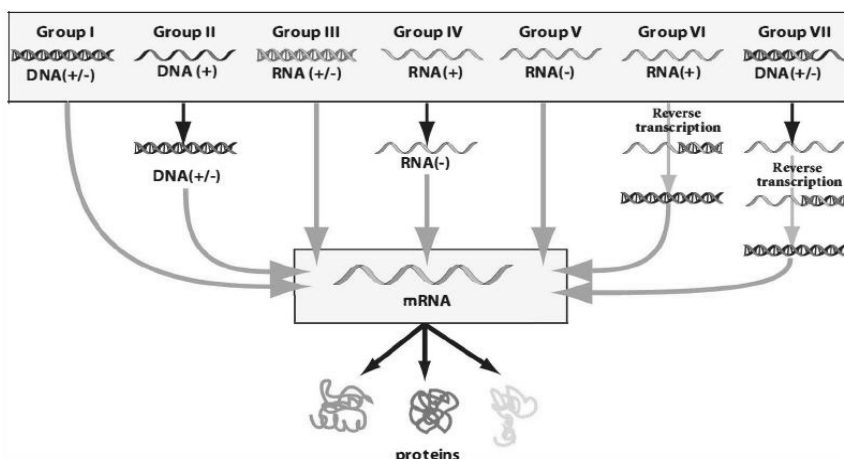
- ویروس DNA دار: ویروس آدنو، پاکس جزو ویروس‌های DNA دار دو رشته‌ای خطی، ویروس پاپیلوما و پولیوما و هیدانواویروس دارای DNA دو رشته‌ای حلقوی، ویروس پاروویروس به‌عنوان DNA تک رشته‌ای خطی و آیلوویروس و سیرکوویروس به‌عنوان DNA تک رشته‌ای حلقوی تقسیم‌بندی می‌شوند.
- ویروس RNA دار: RNA تک رشته‌ای که خود به دو نوع سنس مثبت و سنس منفی تقسیم می‌شود.
- RNA تک رشته‌ای سنس مثبت: کرونا، توگا، فلاوی، پیکورنا، آرتری، کالیزی، آسترو و رتروویروس
- RNA تک رشته‌ای سنس منفی: فیلو، رابدو، ارتومیکسو، پارامیکسو و بورناویروس
- RNA دو رشته‌ای: رتروویروس و بیرناویروس
- ۳ جنس از ویروس‌های راسته بونیواویرال و آرنایویریده دارای قطعه آمبی‌سنس هستند؛ یعنی ناحیه سنس مثبت و سنس منفی روی یک قطعه ژنوم می‌باشد.

جدول ۹.۱-۲. راسته ویروسی طبقه‌بندی شده تا سال ۲۰۱۷. اکنون این تعداد به ۱۴ راسته تا سال ۲۰۱۹ رسیده است.

Order: Bunyvirales	(9 Families)
Order: Caudovirales	(4 Families)
Order: Herpesvirales	(3 Families)
Order: Ligamenvirales	(2 Families)
Order: Mononegavirales	(9 Families)
Order: Nidovirales	(4 Families)
Order: Ortervirales	(5 Families)
Order: Picornavirales	(7 Families)
Order: Tymovirales	(5 Families)
Order: Unassigned	(86 Families)

طبقه‌بندی بالتیمور^۱

براساس ژنوم ویروس، تکثیر و استراتژی نسخه‌برداری، بالتیمور ویروس‌ها را در هفت گروه یا کلاس طبقه‌بندی کرده است (شکل ۱-۲):



شکل ۱-۲. طبقه‌بندی بالتیمور

کلاس I: ویروس‌های دارای ژنوم DNA دو رشته‌ای: هرپس ویریده، آدنوویریده، پاکس ویریده، پولیوماویریده، پاپیلوماویریده
 کلاس II: ویروس‌های دارای ژنوم DNA تک‌رشته‌ای: پاروویریده، سیرکوویریده
 کلاس III: ویروس‌های دارای ژنوم RNA دورشته‌ای: رئوویریده، بیرناویریده
 کلاس IV: ویروس‌های دارای ژنوم RNA تک‌رشته‌ای با پلاریته مثبت: توگاویریده، فلاوی ویریده، پیکورناویریده، کالیسی ویریده، آستروویریده، کوروناویریده
 کلاس V: ویروس‌های دارای ژنوم RNA تک‌رشته‌ای با پلاریته منفی: ارتومیکسوویریده، پارامیکسوویریده، رابدوویریده، فیلوویریده، برناویریده، آرناویریده، بونیواویریده
 کلاس VI: ویروس‌های دارای ژنوم RNA با پلاریته مثبت که با استفاده از روش نسخه‌برداری معکوس، از DNA حد واسط استفاده می‌کنند: رتروویریده
 کلاس VII: ویروس‌های دارای ژنوم DNA دورشته‌ای که از روش نسخه‌برداری معکوس استفاده می‌کنند: هپادناویریده

طبقه‌بندی هولمز (Holmes)

در سال ۱۹۴۸ آقای هولمز (Holmes) ویروس‌ها را به سه گروه موجود در یک راسته (Order) طبقه‌بندی کرد:

گروه I: phaginae ← که میزبانان باکتری‌ها هستند.

گروه II: phytophaginae ← که میزبانان گیاهان هستند.

گروه III: zoophaginae ← که حیوانات میزبان این گروه می‌باشند.

ویروس‌های دارای ژنوم DNA در انسان (جدول ۱-۳)

پاروویروس‌ها: پاروویروس‌ها دارای ژنوم DNA تک‌ رشته‌ای خطی می‌باشند. بسیاری از پاروویروس‌ها به‌صورت خودکار همانندسازی می‌کنند اما ویروس‌های اقماری همراه آدنو (AAV)^۱ ناقص هستند و برای همانندسازی به حضور یک آدنوویروس، هرپس ویروس و یا پاپیلوماویروس به‌عنوان کمک‌کننده نیاز دارند. پاروویروس B19 انسانی در سلول‌های اریثروئید نابالغ همانندسازی می‌کند.

پولیوما و پاپیلوماویروس‌ها: دارای ژنوم DNA حلقوی دو رشته‌ای می‌باشند. پولیوما ویروس‌های انسانی شامل ویروس‌های BK و JC هستند. ویروس SV40 نیز از انسان و برخی تومورهای انسانی جدا شده است. پاپیلوماویروس‌ها دارای ژنوم بزرگتری نسبت به پولیوما ویروس‌ها می‌باشند که به این ویروس‌ها، ویروس‌های زگیل نیز گفته می‌شود.

هپادناویروس‌ها: دارای ژنوم DNA دو رشته‌ای حلقوی ناقص می‌باشند. جزء ویروس‌های کوچک هستند و ویریون DNA پلیمرز را با خود حمل می‌کند. هپادناویروس‌ها موجب هپاتیت حاد و مزمن می‌شوند.

هرپس ویروس‌ها: دارای ژنوم DNA دورشته‌ای خطی و یک خانواده بزرگ از ویروس‌ها می‌باشند. ویریون هرپس ویروس‌ها حاوی بیش از ۳۰ پروتئین است. این ویروس‌ها از غشاء هسته و در نهایت از غشاء گلژی سلول میزبان جوانه می‌زنند. عامل ایجادکننده تب‌خال و هاری کاذب^۲ در این خانواده طبقه‌بندی می‌گردند.

پاکس ویروس‌ها: ویروس‌های بزرگ بیضی یا آجری شکل هستند. حاوی ژنوم DNA دورشته‌ای می‌باشند. هر ذره پاکس ویروس حاوی تقریباً ۱۰۰ پروتئین می‌باشد و بسیاری از فعالیت‌های آنزیمی از قبیل RNA پلیمرز وابسته به DNA را داراست. پاکس ویروس‌ها برخلاف سایر ویروس‌های DNA دار در سیتوپلاسم تکثیر می‌کنند.

ویروس‌های دارای ژنوم RNA در انسان (جدول ۱-۳)

پیکورناویروس‌ها و کالیزی ویروس‌ها: این ویروس‌های کوچک مقاوم به اثر هستند. ژنوم RNA تک رشته با سنس مثبت دارند. گروه‌هایی از پیکورناویروس‌ها که موجب عفونت در انسان می‌شوند شامل انتروویروس‌ها، راینوویروس‌ها و هپاتوویروس‌ها (هپاتیت A) می‌باشند. راینوویروس‌ها برخلاف انتروویروس‌ها حساس هستند. کالیزی ویروس‌ها دارای فرورفتگی‌ها فنجان‌ی شکل در سطح خود می‌باشند. از این گروه ویروس نورواک عامل گاستروآنتریت اپیدمیک حاد می‌باشد.

کوروناویروس‌ها: حاوی ژنوم RNA تک‌ رشته با پولاریته مثبت هستند. این ویروس‌ها دارای برجستگی‌های سطحی شبیه تاج خورشید بوده و نمایی شبیه اشعه خورشید ایجاد می‌کنند. عامل سارس جزء این خانواده می‌باشد.

رتروویروس‌ها: دارای پوشش بوده و ژنوم آن‌ها حاوی دو کپی از RNA تک‌ رشته‌ای خطی با پولاریته مثبت می‌باشد. این ویروس‌ها همانندسازی منحصر به فرد دارند. رتروویروس‌ها عامل سندرم نقص ایمنی اکتسابی (AIDS) هستند.

توگاویروس‌ها و فلاوی ویروس‌ها: ویروس‌های حاوی ژنوم RNA تک‌ رشته‌ای با پولاریته مثبت هستند. بسیاری از آربوویروس‌های پاتوژن انسانی جزء توگاویروس‌ها بوده و همین‌طور ویروس سرخچه متعلق به این گروه است. ویریون‌های فلاوی ویروس از سیستم‌های شبکه‌ای آندوپلاسمیک جوانه می‌زنند. ویروس هپاتیت C متعلق به فلاوی ویروس‌ها است.

1. Adeno Associated Virus

2. Pseudorabies

آستروویروس‌ها: حاوی ژنوم RNA تک‌ رشته‌ای خطی با پلاریته مثبت هستند که ممکن است حاشیه شبه‌ستاره‌ای ویژه‌ای در سطح خود داشته باشند.

رئوویروس‌ها: ویروس‌های حاوی ژنوم RNA دورشته‌ای چند قطعه‌ای خطی، فاقد پوشش و مقاوم به اثر هستند. از این گروه جنس کولتی ویروس، شامل ویروس تب کنه‌ای کلرادو در انسان را می‌توان نام برد.

ارتومیکسوویروس‌ها: حاوی ژنوم چند قطعه RNA تک‌ رشته‌ای خطی با پلاریته منفی هستند. برجستگی‌های سطحی ویروس فعالیت هم‌گلوتینین - نورآمیندازی دارند. تمام ارتومیکسوویروس‌ها، ویروس‌های آنفلوآنزایی هستند که حیوانات و یا انسان را آلوده می‌کنند. این ویروس‌ها دارای پوشش هستند.

پارامیکسوویروس‌ها: شبیه ارتومیکسوویروس‌ها هستند ولی بزرگتر می‌باشند. پارامیکسوویروس‌هایی که موجب عفونت در انسان می‌شوند شامل ویروس اورین، سرخک، پارآنفلوآنزا، ویروس سین سی شیال تنفسی (RSV) و متاپنوموویروس انسانی (HMPV) می‌باشند. این ویروس‌ها ژنوم RNA تک‌ رشته‌ای یک پارچه خطی با پلاریته منفی دارند و برخلاف ویروس‌های آنفلوآنزا از نظر ژنتیکی پایدار هستند.

رابدوویروس‌ها: حاوی ژنوم RNA تک‌ رشته‌ای خطی با پلاریته منفی می‌باشند. دارای پوشش و مشابه گلوله تفنگ هستند. ویروس‌های جزء این گروه است.

بونیاویروس‌ها: ژنوم سه قطعه‌ای از RNA تک‌ رشته‌ای حلقوی با پلاریته منفی یا دوقطبی (آمبی‌سنس)^۱ دارند. این ویروس‌ها پوشش خود را با جوانه زدن از دستگاه گلژی کسب می‌کنند.

آرناویروس‌ها: ویروس‌های چندشکلی با اندازه متغیر هستند. دارای پوشش می‌باشند. ژنوم آرناویروس‌ها شامل چند قطعه RNA تک‌ رشته‌ای با پلاریته منفی یا دو قطبی می‌باشد. در جریان بلوغ، ویریون‌های آرناویروس‌ها ریبوزوم‌های سلول میزبان را در برمی‌گیرند و ذرات دارای نمای شن‌ریزه^۲ می‌شوند.

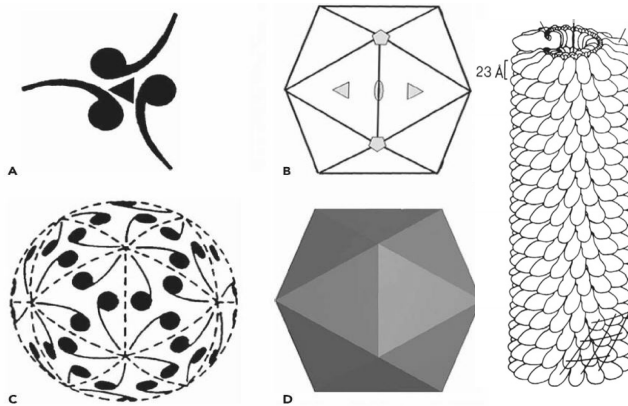
برناویروس‌ها: دارای ژنوم RNA تک‌ رشته‌ای خطی با پلاریته منفی و حاوی پوشش هستند. همانندسازی و نسخه‌برداری برناویروس‌ها در هسته انجام می‌گیرد.

فیلوویروس‌ها: دارای ژنوم RNA تک‌ رشته‌ای خطی با پلاریته منفی هستند. دارای پوشش بوده و شکل این ویروس‌ها بسیار متنوع می‌باشد. از این گروه، ویروس‌های ماربورگ و ابولا عامل تب هموراژیک شدید در آفریقا می‌باشند.

ساختمان ویروس‌ها

انواع تقارن ویروس‌ها را با میکروسکوپ الکترونی، میکروسکوپ کرایوالکترون و تکنیک‌های انکسار اشعه X می‌توان مطالعه و بررسی کرد. ساختار ویروس‌ها را از نظر تقارن می‌توان به سه تیپ تقسیم‌بندی کرد:

- ۱. تقارن مکعبی:** در این تقارن هر بیست وجهی دارای ۳۰ لبه، ۲۰ مثلث متساوی‌الاضلاع و ۱۲ راس است که به ترتیب با محورهای تقارن چرخشی دوتایی، سه‌تایی و پنج‌تایی در ارتباط می‌باشند (شکل ۱-۳). واحدهایی که در راس هستند پنتون و واحدهای دیگر هگزون می‌باشند. در ویروس‌های ۲۰ وجهی ممکن است کپسید به فرم توخالی بدون ژنوم تشکیل شود که به آن پروکپسید گویند. لازم به ذکر است که پروکپسید در ویروس‌های با تقارن هلیکال دیده نمی‌شود.
- ۲. تقارن مارپیچ:** این نوع تقارن عمدتاً در ویروس‌های پوشش‌دار دیده می‌شود (شکل ۱-۳). در این نوع تقارن، واحدهای پروتئینی در فواصل منظم به اسید نوکلئیک ویروس چسبیده‌اند و برخلاف تقارن ۲۰ وجهی، رابطه متقابل و منظم بین پروتئین، کپسید و اسید نوکلئیک برقرار است. همه‌ی ویروس‌های با تقارن مارپیچی (هلیکال)، دارای ژنوم RNA هستند و همگی پوشش‌دار می‌باشند. در همه‌ی ویروس‌های با تقارن مارپیچی و ژنوم RNA، نوکلئوکپسیدها قابلیت انعطاف دارند (به استثناء رابدوویروس‌ها).



شکل ۳-۱. تقارن مکعبی (بیست وجهی) و مارپیچی (هلیکال) در ویروس‌ها. A) سه علامت ویرگول که با تقارن سه تایی مرتب شده‌اند. B) محور تقارن دوتایی (علامت بیضی مرکزی)، سه تایی (علامت مثلث) و پنج تایی (علامت پنج ضلعی) در ساختمان تقارن مکعبی. C) آرایش ویرگول‌ها به صورت بیست وجهی بر ساختار کروی. D) نمای ظاهری و سطحی یک بیست وجهی. E) تقارن مارپیچی در ویروس موزاییک تنباکو.

۳. **ساختمان مرکب^۱ و پیچیده:** مانند پاکس ویروس‌ها که دارای ساختمان پیچیده‌تری هستند. پاکس ویروس‌ها به شکل آجری با شیارهایی در سطح خارجی بوده و در قسمت درونی دارای بخش مرکزی یا نوکلئوئید^۲ و دو جسم جانبی^۳ می‌باشند.

اسید نوکلئیک ویروس‌ها: یکی از اجزاء اصلی ویروس‌ها اسید نوکلئیک یا ژنوم می‌باشد. ژنوم ویروسی می‌تواند DNA یا RNA باشد. اسید نوکلئیک‌های ویروس‌های RNA دار با پلارینه مثبت، عفونت‌زا هستند و پس از ورود به سلول به عنوان mRNA عمل می‌کنند (به استثناء رتروویروس‌ها).

RNA ویروس‌های با پلارینه منفی از قبیل رابدوویروس‌ها و ارتومیکسوویروس‌ها عفونت‌زا نمی‌باشند، این ویروس‌ها آنزیم RNA پلیمراز را به همراه خود دارند. اکثر ویروس‌های پوشش‌دار در برابر اثر و بقیه حلال‌های آلی حساسند. ویروس‌هایی مانند هپادناویریده، با وجود دارا بودن پوشش لیپیدی، مقاوم هستند.

هر ویروس فقط دارای یک نوع اسید نوکلئیک به عنوان ژنوم است. با این وجود بعضی از ویروس‌ها مانند ویروس سائیتومگال (CMV) علاوه بر DNA ژنومی خود دارای mRNA خاصی هستند که نقش این mRNA تسهیل عفونت‌زایی است.

ژنوم خانواده‌های آنکوویریده، مثل TTV^۴ و میکروویریده مثل فاژ QX₁₇₄، مشابه پاروویروس‌ها، DNA تکرشته‌ای است ولی ساختار ژنوم آن حلقوی می‌باشد. ژنوم خانواده بیرناویریده، مشابه رتروویریده، RNA دورشته‌ای قطعه قطعه است.

1. Ovoid
2. Nucleoid
3. Lateral Body
4. Transfusion Transmitted Virus

ژنوم ویروس‌ها

خانواده‌های ویروسی متفاوت، ژنوم DNA دو یا تک زنجیره‌ای و یا RNA دو یا تک زنجیره‌ای دارند (جدول ۱-۲). شکل ژنوم می‌تواند خطی یا حلقوی باشد و نیز ژنوم به‌صورت یک پارچه یا قطعه قطعه^۱ است. در مورد ویروس‌های با ژنوم RNA، سنس (پلاریته) ژنوم به‌صورت مثبت، منفی و یا ترکیبی از این دو (RNA آمبی‌سنس) است.

اگر RNA موجود در ویروس مشابه mRNA باشد، آن را RNA سنس مثبت می‌نامند، چون خود mRNA دارای سنس مثبت است و اگر RNA موجود در ویروس مکمل mRNA باشد، در واقع آنتی‌سنس mRNA است، پس سنس منفی در نظر گرفته می‌شود. گاهی در منابع گفته می‌شود که RNA سنس مثبت RNA یی است که به محض ورود به سلول به‌عنوان mRNA عمل می‌کند یعنی روی ریبوزوم می‌رود و ترجمه می‌شود اما این تعبیر در مورد همه ویروس‌های دارای ژنوم RNA مثبت به‌عنوان مثال رتروویروس‌ها، صادق نیست.

تکثیر ویروس‌ها

تکثیر ویروس‌ها فقط در سلول‌های زنده صورت می‌گیرد. اسید نوکلئیک ویروس اطلاعات ژنتیکی لازم جهت سنتز همه‌ی ماکرومولکول‌های اختصاصی ویروس را دارد و سلول میزبان باید انرژی، تشکیلات لازم و مواد پیش‌ساز با وزن مولکولی کم برای سنتز پروتئین‌ها و اسید نوکلئیک ویروسی را فراهم کند. برای تکثیر ویروس، پروتئین‌های ویروسی باید توسط سلول میزبان سنتز شوند. اصطلاحات زیر مرتبط با تکثیر ویروس‌ها در سلول میزبان است:

دوره محاق^۲: یک ویژگی منحصر به فرد در تکثیر ویروس است به این ترتیب که ویریون به محض واکنش با سلول میزبان گسیخته می‌شود و عفونت‌زایی قابل اندازه‌گیری آن از بین می‌رود. طول مدت این دوره به نوع ویروس و سلول میزبان بستگی دارد و با تشکیل اولین ذرات جدید ویروسی پایان می‌یابد.

عفونت مولد: در سلول مجاز^۳ رخ می‌دهد و منجر به تولید ویروس عفونی می‌شود.

عفونت بی‌ثمر^۴: سلول میزبان غیرمجاز است و قادر به تولید ویروس عفونی نمی‌باشد. دلیل آن این است که یا سلول نمی‌تواند از بیان ژن‌های ویروسی حمایت کند و یا به علت ناقص بودن ویروس آلوده‌کننده می‌باشد.

عفونت مخفی: در این حالت ژنوم پایدار ویروس ممکن است تعداد کمی از ژن‌های ویروس را بیان کند و یا هیچ‌گونه ژن ویروسی را بیان نکند، مثل مخفی شدن ویروس هرپس سیمپلکس در گانگلیون عصبی.

عفونت سیتولیتیک: منحصر به مرگ سلول میزبان و تولید ویروس می‌شود.

1. Segmented
2. Eclips Phase
3. Permissive
4. abortive

جدول ۱-۳. خصوصیات خانواده‌های ویروسی بیماری‌زا برای انسان

خانواده ویروسی	نوع اسید نوکلئیک	فرم اسیدنوکلئیک	جایگاه تکثیر ژنوم	آنزیم مورد نیاز برای هماندسازی ژنوم	اندازه ویروس (نانومتر)	تعداد کپسومر	حساسیت به آتو	پوشینه	تقارن کپسید
پاروویروس	DNA	تک رشته ای خطی	هسته	DNA پلیمراز سلولی	۱۸-۲۶	۳۲	مقاوم	ندارد	یست وجهی
پولیئوماویروس	DNA	دو رشته ای حلقوی	هسته	DNA پلیمراز سلولی	۴۵	۷۲	مقاوم	ندارد	یست وجهی
پاپیلوماویروس	DNA	دو رشته ای حلقوی	هسته	DNA پلیمراز سلولی	۵۵	۷۲	مقاوم	ندارد	یست وجهی
آدنوویروس	DNA	دورشته ای	هسته	DNA پلیمراز ویروسی	۷۰-۹۰	۲۵۲	مقاوم	ندارد	یست وجهی
هپادناویروس	DNA	دو رشته ای حلقوی ناقص	هسته-سیتوپلاسم	DNA پلیمراز ویرونی	۴۰-۴۸	۱۸۰	حساس	دارد	یست وجهی
هرپس ویروس	DNA	دورشته ای	هسته	DNA پلیمراز ویروسی	۱۵۰-۲۰۰	۱۶۲	حساس	دارد	یست وجهی
پاکس ویروس	DNA	دورشته ای	سیتوپلاسم	DNA پلیمراز ویروسی	۲۳۰×۴۰۰	-	مقاوم	دارد	پنججمله
پیکوناویروس	RNA (+)	تک رشته ای خطی	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویروسی	۲۸-۳۰	۳۲	مقاوم	ندارد	یست وجهی
آستروویروس	RNA (+)	تک رشته ای خطی	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویروسی	۲۸-۳۰	-	مقاوم	ندارد	یست وجهی
کالسی ویروس	RNA (+)	تک رشته ای خطی	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویروسی	۲۷-۴۰	۳۲	مقاوم	ندارد	یست وجهی
هپ ویروس	RNA (+)	تک رشته ای خطی	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویروسی	۲۷-۳۴	-	مقاوم	ندارد	یست وجهی
رئوویروس	RNA(±)	دورشته ای و چند قطعه ای	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویرونی	۶۰-۸۰	-	مقاوم	ندارد	یست وجهی
توگاویروس	RNA (+)	تک رشته ای خطی	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویروسی	۵۰-۷۰	۴۲	حساس	دارد	یست وجهی
فلادی ویروس	RNA (+)	تک رشته ای خطی	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویروسی	۴۰-۶۰	-	حساس	دارد	یست وجهی
آرناویروس	RNA (Ambisense)	تک رشته ای و دو قطعه ای	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویرونی	۵۰-۳۰۰	-	حساس	دارد	مارپیچی
کورونایروس	RNA (+)	تک رشته ای	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویروسی	۱۲۰-۱۶۰	-	حساس	دارد	مارپیچی
رتروویروس	RNA (+)	تک رشته ای دیپلوئید	هسته-سیتوپلاسم	DNA پلیمراز ویرونی	۸۰-۱۱۰	-	حساس	دارد	یست وجهی
ارتو میکسویروس	RNA (-)	تک رشته ای و چند قطعه ای	هسته	RNA پلیمراز ویرونی	۸۰-۱۲۰	-	حساس	دارد	مارپیچی
پویناویروس	RNA (Ambisense)	تک رشته ای و سه قطعه ای	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویرونی	۸۰-۱۲۰	-	حساس	دارد	مارپیچی
پوزناویروس	RNA (-)	تک رشته ای خطی	هسته	RNA پلیمراز ویرونی	۸۰-۱۲۵	-	حساس	دارد	مارپیچی
رابدوویروس	RNA (-)	تک رشته ای خطی	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویرونی	۷۵×۱۸۰	-	حساس	دارد	مارپیچی
پارامیکسویروس	RNA (-)	تک رشته ای خطی	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویرونی	۱۵۰-۳۰۰	-	حساس	دارد	مارپیچی
فیلوویروس	RNA (-)	تک رشته ای خطی	سیتوپلاسم	RNA پلیمراز ویرونی	۸۰×۱۰۰۰	-	حساس	دارد	مارپیچی

مراحل چرخه تکثیر ویروس‌ها

تکثیر ویروس‌های مختلف در سلول میزبان توسط روش‌های متفاوت انجام می‌گیرد. روش‌های مختلف تکثیر در انواع ویروس‌ها در جدول (۱-۳) نشان داده شده است. مراحل کلی تکثیر ویروس‌ها عبارتند از: اتصال، نفوذ^۱، پوشش‌برداری^۲، رونویسی، سنتز اسید نوکلئیک، تجمع^۳ و رها شدن^۴. لازم به ذکر است که در مراحل تکثیر ویروس‌های دارای ژنوم DNA و RNA اختلافاتی وجود دارد که در فصول مختلف این کتاب شرح داده می‌شود.

جدول ۱-۴. روش‌های مختلف تکثیر و رونویسی در گروه‌های مختلف ویروسی

نوع ژنوم ویروسی	انواع واسطه	انواع mRNA	مثال	توضیحات
زنجیر مضاعف DNA	ندارد	+ mRNA	اکثر ویروس‌های DNA دار (هریس ویروس، باکتریوفاج T ₄)	
زنجیر مفرد DNA مثبت	زنجیر مضاعف ± DNA	+ mRNA	باکتریوفاج QX	
زنجیر مضاعف RNA ±	ندارد	+ mRNA	رتروویروس	ویرون دارای پلیمرز است که از هر قطعه RNA، رونویسی کرده و mRNA تولید می‌کند
زنجیر مفرد RNA +	زنجیر مضاعف ± RNA	+ mRNA	پیکورناویروس، توگاویروس، فلاوی ویروس	اسید نوکلئیک ویروس عفونت‌زا است و به‌عنوان mRNA عمل می‌کند.
زنجیر مفرد RNA -	ندارد	+ mRNA	رابدوویروس، پارامیکسوویروس، ارتومیکسوویروس	اسید نوکلئیک ویروس، عفونی نیست. ویرون، RNA پلیمرز دارد که mRNA+ کوچکتری را از ژنوم می‌سازد
زنجیر مفرد RNA +	± DNA و -DNA	+ mRNA	رتروویروس	ویرون، ترانس کریپتاز وارونه دارد. RNA ویروس، عفونت‌زا نیست اما DNA مکمل ویروس که از سلول ترانسفورم شده به دست می‌آید، عفونت‌زا می‌باشد

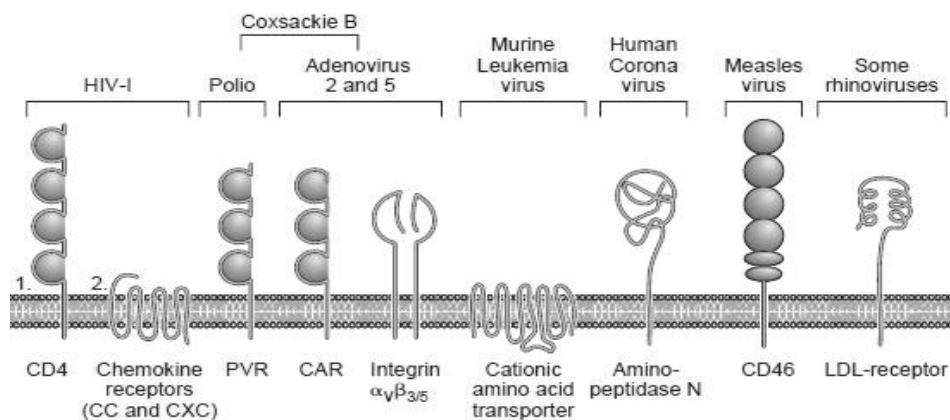
اتصال، نفوذ، بدون کپسید شدن

اتصال از طریق واکنش ویرون با گیرنده اختصاصی در سطح سلول میزبان انجام می‌شود (جدول ۱-۵). در بعضی موارد گیرنده‌ها پروتئینی هستند مانند پیکورنا ویروس‌ها و در برخی دیگر، از انواع الیگوساکارید می‌باشند، مانند گیرنده ارتومیکسوویروس‌ها (شکل ۱-۴). هر سلول حساس به یک نوع ویروس، دارای حداقل صدهزار گیرنده برای همان ویروس می‌باشد. به پروتئین یا گلیکوپروتئینی که ویروس، از طریق آن به رسپتورهای سطح سلول میزبان متصل می‌شوند، لیگاند گویند (جدول ۱-۵).

1. Penetration
2. Uncoating
3. Assembly
4. Release

جدول ۵-۱. پروتئین‌های متصل‌شونده ویروس‌ها به سطح سلول

L_1	پاپیلوما
VP_1	پولیوما
GP_1 (GP_2 نقش در فیوژن)	آرنا
G_1 به همراه G_2	پونیا
VP_1	کالسی ویروس
E_2 (E_1 = فیوژن)	آلفا ویروس‌ها
S (نقش در اتصال و فیوژن)	کرونا ویروس‌ها
G	رابدو
VP_4	روتا
δ_1	رئو
L یا $pres_1$	هپادنا
فیبر و پنتون	آدنو
M و G	برنا
gp120	HIV
HA	آنفلوانزا
HA	پاراآنفلوانزا
E	جنس فلاوی ویروس
E_2 (E_1 = فیوژن)	HCV
Gp	فیلو ویروس



شکل ۴-۱. گلیکوپروتئین‌های سطحی سلول به عنوان رستور برای ویروس‌ها