

به نام خدا

بررسی جامع ساختار و عملکرد ویروس ها در زیست شناسی مدرن

مؤلفان :

نازنین فاطمه عباسی قلعه نو

فاطمه ساجدی

ترنم محمدی

حنانه سیاوشی

نسیم صدوقی مود

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران - ۱۴۰۵)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir



سرشناسه: عباسی قلعه نو، نازنین فاطمه، ۱۳۹۲
عنوان و نام پدیدآورندگان: بررسی جامع ساختار و عملکرد ویروس ها در زیست شناسی مدرن / مولفان
نازنین فاطمه عباسی قلعه نو، فاطمه ساجدی، ترنم محمدی، خانه سیاوشی، نسیم صدوقی مود
مشخصات نشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری: ۵۴ ص.
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۳۸۹-۶
شناسه افزوده: ساجدی، فاطمه، ۱۳۹۲
شناسه افزوده: محمدی، ترنم، ۱۳۹۲
شناسه افزوده: سیاوشی، خانه، ۱۳۹۲
شناسه افزوده: صدوقی مود، نسیم، ۱۳۶۸
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: کتابنامه.
موضوع: ویروس - زیست شناسی - مدرن
رده بندی کنگره: TP ۹۸۳
رده بندی دیویی: ۵۵/۶۶۸
شماره کتابشناسی ملی: ۷۸۳۷۶۱۵۳
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

نام کتاب: بررسی جامع ساختار و عملکرد ویروس ها در زیست شناسی مدرن
مولفان: نازنین فاطمه عباسی قلعه نو - فاطمه ساجدی - ترنم محمدی - خانه سیاوشی - نسیم صدوقی مود
ناشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی، تنظیم و طرح جلد: محدثه فرهمند
تیراژ: ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۵
چاپ: زبرجد
قیمت: ۹۰۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان:
<https://chaponashr.ir/ketabresan>
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۳۸۹-۶
تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir



تقدیم به:

حیات؛ در تمام ابعاد نادیدنی‌اش.

به ویروس‌ها، این آموزگاران خاموشِ تکامل، که به ما یادآوری کردند
چقدر کوچکیم و در عین حال چقدر به هم پیوسته‌ایم.

و به انسانِ آینده، که یاد خواهد گرفت با طبیعت، نه در جنگ، بلکه در
صلح و توازن زندگی کند.

فهرست

پیشگفتار:	۹
مقدمه:	۱۱
فصل اول: ماهیت و معماری ویروس‌ها در عصر مدرن	۱۳
مقدمه و بازتعریف ویروس	۱۳
ساختار و مورفولوژی مولکولی	۱۴
هندسه کپسید و پایداری ترمودینامیکی	۱۴
طبقه‌بندی ویروس‌ها بر اساس سیستم بالتیمور	۱۵
گروه‌های هفت‌گانه بالتیمور	۱۵
تاریخچه کشف و سیر تحول ویروس‌شناسی	۱۶
از مایع سمی تا ذرات فیلترشونده	۱۷
عصر تبلور و مشاهده مستقیم	۱۷
فصل دوم: چرخه تکثیر مولکولی و تعامل ویروس - میزبان	۱۹
مقدمه: سلول به عنوان کارخانه ویروس‌سازی	۱۹
مرحله اول: اتصال و شناسایی گیرنده	۱۹
اختصاصی بودن و تروپیسیم بافتی	۱۹
مرحله دوم: ورود به سلول	۲۰
مرحله سوم: لخت شدن	۲۰
همانندسازی ژنوم و بیان ژن	۲۰
ویروس‌های DNA؛ بهره‌گیری از سیستم مرکزی سلول	۲۱
ویروس‌های RNA؛ استقلال آنزیمی در سیتوپلاسم	۲۱
رتروویروس‌ها و جادوی ترانس کریپتاز معکوس	۲۱

۲۲	سرهم شدن ، بلوغ و رهاسازی
۲۲	مکانیسم سرهم شدن و سیگنال های بسته بندی
۲۲	بلوغ ؛ گام نهایی برای عفونی شدن
۲۳	استراتژی های خروج از سلول
۲۵	فصل سوم : ویروس شناسی کاربردی و تکنولوژی های نوین
۲۵	مقدمه: تغییر پارادایم؛ از پاتوژن به ابزار
۲۵	پلتفرم های واکسن بر پایه mRNA و ناقل های ویروسی
۲۵	واکسن های mRNA ؛ کدگذاری برای ایمنی
۲۶	ویروس درمانی سرطان
۲۶	ژن درمانی و اصلاح نواقص وراثتی
۲۷	نانو تکنولوژی ویروسی؛ کپسیدها در نقش نانو-محفظه
۲۷	قفس های پروتئینی برای دارورسانی هدفمند
۲۷	نانو-راکتورهای بیولوژیک
۲۸	استفاده در تصویربرداری پزشکی و حسگرها
۲۸	ویروس های نوپدید و امنیت زیستی در قرن ۲۱
۲۸	زئونوز ؛ پل ارتباطی حیات وحش و انسان
۲۹	امنیت زیستی و پیشگیری از پاندمی های آینده
۲۹	هوش مصنوعی و پیش بینی رفتار ویروس ها
۲۹	نتیجه گیری: ویروس ها؛ همراهان همیشگی حیات
۳۱	فصل چهارم: ایمونولوژی ویروسی و استراتژی های گریز ایمنی
۳۱	مقدمه: شطرنج بیولوژیک بین میزبان و میهمان ناخوانده
۳۱	خط مقدم دفاع: پاسخ ایمنی ذاتی
۳۱	اینترفرون ها؛ آژیر خطر سلولی

۳۲	پاسخ اختصاصی: ایمنی اکتسابی
۳۲	استراتژی‌های گریز ایمنی
۳۲	ویروس‌های نهفته و استراتژی بقای طولانی مدت
۳۳	مکانیسم‌های استقرار نهفتگی
۳۳	بازفعال‌سازی؛ بیداری از خواب زمستانی
۳۴	اهمیت بالینی و درمانی
۳۴	ویروم انسانی؛ اکوسیستم نادیده در بدن ما
۳۴	ما بیشتر «ویروس» هستیم تا انسان
۳۵	فازدرمانی؛ بازگشت به آینده
۳۵	نقش ویروم در تکامل و ایمنی
۳۵	تکنیک‌های نوین تشخیص و ردیابی ویروس‌ها
۳۶	از RT-PCR تا تشخیص بر پایه CRISPR
۳۷	نانو - حسگرهای هوشمند و آزمایشگاه روی تراشه
۳۹	فصل پنجم: اخلاق زیستی (Bioethics) در عصر ویروس‌های مهندسی‌شده
۳۹	تحقیقات کسب عملکرد (Gain of Function)
۳۹	ویروس‌شناسی فضایی (Astrovirology)؛ به دنبال حیات در فرای زمین
۳۹	آیا ویروس‌ها در فضا وجود دارند؟
۴۰	خطرات بیولوژیک سفرهای فضایی
۴۱	فصل ششم: ویروس‌شناسی محاسباتی و بیولوژی سنتتیک
۴۱	مقدمه: ویروس‌ها در قالب کدهای دیجیتال
۴۱	هوش مصنوعی (AI) و پیش‌بینی پاندمی‌ها
۴۱	بیولوژی سنتتیک؛ ساخت ویروس از صفر
۴۲	ویروس‌های سفارشی برای درمان

ذخیره‌سازی داده در DNA ویروسی	۴۲
فصل هفتم : ویروس‌شناسی بالینی؛ نبرد با ابربیماری‌ها	۴۳
پاتوژنز (بیماری‌زایی)؛ چگونه ویروس‌ها ما را بیمار می‌کنند؟	۴۳
ویروس‌های خونی و معمای ریشه‌کشی	۴۳
ویروس‌های تنفسی و پارادایم واکسن‌های همگانی (Universal Vaccines)	۴۴
مفهوم بیماری ایکس و آمادگی استراتژیک	۴۴
فصل هشتم : اکو-ویروس‌شناسی و نقش ویروس‌ها در اکوسیستم جهانی	۴۵
ویروس‌های خاک و کشاورزی پایدار	۴۵
ویروس‌ها و تغییرات اقلیمی؛ شمشیر دو لبه	۴۶
رویکرد سلامت واحد	۴۶
فصل نهم: ویروس‌شناسی و جامعه؛ تاثیرات متقابل	۴۷
پاندمونومیک؛ اقتصاد در تسخیر ویروس	۴۷
دیپلماسی واکسن و ژئوپلیتیک ویروس	۴۷
اینفودمیک (Infodemic)؛ ویروس‌های اطلاعاتی	۴۸
فصل دهم: فرجام و آغاز؛ ویروس‌شناسی در افق ۲۰۵۰	۴۹
عصر پسا-پاندمی؛ پایان عصر غافلگیری	۴۹
داروخانه‌های خانگی و سنتز آنی واکسن	۴۹
ویروس‌ها به عنوان نانو-ربات‌های طبیعی	۴۹
ارتباطات بیولوژیک و اینترنت ویروسی	۵۰
سخن پایانی: ویروس‌ها، آموزگاران بقا	۵۰
مراجع بنیادین و جامع:	۵۳

پیشگفتار:

به نام آفریدگار حیات و دانایی

در گستره‌ی بی‌پایان زیست‌شناسی، شاید هیچ موجودی به اندازه‌ی «ویروس‌ها» مرزهای تعریف ما از حیات را به چالش نکشیده باشد. این ذرات مینیمال که در آستانه‌ی میان زنده‌بودن و نزیستن ایستاده‌اند، قرن‌هاست که سایه‌ای سنگین بر سرنوشت بشر و تکامل موجودات زنده افکنده‌اند. اگرچه در گذشته ویروس‌ها تنها به عنوان عوامل بیماری‌زا شناخته می‌شدند، اما امروزه در سایه‌ی «زیست‌شناسی مدرن»، ما به درک عمیق‌تری دست یافته‌ایم؛ درکی که نشان می‌دهد ویروس‌ها نه تنها دشمنان ما، بلکه مهندسان ژنتیک طبیعت و کلیدهای فهم بسیاری از رازهای حیات هستند. کتاب حاضر با عنوان «بررسی جامع ساختار و عملکرد ویروس‌ها در زیست‌شناسی مدرن»، با هدف ارائه نگاهی نو و یکپارچه به دنیای ویروس‌شناسی تدوین شده است. در تالیف این اثر، تلاش گردیده تا فراتر از توصیفات سطحی، به لایه‌های پیچیده‌ی مولکولی، مکانیسم‌های نفوذ به میزبان و تعاملات ظریف ژنتیکی پرداخته شود. با توجه به پیشرفت‌های شگرف در حوزه‌هایی همچون کریسپر (CRISPR)، واکسن‌های نسل جدید و ویروس‌درمانی، ضرورت وجود منبعی که بتواند پلی میان مفاهیم کلاسیک و دستاوردهای نوین ایجاد کند، بیش از پیش احساس می‌شد. مخاطب در این کتاب، با مسیری نظام‌مند همراه می‌شود؛ از بررسی معماری شگفت‌انگیز کپسیدها و تنوع ژنوم‌های ویروسی آغاز کرده و تا تحلیل استراتژی‌های پیشرفته‌ی تکاملی و کاربردهای ویروس‌ها در نانو تکنولوژی و ژن‌درمانی پیش می‌رود. سعی بر آن بوده است که مطالب با زبانی دقیق اما شیوا بیان شوند تا هم برای دانشجویان و پژوهشگران حوزه‌ی علوم زیستی و پزشکی راهگشا باشد و هم برای علاقه‌مندان به دنیای شگفت‌انگیز زیست‌شناسی، پنجره‌ای نو بگشاید. در پایان، امیدوارم این اثر گامی هرچند کوچک در راستای ارتقای دانش ویروس‌شناسی و ایجاد انگیزه برای

پژوهش‌های عمیق‌تر در محققان جوان این مرز و بوم باشد. کمال و بی‌نقصی تنها از آن آفریدگار است؛ لذا از اساتید، همکاران و خوانندگان گرامی تقاضا دارم با نظرات و انتقادات سازنده‌ی خود، مرا در پیمودن این مسیر علمی یاری رسانند

مقدمه:

زیست‌شناسی در قرن بیست و یکم، شاهد تحولی بنیادین در نگرش به کوچک‌ترین واحدهای بیولوژیک است. در این میان، ویروس‌ها که زمانی تنها به عنوان «سموم بیولوژیک» شناخته می‌شدند، امروزه به عنوان پیچیده‌ترین و کارآمدترین ماشین‌های نانو-مقیاس در طبیعت شناخته می‌شوند. کتاب حاضر، دریچه‌ای است به سوی درک این ساختارهای شگفت‌انگیز که در مرز میان شیمی و زیست‌شناسی قرار دارند.

چرا زیست‌شناسی مدرن به ویروس‌ها نیازمند است؟

در دهه‌های اخیر، ویروس‌شناسی از یک دانش صرفاً بالینی و پزشکی به یک حوزه چندرشته‌ای تبدیل شده است. امروزه ما ویروس‌ها را نه فقط در بسترهای بیماری‌زا، بلکه در آزمایشگاه‌های مهندسی ژنتیک به عنوان حاملان (Vectors) انتقال ژن، در نانو تکنولوژی به عنوان الگوهای ساختاری و در اکولوژی به عنوان تنظیم‌کنندگان اصلی جمعیت‌های میکروبی در اقیانوس‌ها و خاک مطالعه می‌کنیم. ظهور پاندمی‌های اخیر و چالش‌های نوپدید ویروسی، به جهانیان ثابت کرد که امنیت بشر و سلامت سیاره، به طور جدایی‌ناپذیری به دانش ما از این ذرات وابسته است.

ساختار و محتوای کتاب

کتاب «بررسی جامع ساختار و عملکرد ویروس‌ها در زیست‌شناسی مدرن» با نگاهی سیستماتیک، محتوای خود را در سه محور اصلی ارائه می‌دهد:

معماری و بیوشیمی ویروسی: در این بخش، خواننده با هندسه پیچیده کپسیدها، تنوع خیره‌کننده ژنوم‌های DNA و RNA و پروتئین‌های ساختاری آشنا می‌شود که ویروس را قادر می‌سازد در محیط‌های سخت جان سالم به در ببرد.

دینامیک میزبان و ویروس: این بخش به تحلیل مولکولی چرخه حیات ویروس، از لحظه شناسایی گیرنده‌های سطحی تا تکثیر و خروج از سلول می‌پردازد. تاکید اصلی در اینجا بر روی مکانیسم‌های گریز ویروسی از سیستم ایمنی است.

ویروس‌شناسی کاربردی و نوین: در فصول پایانی، به مباحث روزآمدی همچون اپیدمیولوژی مولکولی، طراحی واکسن‌های مبتنی بر پلتفرم‌های مدرن مانند mRNA و استفاده از ویروس‌ها در درمان سرطان پرداخته شده است.

رویکرد آموزشی

تلاش نویسنده بر این بوده است که مطالب به گونه‌ای ارائه شود که علاوه بر حفظ دقت علمی و استناد به آخرین یافته‌های سال ۲۰۲۶، برای طیف گسترده‌ای از مخاطبان، از دانشجویان مقاطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی تا پژوهشگران حوزه‌های بیوتکنولوژی و پزشکی قابل استفاده باشد.

امید است که مطالعه این اثر، نه تنها دانش فنی خوانندگان را ارتقا بخشد، بلکه جرقه‌ای از کنجکاوی برای کشف نادیده‌های این قلمرو وسیع و ناشناخته در ذهن آن‌ها برافروزد.

فصل اول:

ماهیت و معماری ویروس‌ها در عصر مدرن

مقدمه و بازتعریف ویروس

برای دهه‌ها، ویروس‌ها تنها به عنوان عوامل بیماری‌زای فیلترشونده شناخته می‌شدند. اما در زیست‌شناسی مدرن، ویروس را به عنوان یک «سیستم انتقال ژنتیکی» تعریف می‌کنند که میان دو حالت فیزیکی وجود دارد: حالت برون‌سلولی یا ویریون^۱ (Virion) که از نظر متابولیسمی خنثی است، و حالت درون‌سلولی که در آن ویروس با تسخیر ماشین‌آلات سلول میزبان، به یک موجود زنده و پویا تبدیل می‌شود. (Mullins, 2020) این ذرات، برخلاف ارگانیسم‌های سلولی، فاقد ریبوزوم و سیستم تولید انرژی هستند؛ از این رو، اصطلاح «انگل مطلق درون‌سلولی»^۲ برای توصیف آن‌ها به کار می‌رود. (Covey et al., 2021) با این حال، کشف ویروس‌های غول‌پیکر (Giant Viruses) در سال‌های اخیر، مرزهای بین ویروس و باکتری را بیش از پیش کمرنگ کرده است.

^۱ شکل کامل و عفونی ویروس در خارج از سلول میزبان.

^۲ موجودی که برای تکثیر و بقا، وابستگی کامل به محیط داخلی سلول میزبان دارد.

ساختار و مورفولوژی مولکولی

ساختار اساسی یک ویرون شامل ژنوم DNA یا RNA است که توسط یک پوشش پروتئینی به نام کپسید^۱ (Capsid) محافظت می‌شود. واحدهای تشکیل‌دهنده کپسید، کپسومر نام دارند که با آرایشی هندسی و دقیق کنار هم قرار گرفته‌اند.

هندسه کپسید و پایداری ترمودینامیکی

در زیست‌شناسی مدرن، کپسیدها بر اساس تقارن به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند: تقارن بیست‌وجهی: که بهینه‌ترین حالت برای بسته‌بندی ژنوم در یک فضای محدود است. تقارن مارپیچی (Helical): که معمولاً در ویروس‌های دارای RNA تک‌رشته‌ای دیده می‌شود.

ساختار پیچیده (Complex): مانند باکتریوفاژها که ترکیبی از هر دو تقارن را دارا هستند. برخی از ویروس‌ها علاوه بر کپسید، دارای یک غشای چربی به نام پوشینه (Envelope) هستند که از غشای سلول میزبان منشأ می‌گیرد. وجود این پوشینه^۲ حساسیت ویروس را به ضدعفونی‌کننده‌های محیطی افزایش می‌دهد، اما در عین حال ابزاری کارآمد برای ورود بی‌صدا به سلول‌های جدید فراهم می‌کند.

^۱ پوشش پروتئینی که از اسید نوکلئیک ویروس محافظت می‌کند.

^۲ لایه‌ی لیپیدی که در برخی ویروس‌ها محیط کپسید را فرا گرفته است.

طبقه‌بندی ویروس‌ها بر اساس سیستم بالتیمور

در سال ۱۹۷۱، دیوید بالتیمور^۱ زیست‌شناس برنده جایزه نوبل، سیستمی را پیشنهاد داد که امروزه به عنوان استاندارد طلایی در ویروس‌شناسی مولکولی شناخته می‌شود. اهمیت این سیستم در این است که فارغ از ساختار فیزیکی ویروس، بر چگونگی سنتز پیغام‌بر mRNA^۲ تمرکز دارد؛ چرا که تمام ویروس‌ها برای تولید پروتئین و تکثیر، ناگزیر به تولید mRNA هستند که توسط ریبوزوم میزبان خوانده شود.

در زیست‌شناسی مدرن، ویروس‌ها بر این اساس به هفت گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

گروه‌های هفت‌گانه بالتیمور

گروه (dsDNA): ویروس‌های دارای DNA دو رشته‌ای. این گروه معمولاً برای همانندسازی به هسته سلول وابسته هستند (مانند هرپس ویروس‌ها).

گروه (ssDNA): II ویروس‌های دارای DNA تک رشته‌ای. این ویروس‌ها ابتدا باید رشته مکمل خود را بسازند تا به DNA دو رشته‌ای تبدیل شده و سپس تولید mRNA کنند. (Mullins, 2020)

گروه (dsRNA): III ویروس‌های دارای RNA دو رشته‌ای. این گروه از آنزیم‌های اختصاصی خود برای نسخه‌برداری از ژنوم در سیتوپلاسم استفاده می‌کنند.

^۱ David Baltimore. زیست‌شناس آمریکایی که به دلیل کشف آنزیم ترانس کریپتاز معکوس در سال ۱۹۷۵ برنده جایزه نوبل فیزیولوژی و پزشکی شد.

^۲ پیام‌رسان که دستورالعمل‌های ساخت پروتئین را از ژنوم به ریبوزوم منتقل می‌کند.