

## خفاش‌ها، ویروس‌ها، بیماری‌های نوپدید و انسان

وحید اکملی\*

کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده علوم، گروه زیست شناسی

## چکیده

هدف از ارائه این مقاله بررسی خصوصیات منحصربفرد خفاش‌ها در بین پستانداران، اهمیت آنها در ارائه خدمات اکوسیستمی، مروری بر ویروس‌های آنها و ارتباطشان با بیماری‌های نوپدید است. خفاش‌ها به‌عنوان پستانداران پرنده، دومین راسته بزرگ بعد از جوندگان را تشکیل می‌دهند که به‌خاطر داشتن قدرت پرواز و پژواک جایابی دارای تنوع گسترده‌ای هستند، به‌طوری‌که تاکنون بیش از ۱۴۰۰ گونه از ۲۳۰ جنس و ۲۱ خانواده در جهان از آنها شناسایی شده است. با وجود اهمیت خفاش‌ها در ارائه خدمات اکوسیستمی و همچنین به‌عنوان مخازن میزبان طبیعی، تاکنون کمترین مطالعه نسبت به سایر جانوران بر روی آنها صورت گرفته است. تا به امروز، بیش از ۲۰۰ ویروس از ۲۷ خانواده، در خفاش‌ها جدا یا شناسایی شده‌اند که تعدادی از آنها را مسئول بیماری‌های انسانی می‌دانند که منجر به مرگ انسان‌ها شده است. از جمله این بیماری‌ها می‌توان به ابولا (EBOLA)، سارس (SARS)، مرس (MERS)، ماربورگ (MARBURG) و احتمالاً کووید-۱۹ (COVID-19) اشاره کرد. احتمالاً تکامل پرواز به دلیل نوسانات در میزان سوخت و ساز و دمای بدن، فشار انتخابی شدیدی بر سیستم ایمنی خفاش و خود ویروس ایجاد کرده است. دمای بالای بدن خفاش‌ها، پاسخ‌های ایمنی بدن این جانوران را افزایش می‌دهد که منجر به تکثیر سریع ویروس‌ها می‌شود، به‌طوری‌که وقتی این ویروس‌ها در سیستم‌های ایمنی با پاسخ متوسط مانند انسان یا سایر پستانداران وارد می‌شوند، ممکن است بیماری‌های همه‌گیر و مهلکی ایجاد کنند. سخن آخر این که، خفاش‌ها گناهکار این بیماری‌های مهلک نیستند، بلکه تقریباً همیشه رفتار انسانی است که امکان ایجاد این بیماری‌ها را از راه‌های مختلف از جمله از بین بردن زیستگاه‌های طبیعی، شکار، نگهداری آنها به‌عنوان حیوان خانگی، همراه با رشد روزافزون جمعیت روی کره زمین فراهم کرده است. دیگر اینکه بیماری‌ها از جمله کووید-۱۹ می‌توانند دوام یابند و شاید موجب تغییر رفتار انسان‌ها شوند و تغییر رفتار انسان‌ها تصور می‌رود آسان‌تر از تولید یک واکسن بسیار گران‌قیمت برای کنترل هر ویروس جدید باشد. این کروناویروس جدید شاید نخستین نشانه روشن و غیرقابل‌انکار برای جامعه بشری باشد که آسیب آوردن به محیط زیست نیز می‌تواند به سرعت انسان را از بین ببرد.

کلیدواژه‌گان: خفاش، پژواک جایابی، تکامل همراه، کروناویروس، سارس، مرس، کووید-۱۹، ماربورگ.

\* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: v\_akmali@razi.ac.ir

۱۴۰۰ گونه از ۲۳۰ جنس و ۲۱ خانواده شناسایی شده است (۱). از ایران نیز تاکنون ۵۱ گونه خفاش در ۹ خانواده شناسایی شده است. این جانوران جهان‌شمول<sup>۲</sup> بوده، تنها در کلاهک قطبی و بعضی از جزایر دورافتاده اقیانوسی یافت نمی‌شوند. به طور سنتی خفاش‌ها به دو زیرراسته اصلی کلان‌خفاش‌ها<sup>۳</sup> و خردخفاش‌ها<sup>۴</sup> تقسیم می‌شوند. کلان‌خفاش‌ها یا روباه‌های پرنده<sup>۵</sup> دارای یک خانواده (Pteropodidae) و شامل ۱۹۱ گونه در ۴۶ جنس هستند. روباه‌های پرنده تنها در مناطق گرمسیری آسیا، استرالیا و آفریقا یافت می‌شوند.

زیرراسته خردخفاش‌ها شامل ۲۰ خانواده، ۱۸۴ جنس و ۱۲۱۰ گونه هستند (۱، ۲). اخیراً بر اساس شواهد شکل‌شناختی، مولکولی و فسیلی خفاش‌ها در دو زیرراسته Yinpterochiroptera و Yangochiroptera قرار دارند که زیر

خفاش‌ها نام راسته‌ای از پستانداران اند که به دلیل داشتن اندامی به نام بال‌دست یا بال دست‌مانند (به یونانی: دست = Cheir و بال = Pteron) به این نام معروف هستند. در بسیاری از مناطق ایران نام‌های خاصی را برای این جانوران به‌کار می‌برند اما رایج‌ترین نام، همان خفاش است که در متون رسمی به‌کار می‌رود. خفاش‌ها در گویش‌های مختلف با نام‌های چلغوتو، شب‌چله‌توک، شب‌چتر (بلوچی)، یرقانت، کورسچن (ترکمنی)، گچه‌گوشی (ترکی)، کوراشپلک (زنجانی)، شم‌شبه‌کوره، چرلوک، شب‌پرک (کردی)، شوکورک، پرپرک (لری)، شوپره، شوپره‌ری، شاپرک (مازندرانی)، سچرلی (عربی) و شوپره، شوپرک، پرپرک (فارسی) شناخته می‌شوند.

خفاش‌ها به‌عنوان پستانداران پرنده، دومین راسته بزرگ بعد از جوندگان اند. این گروه به‌خاطر داشتن قدرت پرواز و پژواک جایابی<sup>۱</sup> دارای تنوع گسترده‌ای هستند به‌طوری‌که تاکنون بیش از

<sup>2</sup> Cosmopolitan  
<sup>3</sup> Megachiroptera  
<sup>4</sup> Microchiroptera  
<sup>5</sup> Flying Fox

<sup>1</sup> Echolocation

بر این اساس به برخی از تنوعات جنبه‌های مختلف زندگی و پرده برداشتن از رازهای نهفته زندگی آنها می پردازیم.

### تنوع غذایی

خفاش‌ها نسبت به سایر راسته‌های پستانداران منابع غذایی متنوع‌تری دارند. بیشتر گونه‌ها حشره‌خوارند<sup>۳</sup> و حشرات را در هنگام پرواز شکار کرده و یا آنها را از روی شاخ و برگ درختان جمع‌آوری می‌کنند. گروهی نیز از سایر بندپایان تغذیه می‌کنند. گروهی گوشت‌خوار بوده از مهره داران کوچکی نظیر قورباغه، خزندگان، پرندگان، موش و در مواردی سایر خفاش‌ها تغذیه می‌کنند. تعداد کمی از آنها، ماهی‌خوار<sup>۴</sup> هستند. گونه‌های بسیاری شهدخوار بوده<sup>۵</sup> و از شهد و گرده گل‌ها تغذیه می‌کنند، البته رژیم میوه‌خواری<sup>۶</sup> نیز در بین آنها مشاهده می‌شود. بالاخره بالاخره یکی از غیرمعمول‌ترین موارد تغذیه، خون‌خواری است که در سه گونه خفاش آمریکای جنوبی و مرکزی گزارش شده است (۴). سازگاری‌های مختلف تغذیه‌ای ممکن است در گونه‌های یک خانواده مشاهده شود. به‌عنوان مثال همه این روش‌های تغذیه‌ای را می‌توان در خانواده خفاش‌های بینی‌برگه‌ای<sup>۷</sup> دنیای جدید یافت. خفاش‌های شهدخوار و میوه‌خوار مثال‌های جالبی از تکامل همراه<sup>۸</sup> فراهم می‌سازند که از آن جمله می‌توان به ارتباط بین درخت *Oroxylum iridicum* و یک خفاش میوه‌خوار کوچک به نام *Eonycteris spelaea* اشاره کرد. گل‌های این درخت دو ساعت و سی دقیقه بعد از غروب یعنی زمانی که خفاش‌ها به مکان گل‌ها می‌رسند باز می‌شوند و هنگام طلوع خورشید می‌افتند. اندازه و حالت گل نیز به گونه‌ای تنظیم شده است که سر خفاش وارد آن شده تا بتواند با استفاده از زبان بلندش از شهد گل تغذیه کند و گرده گل به موهای بدنش بچسبد، تا علاوه بر تغذیه به گرده‌افشانی گل نیز کمک کند (۳-۴).

### تنوع تولیدمثلی

گونه‌گونی تنها شامل فرم‌های تغذیه‌ای نمی‌شود بلکه الگوهای تولیدمثلی این پستانداران را نیز دربر می‌گیرد. خفاش‌ها دارای تاریخچه زندگی منحصر به فرد هستند، آنها دارای طول عمر طولانی، تعداد زاده کم و دوران شیردهی و آبستنی طولانی مدت‌اند. در هر وضع حمل در خفاش‌ها یک نوزاد به دنیا می‌آید، گرچه در بعضی گونه‌ها دوقلو زایی معمول است. زمان تولید مثل به عواملی مانند ارتفاع، میزان بارش و مقدار مواد غذایی مرتبط است. مکانیسم‌هایی جهت بقای بالای مادران و

راسته Yinpterochiroptera شامل خفاش‌های میوه‌خوار دنیای قدیم Pteropodidae و شش خانواده از خردخفاشان یعنی Rhinopomatidae, Rhinolophidae, Hipposideridae, ( Megadermatidae و Craseonycteridae, Rhinonycteridae ) و زیرراسته Yangochiroptera شامل سایر خانواده های خردخفاشان است (۱). ساعت مولکولی واگرایی بین این دوزیر راسته را حدود ۶۳ میلیون سال پیش تخمین می‌زند. بر اساس اندازه و طول بال، کوچک‌ترین خفاش‌ها، خفاش زنبوری یا بینی خوکی کیتی<sup>۱</sup> است که طول بال آن ۱۵ سانتی‌متر و وزن آن بین ۱/۵ تا دو گرم است و بزرگ‌ترین آنها، خفاش روباه پرند تاج طلایی بزرگ<sup>۲</sup> است با طول بال حدود ۱۷۰ سانتی‌متر و وزن بین ۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰ گرم (۳).

خفاش‌ها تنها پستاندارانی هستند که اندام حرکتی جلویی آنها جهت پرواز اختصاص پیدا کرده است. توانایی پرواز نقش مهمی در پراکنش جهانی، نوع تغذیه، استراتژی‌های تولید مثلی و رفتارهای اجتماعی خفاش‌ها دارد (۳).



(الف)



(ب)

شکل ۱- الف - خفاش گوش موشی کوچک (*Myotis blythii*) ب - خفاش نعل اسبی بزرگ (*Rhinolophus ferrumequinum*) غار ماهیدشت استان کرمانشاه - عکس‌ها از نگارنده

<sup>3</sup> Insectivorous

<sup>4</sup> Piscivorous

<sup>5</sup> Nectivorous

<sup>6</sup> Frugivorous

<sup>7</sup> Phyllostomidae

<sup>8</sup> Co-Evolution

<sup>1</sup> *Craseonycteris Thonglongyai*

<sup>2</sup> *Acerodon Jubatus*

### زمستان خوابی

خصوصیت دیگر جالب توجه در خفاش‌ها هتروترمی است که به آن‌ها اجازه می‌دهد به خواب روند و یا نرخ سوخت‌وساز پایین‌تری در زمان رخوت روزانه<sup>۱۲</sup> داشته باشند. این وضعیت آن‌ها را قادر می‌سازد تا مناطقی را اشغال کنند که فقط در مواقع خاصی از سال دارای غذای کافی است و نیز از چرخهٔ فعالیتی بهره ببرند که شامل تغذیه شبانه و یا سپیده‌دم می‌شود. رخوت حیوان اجازه می‌دهد که دمای بدن به میزان کمتر از حد فعال یا هموترم سقوط کند. این کاهش دمای بدن آرام و کنترل شده است. دمای بدن حیوانی که به رخوت فرو رفته است با نوسانات دمایی محیط تغییر نمی‌کند و در محدوده تغییرات ناچیزی ثابت باقی می‌ماند. اگر هنگام رخوت دمای محیط افت پیدا کند خفاش مقدار بیشتری از انرژی ذخیره شده در بدن را به مصرف می‌رساند تا احساس سرما نکند. خواب زمستانه را می‌توان بسادگی حالت گسترش یافته‌ای از رخوت تلقی کرد که ممکن است روزها، هفته‌ها یا حتی ماه‌ها طول کشیده و بر اساس کاهش دراز مدت دمای محیط و منابع غذایی عمل کند. این صرفه‌جویی، طول عمر بسیاری از خفاش‌ها را تحت تأثیر قرار داده است. بعضی از خردخفاش‌ها عمر طولانی قابل ملاحظه‌ای دارند که برای حیوانی با جثه‌ی کوچک بسیار جالب توجه است. به‌عنوان مثال خفاش قهوه‌ای کوچک<sup>۱۳</sup> که جانوری تقریباً ۱۰ گرمی است، ممکن است به مدت ۳۵ سال عمر کند<sup>(۶)</sup>. در کلان‌خفاش‌ها زمستان خوابی مشاهده نشده است، گرچه بعضی گونه‌های شهد خوار وضعیت هتروترمی دارند.

### پژواک‌جایابی

پژواک‌جایابی فرآیندی پیچیده و بسیار تکامل یافته است که به خفاش‌ها این توانایی را می‌دهد که آشیان اکولوژیکی<sup>۱۴</sup> را مورد بهره‌برداری قرار دهند. پژواک‌جایابی به توانایی تحلیل اکوهای دریافتی از امواج صوتی ساطع شونده از خود حیوان گویند. پژواک‌جایابی تعیین مکان اجسام در زمان و مکان با استفاده از انعکاس صداست و می‌تواند در تاریکی کامل صورت بگیرد که با استفاده از آن می‌توانند حشرات بسیار کوچک را در تاریکی کامل تشخیص دهند (۷). در آسمان شب پژواک‌جایابی منحصر به خفاش‌ها نیست ولی اوج تکاملی آن در این گروه از پستانداران مشاهده می‌شود. جانورانی که قادر به استفاده از امواج ماوراء صوت هستند، علاوه بر خفاش‌ها نهنگ‌ها، دلفین‌ها و حشره‌خواران اند. خردخفاش‌های جهان شمول بدون استثنا از پژواک‌جایابی استفاده می‌کنند. این خفاش‌های کوچک برای جهت‌یابی، اصواتی را به‌وسیله حنجره خود تولید می‌کنند. اغلب

زاده‌های خفاش‌ها متناسب با شرایط محیطی تکامل یافته است. در ارتفاعات بالا به دلیل کوتاهی تابستان، بسیاری از خفاش‌ها الگوی تخمک‌گذاری معمولی را ندارند و در آنها تأخیر آزادسازی تخمک وجود دارد و بعد از جفت‌گیری، اسپرم در طول خواب زمستانی ذخیره شده و لقاح چند روز بعد از بیدار شدن از خواب زمستانی صورت می‌گیرد. این الگو در بعضی از گونه‌های خانواده خفاش‌های شبانگه‌ای<sup>۱</sup> و نعل اسبی<sup>۲</sup> به عنوان لقاح تأخیری<sup>۳</sup> انجام می‌شود؛ به این معنی که بعد از جفت‌گیری لقاح رخ نمی‌دهد و اسپرم (۴ تا ۶ ماه) در دیواره رحم می‌ماند تا شرایط محیطی مساعد شود و سپس لقاح انجام می‌شود. تنوعات تولیدمثلی دیگر در خفاش‌ها شامل لانه‌گزینی با تأخیر<sup>۴</sup> و تکوین با تأخیر<sup>۵</sup> است. هر سه الگوی یاد شده با زمستان خوابی خوابی مرتبطند و سیکل به گونه‌ای مرتب شده که زایمان، شیردهی و استقلال نوزادان در فصل وفور غذا صورت پذیرد. استقرار آنها در مناطق معتدله به تکامل زمستان خوابی منجر شده و طولانی شدن زمان بین جفت‌گیری و زایمان را الزامی می‌سازد (۵).

### تنوع روست

خفاش‌ها در غارها، درختان توخالی، ساختمان‌ها، شکاف صخره‌ها، قنات‌ها، چاه‌ها و بسیاری دیگر از مکان‌های محفوظ زندگی می‌کنند که روست<sup>۶</sup> نامیده می‌شود. روست‌ها مکانی برای برای جفت‌گیری، خواب زمستانی و پرورش نوزدان و تعامل خفاش‌ها می‌باشد. روست از آنها در برابر شرایط بد آب و هوایی و شکارچیان محافظت می‌کند. عادت روست‌گیری تحت تأثیر عواملی مانند فراوانی روست، خطر شکارچیان، فراوانی مواد غذایی، ساختار اجتماعی و مصرف انرژی است. بعضی گونه‌ها به تنهایی ساکن می‌شوند، در حالی که کلنی‌های تشکیل شده توسط بقیه می‌تواند کوچک و یا بزرگ باشد. این تنوع نوعی سازگاری به حساب می‌آید که هر گونه در روابط داخل گروهی، ساختار اجتماعی، عادات غذایی، رفتارهای پروازی، شکار و تولیدمثل کسب می‌کند. به‌طور مثال، گونه‌هایی نظیر خفاش میوه‌خوار مصری<sup>۷</sup>، بینی برکه‌ای سه دندان‌های<sup>۸</sup>، گوش‌موشی کوچک<sup>۹</sup>، بال بلند<sup>۱۰</sup> و دم‌موشی بزرگ<sup>۱۱</sup> کلنی‌هایی با بیش از ۲۰۰۰ فرد را تشکیل می‌دهند (۳).

1 Vespertilionidae  
2 Rhinolophidae  
3 Delayed Fertilization  
4 Delayed Implantation  
5 Developmental Delayed  
6 Roost  
7 Rousetus Aegyptiacus  
8 Asellia Tridens  
9 Myotis Blythii  
10 Mimonotus Pallidus  
11 Rhinopoma Microphyllum

12 Daily Torpor  
13 Myotis Lucifugus  
14 Niche

این تکانها مافوق صوت بوده و در واقع بالاتر از حد شنوایی انسان اند. در بیشتر خانواده‌ها پالس‌ها از طریق دهان باز خارج می‌شود ولی خفاش‌های بینی برگه‌ای اصوات را از طریق سوراخ‌های بینی و در زمانی که دهان آن‌ها بسته است تولید می‌کنند. تفاوت‌های مشاهده شده در تکانها در اثر تفاوت‌های موجود در آناتومی جمجمه و دستگاه صوتی ایجاد می‌شوند. ساختار گوش و برگه‌های بینی دامنه‌ای از ساده تا پیچیده را دربر می‌گیرد که این تغییرات با روش‌های تغذیه ارتباط مستقیم پیدا می‌کند. دو کلید مهم سازش راسته خفاش‌ها پژواک‌جایی و پرواز است. این توانایی‌ها آن‌ها را قادر می‌سازد که هنگام شب پروازهایی را اشغال کنند که در روز توسط پرندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد. رابطه بین پژواک‌جایی و بخش‌های مغزی به نحوی است که این جانوران قادرند از طریق آن، اجسام را سه‌بعدی ادراک کنند. تنها روباه پرنده‌ای که پژواک‌جایی انجام می‌دهد از جنس *Rousettus* است که در غار زندگی می‌کند. این خفاش‌ها در محیط تاریک غار با زبان خود صوتی با صدای کلیک تولید کرده و از امواج بازگشتی آن برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند (۴).

#### رفتارهای اجتماعی

خفاش‌ها از نظر اجتماعی پستانداران بسیار توسعه یافته‌ای هستند. بسیاری از آنها به صورت گروهی زندگی می‌کنند. برخی از گونه‌ها جمعیت‌های عظیم با میلیون‌ها عضو را تشکیل می‌دهند. گونه‌هایی مانند خفاش دم‌آزاد مکزیکی<sup>۱</sup> می‌توانند جمعیتی جمعیتی با تراکم ۳۰۰ نفر در هر متر مربع ایجاد کنند. در مقابل گونه‌های دیگری هم به صورت انفرادی زندگی می‌کنند. در طول روز خفاش‌ها در میان درختان، غارها، ساختمان‌ها و ... استراحت می‌کنند. برخی از خفاش‌های نواحی معتدل می‌توانند در رخوت (مرگ کاذب) روزانه یا خواب زمستانی در فصول سرد قرار گیرند. گروه‌های دیگر می‌توانند سالانه کیلومترها مسافت (تا ۸۰۰ مایل) را مهاجرت کرده تا در زمستان به مکان مناسب برسند. یک رفتار اجتماعی کاملاً تکامل یافته در خفاش خون‌آشام<sup>۲</sup> آمریکای جنوبی دیده می‌شود. از آنجا که این خفاش خفاش در شب بدون تغذیه از خون از گرسنگی تلف می‌شود، بوسیله استفراغ (برگشت خون خورده شده) و شریک کردن افراد گرسنه به طور منظم از مرگ آنها جلوگیری می‌کنند (۸). بیشتر خفاش‌ها سیستم چند همسری<sup>۳</sup> داشته، به طوریکه نرها حرمسرا ایجاد می‌کنند. در چند گونه خفاش رفتار معاشقه و سیستم تک‌همسری<sup>۴</sup> مشاهده شده‌است، و خفاش ماده ممکن است در محل روست خود نوزادان را نگهداری کند. خفاش‌های

#### تاریخ تکاملی خفاشان

ارتباط خفاش‌ها و نخستین‌ها به زمان لینه باز می‌گردد که او خفاش‌ها را در راسته نخستین‌ها قرار داد. خفاشان دودمانی از جفت‌داران مربوط به پالتوسن میانی یا اوایل ائوسن هستند. این بدان معناست که خفاش‌ها جدا از سایر دودمانهای پستانداران، بیش از ۵۰ میلیون سال تکامل یافته‌اند. اگرچه آنها تاریخ طولانی جدایی از سایر پستانداران را دارند، اما درک روابط تکاملی آنها با سایر گروه‌های پستانداران و حتی بین خفاش‌های خانواده‌های مختلف، می‌تواند سرنخ‌های مهمی را در بررسی جنبه‌های فیزیولوژیکی که ممکن است به نفع وقایع سرایت بیماری‌ها باشد فراهم کند (۹-۱۰). اجماع عمومی تا قرن ۲۰ این بود که خفاش‌ها تک‌تبار<sup>۵</sup> هستند، اما در سال ۱۹۷۷ اسمیت<sup>۶</sup> پیشنهاد کرد که ویژگی‌های ریختی بین خردخفاش‌ها و کلان‌خفاش‌ها هم پرسیخت<sup>۷</sup> نیستند و نتیجه گرفت که این گروه‌ها به‌طور مستقل تکامل پیدا کرده‌اند. گروهی از محققین که سرآمد آن‌ها پتیگرو<sup>۸</sup> است نشان دادند که کلان‌خفاش‌ها در مغز خود دارای یک راه بینایی انشقاق یافته‌اند که مشابه با نخستیان و لمورهای پرنده<sup>۹</sup> است و در خردخفاش‌ها چنین وضعیتی مشاهده نمی‌شود، بر این اساس آن‌ها پیشنهاد کردند که خردخفاش‌ها و کلان‌خفاش‌ها به‌طور مستقل به‌وجود آمده‌اند (۱۲-۱۶). اما برخی از محققین بیان می‌کنند که براساس سیستم پرواز دو زیرراسته خفاش‌ها از یک جد مشترک به ارث رسیده است و تشابه مسیر بینایی کلان‌خفاش‌ها و نخستین‌ها در واقع تکامل همگرا است (۱۸-۱۷). این گروه، در رابطه با تک‌تباری خفاش‌ها دلایل بیشتری را ارائه می‌کنند. در حال حاضر شواهد محکمی دال بر تک‌نمایی بودن این دو زیرراسته وجود دارد، ولی داده‌های مولکولی بیشتری برای تشخیص ارتباطات دقیق‌تر بین خفاش‌ها، نخستین‌ها، درموپترا و شروهای درختی<sup>۱۱</sup> مورد نیاز است.

شواهد سنگواره‌ای اندکی در مورد خفاش‌ها در دست است و در بسیاری از سنگواره‌ها یافتن چیزی بیش از آرواره مشکل است، بنابراین آنچه در نقص مطالعه خفاش‌ها احساس می‌شود کمبود

<sup>5</sup> Myotis  
<sup>6</sup> Monophyletic  
<sup>7</sup> Smith  
<sup>8</sup> Synapomorphy  
<sup>9</sup> Pettigrew  
<sup>10</sup> Dermoptera  
<sup>11</sup> Tree Shrews

<sup>1</sup> - Mexican Free-Tailed Bat.  
<sup>2</sup> *Desmodus Rotundus*  
<sup>3</sup> - Polygynous.  
<sup>4</sup> - Monogamous.

جمعیت های بزرگ خفاش‌ها میان افراد یک گونه و همچنین میان گونه‌های خفاش‌های موجود در یک زیستگاه و گونه‌های مهاجر براحتهی منتقل شوند. چند فرضیه برای توضیح فراوانی ویروس‌ها در خفاش‌ها مطرح شده است، اما در مورد اینکه این ویروس‌ها مهم هستند یا خیر؟ این که خفاش‌ها میزبان‌های انتقالی هستند آیا آنها به عنوان میزبان مخزن می باشند که ویروسها را به سایر مهره داران منتقل می‌کنند؟ سؤالات بازی هستند که باید با دقت مورد بررسی قرار گیرد (۲۲-۲۰). مهمترین ویروس‌های موجود در خفاش‌ها که باعث ایجاد بیماری در پستانداران از جمله انسان می‌شوند در خانواده‌های Bunyaviridae، Coronaviridae، Rhabdoviridae، Togaviridae، Flaviviridae، Arenaviridae و Paramyxoviridae قرار می‌گیرند که به صورت مختصر به ذکر چند نمونه بیماریزا از خانواده کروناویریده<sup>۱۰</sup> که اخیراً جوامع انسانی را درگیر کرده است می پردازم و بحث اجمالی در مورد این خانواده و سایر ویروسها را به فرصت دیگری موکول می‌کنم.

#### ویروس‌های خانواده Coronaviridae

کروناویروس‌ها به خانواده Coronaviridae، زیرخانواده Coronavirinae و راسته Nidovirales تعلق دارند. چهار جنس از کروناویروس شامل آلفا (α)<sup>۱۱</sup>، بتا (β)<sup>۱۲</sup>، گاما (γ)<sup>۱۳</sup> و دلتا (δ)<sup>۱۴</sup> وجود دارد. تجزیه و تحلیل‌های تکاملی نشان داده اند که خفاش‌ها و جوندگان منابع ژنی اکثر αCoV و βCoV هستند، در حالی که گونه‌های پرندگان منابع ژنی اکثر γCoVs و δCoVs هستند. انواعی از هر دو نوع آلفا و بتا که در پستانداران گزارش شده‌اند تا حدودی باعث بیماری در انسان می‌شوند. کروناویروس‌ها در اصل RNA های تک رشته ای پوشش‌دار، کروی بوده که ژنگان آن‌ها از نوع ssRNA(+) است و طول آن بین ۲۷ تا ۳۲ کیلوبایت است و بزرگ‌ترین ویروس در بین ویروس‌های RNA دار هستند. پوشش این ویروس‌ها نیز با زوائد میخ شکل (spike) پوشیده شده است (۲۳).

بسیاری از گونه‌های کروناویروس در میان انسان‌ها و جانوران از جمله خفاش‌ها، پرندگان، گربه‌ها، سگ‌ها، خوک‌ها، موش‌ها، دام (اسب، گوسفند، گاو و شتر) و نهنگ‌ها وجود دارند، اما هیچ میزبان اختصاصی<sup>۱۵</sup> برای این ویروسها در میان میمون‌های بی دم گزارش نشده است. کروناویروس‌ها باعث بیماری خفیف تا بسیار شدید یا کشنده تنفسی، روده‌ای، کبدی یا بیماری عصبی می‌شوند.

فسیل کامل است. قدیمی‌ترین فسیل *Icaronycteris index*، متعلق به خانواده منقرض‌شده Icaronycteridae، و مربوط به بسترهای اوایل ائوسن<sup>۱</sup> و شاید هم اواخر پالئوسن<sup>۲</sup> بوده و از ویومینگ آمریکا است. اگرچه صفات ابتدایی بسیاری مثل وجود چنگال روی دو انگشت اول دست و بال‌های کوتاه و پهن در این فسیل مشاهده می‌شود ولی ساختار اصلی به ساختار خفاش‌های عصر حاضر بسیار نزدیک است و فرم W شکل دندان‌های آسیا، آن‌را در زیراسته خردخفاش‌ها قرار می‌دهد. حضور خفاش‌ها در پالئوسن و یا ائوسن و وجود چندین جنس در ائوسن که شامل بعضی از خانواده‌های امروزی می‌شود و نیز مشاهده بعضی از جنس‌های زنده خفاش‌های نعل‌اسبی در اواخر ائوسن معرف خاستگاه قدیمی خفاش‌ها است (۶).

#### انگل‌ها

خفاش‌ها میزبان تعداد زیادی از انگل‌های داخلی<sup>۳</sup> و خارجی<sup>۴</sup> هستند و ممکن است نقش میزبان حد واسطه یا نهایی این انگل‌ها را داشته‌باشند. انگل‌های داخلی شامل تک‌یاخته‌هایی از گونه‌های پلاسمودیوم و تریپانوزوما، کرمهای پهن نواری و بادکش‌داران و همچنین کرم‌های گرد هستند. انگل‌های خارجی که روی بدن خفاش‌ها زندگی می‌کنند به گروه کنه‌ها و هییره‌ها تعلق دارند. سایر انگل‌های خفاش‌ها حشراتی از جمله ساس‌ها، کک‌ها و مگس‌ها هستند. خانواده Streblidae از مگس‌ها در حین تخصص‌یافتگی توانایی پرواز خود را طی تکامل از دست داده‌اند و امروزه به عنوان شپش در پوست خفاش‌ها زندگی می‌کنند (۱۹).

#### خفاش‌ها به عنوان متهمان و ناقلین بیماری‌ها

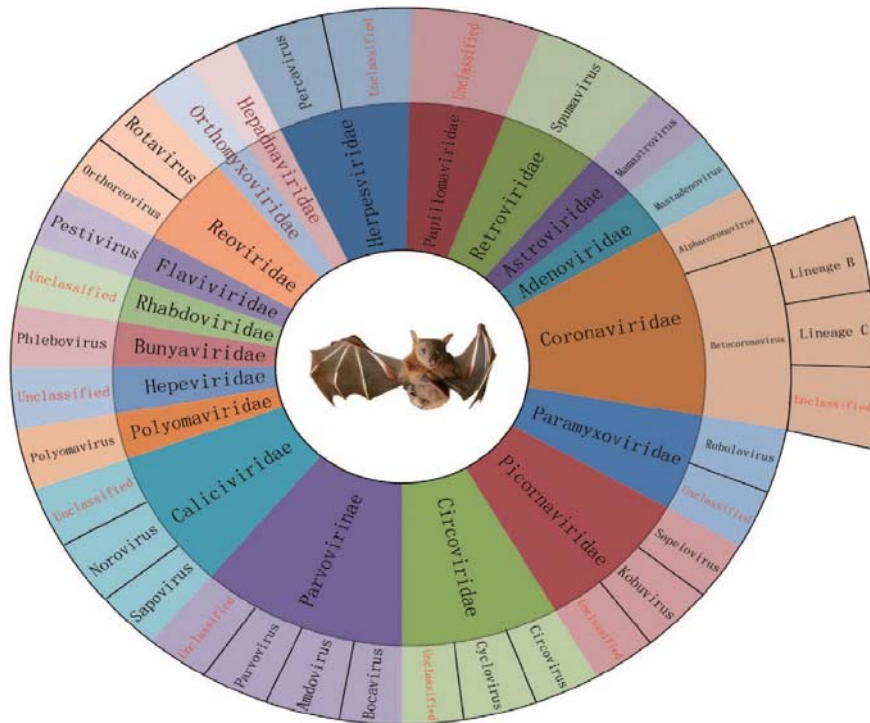
##### ویروس‌ها

تا به امروز، بیش از ۲۰۰ ویروس از ۲۷ خانواده، در خفاش‌ها جدا یا شناسایی شده‌اند (جدول ۱) که تعدادی از آنها را مسئول بیماری‌های انسانی به صورت منفرد یا شیوع بیماری‌هایی می‌دانند که منجر به مرگ انسانها شده است.

برخی از این بیماری‌ها ابولا<sup>۵</sup>، سارس<sup>۶</sup>، مرس<sup>۷</sup>، ماربورگ<sup>۸</sup> و احتمالاً کوید<sup>۹</sup> هستند. از آنجا که خفاش‌ها بخش بزرگی از پستانداران را تشکیل می‌دهند و از جنبه‌های زیستی، زیستگاه و تاریخ طبیعی بسیار متنوع هستند، به نظر منطقی می‌رسد که صدها ویروس دیگر نیز داشته باشند. ویروس‌ها می‌توانند در

<sup>1</sup> Eocene  
<sup>2</sup> Paleocene  
<sup>3</sup> Endoparasites  
<sup>4</sup> Ectoparasites  
<sup>5</sup> Ebola  
<sup>6</sup> Sars  
<sup>7</sup> Mers  
<sup>8</sup> Marburg  
<sup>9</sup> Covid-19

<sup>10</sup> Coronaviridae  
<sup>11</sup> Alphacoronavirus (Acov)  
<sup>12</sup> Betacoronavirus (Bcov)  
<sup>13</sup> Gammacoronavirus (Γcov)  
<sup>14</sup> Deltacoronavirus (Δcov)  
<sup>15</sup> Host-Specific



شکل ۲- نمای کلی از طبقه بندی ۱۹ خانواده شناسایی شده (با رنگ های متفاوت) از ویروس ها در خفاش ها (۴۳).

سارس از چین سرچشمه گرفته است و اعتقاد بر این است که بسیاری از آن‌ها قبل از آلوده کردن انسان، از خفاش‌های میوه‌خوار چینی به گربه های سیوت<sup>۴</sup> و سگهای راکون<sup>۵</sup> منتقل شده‌اند. قابل توجه است که تمامی خفاش‌های شناخته شده حامل کرونایروس شبه سارس در آسیا از خانواده خفاش‌های نعل اسبی حشره‌خوار<sup>۶</sup> هستند نه از خفاش‌های میوه‌خوار. خفاش‌های حشره‌خواری که ارتباط نزدیکی با کرونایروس مرس<sup>۷</sup> انسان دارند، هردو در آفریقا و خاورمیانه، در مناطقی که مرس هم حضور دارد یافت می‌شوند. جالبتر اینکه؛ کرونایروس‌های شبه سارس و شبه مرس خفاش<sup>۸</sup> اخیراً در کره جنوبی گزارش شدند (۲۵). محققین اظهار می‌کنند از آنجایی که کره جنوبی شیوع مرس را به تازگی تجربه کرده است، این احتمال وجود ندارد که خفاش عامل انتقال بیماری از حیوان به انسان باشد. منشأ عفونت افراد توسط کرونایروس انسانی HCoV-NL63، HCoV-229E و HCoV-OC43 از گاو بوده و HCoV-HKU1 باعث ایجاد بیماری محدودی مانند سرماخوردگی می‌شود، اما ممکن است عفونت‌های میکروبی نیز ایجاد کند. علائم شدید ممکن است در کودکان، افراد مسن و بیماران مبتلا به نقض ایمنی مشاهده شود. آلفاکرونایروس،

دو کرونایروسی که برای اولین بار انسان را آلوده کردند HCoV-OC43 و HCoV-229E بودند که در دهه ۱۹۶۰ میلادی به علت ناراحتی‌های خفیف تنفسی کشف شدند. دو گونه دیگر شامل سندرم تنفسی حاد و شدید (SARS-CoV) که در سال ۲۰۰۳ و کرونایروس سندرم تنفسی خاورمیانه (MERS-CoV) بوده که در سال ۲۰۱۲ کشف شده اند و باعث مرگ و میر بالا در انسان شدند، باین‌حال، دو گونه HCoV-HKU1 و HCoV-NL63 با بیماری‌زایی بسیار کمتر به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ شناخته شده‌اند (۲۴). اما نوع شدیدتر آن به نام SARS-CoV2 در اواخر سال ۲۰۱۹ در شهر وهان چین پا به عرضه ظهور نهاد که باعث بیماری واگیر Covid-19 شد.

شواهدی برای ابتلا یا وجود عفونت با کرونایروس در ۱۳ خانواده از ۲۱ خانواده خفاش‌ها وجود دارد که مطالعات نشان می‌دهد، اکثر آنها در خفاش‌های حشره‌خوار و تنها در چهار گونه از خفاش‌های میوه‌خوار قابل مشاهده‌اند. جالب اینجاست که فقط دو گونه از چهار گونه خفاش میوه‌خوار شامل میوه‌خوار مالاگاسی<sup>۱</sup> و روباه پرند ماداگاسکاری<sup>۲</sup>، بوسیله کرونایروس شبه سارس<sup>۳</sup> آلوده و عفونی می‌شوند. هر دو این خفاش‌ها فقط در ماداگاسکار یافت می‌شوند در حالی که بیماری همه‌گیر

<sup>4</sup> Civet Cats  
<sup>5</sup> Raccoon Dogs  
<sup>6</sup> Rhinolophidae  
<sup>7</sup> Mers-Cov  
<sup>8</sup> Sars-Cov-Like and Mers-Cov-Like Bat Coronaviruses

<sup>1</sup> Eidolon Dupreanum  
<sup>2</sup> Pteropus Rufus  
<sup>3</sup> Sars-Like Coronavirus

گوانگدونگ<sup>۵</sup> چین و علائم آن همانند بیماری ذات‌الریه، به صورت تب و ناراحتی‌های تنفسی بود. این واقعه حدود یک ماه بعد به وسیله یک شیوع مستقل که از چین سرچشمه گرفته بود ادامه یافت و به دنبال آن، چندین گروه مبتلا دیگر در استان‌های گوانگدونگ یا گوانگشی<sup>۶</sup> مشاهده شدند که علت آن تماس با حیوانات بیگانه<sup>۷</sup>، بازی با حیوانات در اغلب رستوران‌ها و یا بازارهای مرطوب، هم‌زمان با شیوع بیماری بود. این ویروس پس از چندین دور انتقال از انسان به انسان ناپدید شد. بطورکلی اعتقاد بر این است که ارتباط با حیوانات بیگانه مانع ارتقاء سلامتی می‌شود، بویژه در ماه‌های زمستان که در آن عفونت دستگاه تنفسی شیوع دارد. در بازارها گونه‌های زیادی از حیوانات از مکان‌های مختلف جمع می‌شوند و در مناطق شلوغی با انواع مختلف مدفوع در نزدیکی یکدیگر قرار می‌گیرند. در اواخر ژانویه ۲۰۰۳، اولین توزیع بسیار گسترده این بیماری پدیدار شد. افراد مبتلا، این بیماری را به افراد دیگر منتقل می‌کنند و باعث گسترش وسیع این بیماری به جامعه می‌شوند (بیشتر از راه حمل و نقل عمومی در هنگ‌کنگ، ویتنام، سنگاپور و کانادا) و سرانجام در فاصله بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۳، بیش از ۸۰۰۰ مورد مبتلا و ۷۲۴ مورد مرگ در ۳۰ کشور گزارش شد. در اواخر مارس ۲۰۰۳، یک کورونایروس جدید ثبت شد که به عفونت ناشی از سارس مرتبط بود. طی یک ماه ویروس سارس بطور کامل توالی یابی و اعلام شد که عامل ایجاد کننده این بیماری است و در نهایت در اوایل ژوئیه ۲۰۰۳، شیوع بیماری به پایان رسید. دو شیوع کوچک در اواخر سال ۲۰۰۳ و اوایل سال ۲۰۰۴ رخ داد که بیشتر مربوط به حیوانات بود و از آن زمان تاکنون هیچ مورد انسانی گزارش نشده است. مطالعات اپیدمیولوژیکی نشان می‌دهد که انتقال بیماری مشترک از حیوان به انسان در بیماری سارس حداقل دوبار در چین اتفاق افتاده است (در نوامبر ۲۰۰۳ در گوانگدونگ منجر به شیوع گسترده و در دسامبر ۲۰۰۳ در گوانگژو شیوع کمتری داشت). تجزیه و تحلیل توالی ویروس‌ها نشان داد که آن‌ها از بیماری همه‌گیر قبلی حاصل نشده‌اند. فرآیند کنترل بیماری توسط ویژگی عجیب عفونت بود که در آن تعداد ویروس در ترشحات دستگاه تنفسی فوقانی در ابتدا کم و پس از آن با میزان بالای عفونت همراه بود که منجر به بستری شدن بیمار شده بود. این فرآیند به دلیل قرارگیری گیرنده ویروس سارس بود که در پنوموسیت‌ها و در اعماق ریه زیاد شده اما در دستگاه تنفسی فوقانی کمتر بودند. هدف قرار دادن پنوموسیت‌ها در دستگاه تنفسی تحتانی، منجر به یک دوره بیماری با شیوع زودرس است که در آن نیاز به بستری شدن و ایزوله کردن بیمار قبل از تولید

دامنه میزبان و تنوع ژنتیکی گسترده‌تری نسبت به بتاکروناویروس در خفاش‌ها داشته و در آسیا و جنوب شرقی آسیا، آمریکای شمالی، آفریقا و استرالیا گزارش شده است. باین‌حال، بتاکروناویروس در خفاش‌هایی از تایلند، فیلیپین، مکزیک، آمریکای جنوبی (نواحی نئوتروپیک)، چین، ماداگاسکار، کنیا، آفریقای جنوبی و خاورمیانه وجود دارد (۲۲).

کروناویروس‌های HCoV-229E و HCoV-NL63 آلفاکرونا-ویروس هستند در حالی که سارس و مرس از نوع بتاکرونا-ویروس هستند. بتاکروناویروس‌ها به ۴ دودمان a تا d تقسیم می‌شوند که HCoV-HKU1 و HCoV-OC43 از نوع انسانی و متعلق به تبار a هستند، کروناویروس‌های سارس، سیوت مرتبط با سارس<sup>۱</sup> و خفاش نعل‌اسبی مرتبط با سارس<sup>۲</sup> به دودمان b تعلق دارند ولی کروناویروس‌های HCoV-EMC/2012 (EMC/2012) و MERS-CoV متعلق به دودمان c هستند. هر دو نوع بتاکروناویروس دودمان c و d شامل ویروس‌های شناخته شده‌ای در خفاش‌ها از جمله ویروس HKU4 bat CoV در خفاش *Tylonycteris pachypus*، ویروس HKU5 bat CoV در خفاش ژاپنی *Pipistrellus abramus*، و ویروس HKU9 bat CoV در خفاش میوه خوار *Rousettus* هستند (۲۲).

تنوع ژنتیکی کروناویروس‌ها چندوجهی بوده و شامل عدم دقت یا وفاداری آنزیم RNA پلیمراز وابسته به (RdRp)<sup>۳</sup> است که به دلیل تعویض تصادفی الگوی منحصربفرد در حین تکثیر، ژنگان غیرعادی بزرگ، افزایش و کاهش اندازه ناحیه و وقایع پرش بین‌گونه‌ای، دارای فرکانس بالایی از نوترکیبی RNA هومولوگ بوده که این مورد حداقل در بتاکروناویروس‌ها بررسی شده است. اگرچه RdRp دارای دقت<sup>۴</sup> کمی است، اما این حالت حالت را حضور یک پروتئین تکثیر کننده اگزونوکلاز (در سایر ویروس‌های RNA دار+ وجود ندارد) که به عنوان یک سیستم تصحیح عمل می‌کند تا حدی جبران کرده است. این تنوع ژنتیکی ممکن است ظهور ویروس‌هایی با صفات جدید را ایجاد کند که با انواع میزبان‌ها و محیط‌های اکولوژیکی سازگاری پیدا می‌کند و گاهی منجر به سرایت انسان یا حیوانات اهلی هم می‌شود (۲۴). نمونه‌ای از این یافته‌ها، HCoV-OC43 است که یک ویروس مشترک بین انسان و حیوان بوده که حدوداً در دهه ۱۸۹۰ ظهور یافته و به احتمال زیاد گاو راه انتقال به انسان بوده است (۲۶).

### کروناویروس سارس

اولین مورد شناخته شده سارس در اوسط نوامبر ۲۰۰۲ در استان

<sup>5</sup> Guangdong  
<sup>6</sup> Guangxi  
<sup>7</sup> Exotic

<sup>1</sup> Civet Sars-Related Coronaviruses  
<sup>2</sup> Sars-Related *Rhinolophus* Bat Coronaviruses  
<sup>3</sup> Rna-Dependent Rna Polymerase  
<sup>4</sup> Fidelity

پایه LDH و ANC و هیپوکسمی هستند. بخش اعظم آسیب شناسی در بیماری سارس ممکن است با واسطه ایمنی باشد (۲۸-۲۷).

#### رابطه کروناویروس شبه‌سارس خفاش و کروناویروس سارس

تنوع زیادی از کروناویروس‌های شبه‌سارس درخفاش نعل‌اسبی چینی *Rhinolophus sinicus* وجود دارد. سویه ای از ویروس مربوط به خفاش نعل‌اسبی چینی جدا شده است که در آن حذف ۵۷۹ نوکلئوتید در منطقه nsp3 رخ داده است و از خصوصیات کروناویروس سارس انسانی از اپیدمی فاز اواخر می باشد، که در اکثر سویه‌های جدا شده خفاش‌های دیگر نیست. تجزیه و تحلیل‌های تبارزایی نشان می‌دهد که کروناویروس‌های شبه‌سارس در خفاش نعل‌اسبی چینی ارتباط نزدیکی با دیگر گونه‌های جدا شده *Rhinolophus* دارد. نکته مهم، *R. sinicus* یک گونه بسیار متداول از جنس مذکور در چین است. توالی کروناویروس‌های شبه‌سارس در گونه *R. sinicus* شامل دو خوشه توپولوژیک مجزا در دو کلاد است. بعضی از پروتئین‌های کلاد دو شباهت بیشتری با کروناویروس‌های سارس انسانی دارند تا کروناویروس‌های شبه‌سارس سایر خفاش‌ها، و این نشان از نوترکیبی احتمالی بین کروناویروس‌های خفاش و انسان دارد. در نهایت، انتقال بینایی مستقیم یا غیرمستقیم بالقوه بین خفاش‌ها و شروع اپیدمی بیماری سارس حدود ۴/۲۹ سال تخمین زده می‌شود (۲۹). بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸، حدود ۹/۴ و ۶/۳ درصد از خفاش‌های *R. sinicus* به ترتیب از هنگ کنگ و گوانگدونگ در چین، دارای کروناویروس شبه‌سارس در نمونه‌های گوارشی خود بودند. این خفاش‌ها می‌توانند از ۱/۸ تا ۱۷ کیلومتر مهاجرت کنند. بررسی‌ها نشان داد که خفاش‌های دارای ویروس ولی سالم وزن کمتری نسبت به خفاش‌های بدون ویروس داشتند و سپس ویروس‌ها در طول ۲ هفته تا ۴ ماه توسط سیستم ایمنی بدن خفاش‌ها حذف شدند. تجزیه و تحلیل ساعت مولکولی نشان می‌دهد که سویه‌های خفاش در سال ۱۹۷۲ تغییر یافته و به دنبال آن واگرایی از سویه‌های civet و خفاش در سال ۱۹۹۵ رخ داده است. نتایج حاصل، این فرضیه را پشتیبانی می‌کند که خفاش‌های *Rhinolophus* به عنوان مخزنی برای نوترکیبی بین سویه‌های کروناویروس شبه‌سارس از مناطق مختلف جغرافیایی عمل می‌کنند (۲۹).

حداقل پنج گونه خفاش نعل‌اسبی (*R. pusillus*، *R. macrotis*، *R. sinicus*، *R. ferrumequinum* و *R. pearsonii*) در سرزمین اصلی چین و هنگ کنگ میزبان کروناویروس‌های شبه‌سارس (کروناویروس‌های  $\beta$  دودمان b<sup>†</sup>) بوده‌اند. پس از کشف

بالای ویروس در ترشحات تنفسی است. متأسفانه کروناویروس سارس در مقایسه با اکثر کروناویروس‌ها در محیط باثبات است و در دمای پایین‌تر و رطوبت کمتر زنده می‌ماند. در برخی مناطق با بازارهای بزرگ جانوری، در گروه‌های متنوعی از حیوانات بخصوص در برخی از گونه‌های پستانداران کوچک که به عنوان غذا استفاده می‌شدند، ویروسی نزدیک به کروناویروس سارس مشاهده شد. این کروناویروس شبه‌سارس<sup>۱</sup> از سوای بینی و مدفوع شش‌گره زباد نخلی نقاب‌دار<sup>۲</sup> با نام علمی *Paguma larvata* و سگ راکون از یک بازار مرطوب در شنژن<sup>۳</sup> چین جدا جدا شد. در کارگران این مناطق، میزان بالای آنتی بادی به کروناویروس سارس وجود داشت حتی اگر این ویروس در آنها بیماری ایجاد نمی‌کرد، در حالی که کارگران مناطق دیگر فاقد این آنتی بادی‌ها بودند. این نشان می‌دهد قرار گرفتن طولانی مدت انسان در معرض کروناویروس سایر گونه‌های پستانداران فرصت‌های زیادی را برای شیوع بیماری سارس فراهم می‌کند. این موضوع از طریق ارتباط بین تعداد مبتلایان به سارس و کارکردن در رستوران‌هایی که این حیوانات را نگه داشته و می‌کشند حمایت می‌شود (۲۲).

#### بیماری‌زایی سارس

دوره نهفتگی ویروس سارس به طور کلی ۲ تا ۱۰ روز است و به دنبال آن در بیمار تب، لرز، خشونت، سردرد، سرگیجه، ضعف و درد عضلانی مشاهده می‌شود. مرحله تنفسی سارس با سرفه خشک بدون خلط همراه با ترشحات خفیف بینی شروع می‌شود. تا زمان شروع تب، رادیوگرافی بیشتر بیماران، قفسه سینه غیر طبیعی را نشان می‌دهد. با پیشروی ویروس به سمت ریه که به صورت دو طرفه و تعمیم یافته و بینایی پیش می‌رود، نهایتاً باعث کاهش فضای هوا می‌شود. موارد متوسط تا شدید بیماری باعث تنگی نفس و هیپوکسمی می‌شود. در ۱۰ الی ۲۰ درصد از بیماران بستری، به دلیل آسیب پیشرونده ریه‌ها با حفرات پراکنده تهویه مکانیکی مورد نیاز است که با این وجود، بازهم قادر به پاک کردن عفونت ویروسی نیست. این حالت سرانجام در ۱۶٪ بیماران مبتلا به سارس با سندرم تنفسی حاد به اوج خود می‌رسد که با میزان مرگ و میر ۵۰٪ همراه است. علاوه بر آسیب رساندن به سیستم تنفسی (از جمله آلوئول) و سیستم ایمنی بدن (از جمله لنفوسیت‌های T، مونوسیت‌ها / ماکروفاژها، غدد لنفاوی و طحال)، کلیه‌ها، مغز، دستگاه گوارش، قلب، کبد، غده تیروئید و دستگاه ادراری را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بیشترین خطر ابتلا بیماری برای افراد بالای ۶۰ سال است که دارای بیماری‌های جانبی مانند دیابت، بیماری‌های قلبی، افزایش سطح

<sup>1</sup> Sars-Like-Cov  
<sup>2</sup> Masked Palm Civets  
<sup>3</sup> Shenzhen

<sup>4</sup> Betacoronavirus Of Lineage B



کروناویروس مرس<sup>۲</sup> به چندین کلاد تقسیم شده است که به طور متوسط هر کدام از کلادها در انواع مختلفی از جانوران فعالیت دارند. در میان تمامی کلادها، کلاد C، دارای یک واریانت بسیار متفاوت است که به احتمال زیاد از یک شتر مصری است که از سودان وارد شده است. علاوه بر آن، کروناویروس نئو<sup>۳</sup> در خفاش *Neoromicia capensis* ارتباط بیشتری با کروناویروس مرس در مقایسه با توالی‌های قبلی دارد و ممکن است ویروس‌های موجود در خفاش و شتر به عنوان گونه‌های مشترک از کروناویروس در نظر گرفته شوند.

#### ارتباط کروناویروس خفاش و مرس

در ژوئن سال ۲۰۱۲، یک بتا کروناویروس از دودمان C به نام HCoV-EMC/2012 در عربستان سعودی از یک بیمار مبتلا به سندرم حاد تنفسی کشنده و سندرم اختلال و نارسایی کلیه جدا و شناسایی شد. دومین مورد نیز سه ماه بعد در یک بیمار بستری در بیمارستان قطر شناسایی شد. برخلاف پروتئین MERS-CoV، در نمونه جدید ویروس‌ها قادرند از طریق DPP4 یک سلول انسانی را آلوده کنند. MERS-CoV همچنین می‌تواند رده‌های سلولی را از نخستی‌های غیر انسانی، شترها، خرگوش‌ها، بزها، گاوها، گوسفندان، مرغ‌ها و خوک‌ها را آلوده کند، اما خطوط سلولی گربه، سگ، همستر یا حشرات را آلوده نمی‌کند. نتایج تحقیقات چندین محقق نیز نشان داده است که بتاکروناویروس‌هایی که در خفاش‌ها گردش می‌کنند، به سمت میزبان حدواسط می‌پرند (گربه‌های سیوت و شترها، به ترتیب در مورد SARS-CoV و MERS-CoV) و در نهایت منجر به عفونت انسانی می‌شوند. در صورت بروز این مسئله، تعیین رابطه بین ایزوله‌های خفاش و سیوت یا شتر برای آزمایش این فرضیه مفید خواهد بود. بسیاری از گونه‌های جانوری دیگر نیز به بتاکروناویروس آلوده هستند و این حائز اهمیت است که توالی کامل آنها با ویروس‌های بیماری‌زای انسانی موجود در سیوت‌ها و شترها مقایسه شود و البته باید بر روی خفاش‌ها و سایر گونه‌های پستاندار در منطقه که سرچشمه بیماری از آنجا بوده است، متمرکز شد (۳۱، ۲۲).

الگوهای گسترش کروناویروس مرس در بین انسان‌ها نشان می‌دهد که انتقال از طریق قطرات یا تماس صورت می‌گیرد. بیان گیرنده‌های DPP4 در مجاری تنفسی فوقانی و تحتانی انسان متفاوت است. این امر ممکن است به توضیح انتقال مشاهده شده از انسان به انسان کمک کند که بیشتر در افراد دارای بیماری زمینه‌ای، مانند دیابت رخ می‌دهد. تجزیه و تحلیل دقیق جمعیت نشان می‌دهد که چندین کروناویروس مرس ممکن

کروناویروس‌های  $\beta$  دودمان b در خفاش *Hipposideros larvatus* از آسیای جنوب شرقی، این فرضیه مطرح شد که حضور کروناویروس‌های  $\beta$  در خفاش‌های *Rhinolophus* نتیجه سرایت آن از تاکسون خواهری یعنی خفاش‌های *Hipposideros* بوده است، با این تفاوت که مدت زمان استقرار کروناویروس‌های  $\beta$  در خفاش‌های *Rhinolophus* کم و در خفاش‌های *Hipposideros* زیاد و با تشکیل کلنی به مدت ۱۸ ماه همراه است. لازم به ذکر است که، عفونت یا سرایت کروناویروس‌های  $\beta$  ممکن است تنها در چند گونه از خفاش‌های جنس *Hipposideros* دیده شود، زیرا آلودگی درخفاش‌های ساکن غارهای مشابه دیده نشده است و این امکان وجود دارد که برای انتقال بین گونه‌ای تماس مستقیم بین گروه‌های خفاش لازم باشد. به منظور بررسی بیشتر ارتباط خفاش و کروناویروس‌های  $\beta$  در انسان، باید مکانیسم‌های جلوگیری از پاسخ ایمنی ذاتی میزبان، با توجه به اینترفرون‌های اختصاصی مورد بررسی بیشتر قرار گیرد (۳۰).

#### کروناویروس مرس

بیماری مرس<sup>۱</sup> در سال ۲۰۱۲ در عربستان سعودی ظاهر شد. میانگین دوره کمون یا نهفتگی این بیماری تقریباً پنج روز است و ۹۵٪ موارد در طی ۱۳ روز علامت دار می‌شوند، اگرچه ممکن است عفونت تحت بالینی یا بدون علامت رخ دهد و یک کادر درمانی مراقبت‌های بهداشتی در صورت عدم وجود بیماری آشکار، می‌تواند ویروس را به مدت ۴۲ روز حمل کند. شایع‌ترین علائم آن تب، لرز، سرفه، تنگی نفس و درد عضلانی است. با این حال، مرس می‌تواند باعث عفونت شدید دستگاه تنفسی تحتانی و نارسایی کلیوی شود و میزان مرگ و میر بسیار بالاتری (تقریباً ۳۰٪) نسبت به سارس دارد. علائم دستگاه گوارش مانند اسهال، استفراغ و درد شکم نیز ممکن است در فرد رخ دهد. بیماری مرس به طور موثری در بافت‌های تنفسی انسان تکرار می‌شود و سلول‌های اپیتلیال آلوئول و اندوتلیوم رگ‌های خونی ریه را نیز هدف قرار می‌دهد. طبق گزارشات، تقریباً ۷۵٪ بیماران انسانی دارای یک یا چند بیماری زمینه‌ای مانند دیابت، ناراحتی مزمن کلیه، قلب یا ریه هستند. موارد شاخص شیوع بیماری در عربستان سعودی، اردن، قطر و امارات متحده عربی ردیابی شده است. موارد مهلک بیماری مرس در افراد مبتلا به بیماری‌های زمینه‌ای وخیم به ویژه در بیمارانی که دارای نقص سیستم ایمنی هستند قابل مشاهده بوده و حتی منجر به مرگ می‌شود. به نظر می‌رسد، توانایی انتقال از انسان به انسان با گذشت زمان در حال افزایش است و تنها عامل شیوع گسترده در کره جنوبی بوده است (۲۲).

<sup>2</sup> Mers - Cov  
<sup>3</sup> Neo Cov

<sup>1</sup> Mers

بین مردان میانسال و بازنشسته است. کروناویروس‌های مرس و سارس برای مدت زمان نسبتاً طولانی روی سطوح قابل دوام هستند. کروناویروس مرس در پلاستیک یا فولاد، به مدت ۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و ۸۰٪ رطوبت نسبی و برای ۲۴ ساعت در ۳۰ درجه سانتیگراد و ۳۰٪ رطوبت نسبی زنده ماند. در ذرات معلق در هوا، پایداری کروناویروس مرس در رطوبت نسبی ۷۰٪ حدود ۸۹ درصد و در رطوبت نسبی ۴۰٪ در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد حدود ۷٪ کاهش یافت. با این حال ممکن است بقای کروناویروس مرس کمتر از کروناویروس سارس باشد. از سوی دیگر، خفاش‌ها ممکن است به صورت غیرمستقیم عفونت را به انسان منتقل کنند. یک مورد شاخص در مورد کارگری است که در مجاورت باغ خرما زندگی و کار می‌کرده است. خفاش‌ها و گوانای آنها در چاه‌های متروکه و ویرانه‌های منطقه حضور داشتند. غذا یا آب حیوانات اهلی، از جمله شترها، در مناطقی که دارای باغ‌های نخل هستند ممکن است با بزاق و / یا ادرار خفاش‌های مذکور آلوده شده و شترها را هم آلوده کرده و منجر به عفونت انسان شود (۲۲).

## کروناویروس سارس ۲

کروناویروس سندرم تنفسی حاد ۲ (SARS-CoV-2) با نام پیشین نول کروناویروس یک RNA ویروس تک رشته‌ای، دارای پوشش و کروی بوده و ژنگان آن‌ها از نوع ssRNA(+) با طولی حدود ۲۹/۸ کیلوباز است و عامل بیماری کروناویروس ۲۰۱۹ یا کووید-۱۹<sup>۳</sup> است. در زبان عامه به این ویروس، ویروس کرونا ووهان گفته می‌شود. در ۳۱ دسامبر ۲۰۱۹، پزشکان بیمارستانی واقع در شهر ووهان چین متوجه موارد غیرمعمولی از بیماران مبتلا به ذات‌الریه (پنومونی) شدند. با این حال، اولین مورد از این بیماری در تاریخ ۱۲ دسامبر مشاهده گردید. بررسی‌های بعدی نشان داد که منشأ این بیماری از بازار غذاهای دریایی، طیور و حیوانات زنده واقع در شهر ووهان واقع در استان هوبای در مرکز چین بوده است. پس از آن، شیوع غیرمعمول موارد ذات‌الریه در تاریخ ۳۱ دسامبر به سازمان بهداشت جهانی گزارش شد. در تاریخ اول ژانویه ۲۰۲۰ بازار مذکور بسته و ضدعفونی شد. بعد از گمانه‌زنی‌های گسترده درباره عامل این بیماری، سرانجام در تاریخ نهم ژانویه ۲۰۲۰، عامل این بیماری را یک کروناویروس جدید با نام 2019-nCoV اعلام شد (۳۲). بیماری کروناویروس ۲۰۱۹ یا کووید-۱۹<sup>۴</sup> که به آن بیماری تنفسی حاد ان‌کاو-۲۰۱۹<sup>۵</sup> نیز گفته می‌شود، بیماری عفونی است که بر اثر کروناویروس سندرم تنفسی حاد<sup>۶</sup> ایجاد می‌شود. علائم معمول آن تب،

است در شترها وجود داشته باشد. با این حال، در انسان‌ها، تنها توالی ژنگانی کلونال یافت شده است و این نشان می‌دهد که انتقال از شتر به انسان ممکن است فقط ژنوتیپ‌های خاصی را که قادر به عبور از گردنه بطری<sup>۱</sup> هستند شامل شود. با افزایش تعداد شترها و تلاش جهت یافتن مکان برای گله در نزدیکی مناطق بزرگتر ممکن است باعث افزایش تماس بین شتر و انسان شود. با این حال، تنها بخش نسبتاً کمی از جامعه انسانی، ارتباط مستقیمی با شترها داشته‌اند. سایر راه‌های انتقال غیرمستقیم ویروس شامل مصرف شیر شتر یا گوشت خام یا مصرف دارویی ادرار شتر است. مصرف شیر شتر در شبه جزیره عربستان، جایی که تولید پنیر دشوار و محدود است، به طور فزاینده‌ای مشاهده می‌شود. در عربستان سعودی، حدود ۷۸٪ شیر شتر غیرپاستوریزه، تازه و تخمیری به مصرف‌کنندگان فروخته می‌شود. کروناویروس مرس از نمونه‌های شیر شتر جدا شده است، اما مشخص نیست ویروس از شیر دفع شده یا در هنگام دوشیدن یا توسط یک گوساله آلوده شیرخوار آلوده شده است. کروناویروس مرس تزریق شده به شیرخام شتر پس از سردسازی پایدار است و ویروس ممکن است حتی پس از ذخیره سازی به مدت دو روز در دمای اتاق بازسازی یابد، اما با دمای ۶۳ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه از بین می‌رود. کروناویروس مرس در غلظت کم در ادرار انسان تشخیص داده شده است، بنابراین مصرف ادرار شتر ممکن است یک عامل خطر به ویژه برای افراد با بیماری زمینه‌ای یا نقص ایمنی، باشد. ادرار شتر معمولاً برای شستن دستها، صورت و مو در بین بدوها<sup>۲</sup> و سایر افراد پرورش دهنده شتر در مناطقی از خاورمیانه استفاده می‌شود. همچنین، ادرار شتر در بعضی از روشهای پزشکی سنتی مانند معالجه بیماری‌های دستگاه گوارش برای کاهش لخته خون به عنوان یک ماده ضد سرطان برای تقویت پاسخ ایمنی و از بین بردن انگلها از مو استفاده می‌شود. انتقال از طریق خوردن گوشت خام و آلوده احتمالاً کمتر است، زیرا به طور معمول گوشت به خوبی پخته می‌شود، ذبح کردن به صورت بهداشتی انجام می‌شود و هنگامی که به صورت تجاری فروخته می‌شود، گوشت سرد می‌شود (۲۲).

شیوع موارد ابتدایی مرس در مردان پیر، میانسال و بازنشسته است. حساسیت بیشتر و شدت بیشتر بیماری در بین مبتلایان، از جمله آنهایی که در گروه‌های سنی بالاتر قرار دارند نیز ممکن است یک عامل عادی باشد. در حالی که برای موارد ثانویه نسبت بین سن و جنس متعادل است. این تغییر موارد ابتدایی ممکن است ناشی از قرارگرفتن در معرض افتراقی انسان از زمان پرورش شتر باشد زیرا پرورش شتر یک فعالیت انحصاری در

<sup>3</sup> Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2

<sup>4</sup> Covid-19

<sup>5</sup> Coronavirus Disease 2019 (Covid-19)

<sup>6</sup> Severe Acute Respiratory Disease 2019-Ncov

<sup>7</sup> Sars-Cov-2

<sup>1</sup> Bottleneck  
<sup>2</sup> Bedouins

مورد مرگ رتبه اول را در بین ۲۱۳ کشور آلوده دارد. کشور ایران تا تاریخ ذکر شده دارای ۹۳۶۵۷ مورد قطعی ابتلا و ۵۹۵۷ مورد مرگ در رتبه نهم قرار دارد (<https://www.worldometers.info/coronavirus/>).

### سایر کروناویروسها در خفاشها

این بحث که خفاشها ممکن است به عنوان یک مخزن اصلی از آلفا و بتاکروناویروس باشند، با این واقعیت پشتیبانی می شود که تنوع ژنتیکی آنها در خفاشها بیشتر از هر میزبان شناخته شده ای دیگر است. حتی اگر کروناویروسها در مدفوع خفاش یا ادرار یافت شود، هیچ علائمی از وجود ویروس در دستگاه گوارش آنها وجود ندارد و این شاید به دلیل سطح بالای تولید آنتی بادی ضد کروناویروس باشد. به نظر می رسد که ماندگاری ویروسها در جمعیت خفاشها متکی به تقویت گسترده آنها در طول چرخه های تولید مثل است و این احتمالاً به دلیل انتقال دهانی-مدفوعی<sup>۳</sup> است (۳۴).

علاوه بر آن دسته از گونه های کروناویروس که قبلاً مورد بحث قرار گرفت، کروناویروس انسانی HCoV 229E و کروناویروس خفاشهای بینی-برگه ای مدور *Hipposideros* شهر *Ghanaian* دارای تبار مشترک هستند. کار بیشتر برای بررسی میزان تنوع کروناویروسها در گروه های دیگر از پستانداران، به ویژه در چین و شبه جزیره عربستان، لازم است، به خصوص از آنجایی که کروناویروسها، موشها را آلوده می کنند، موشها مخازن شناخته شده دیگری برای بیماری شدید تنفسی ناشی از آنفلوآنزا هستند. افزون بر آن، دودمان C بتا کروناویروس (EriCoV) در خارپشت تشخیص داده شده است و طبق مطالعات، CoV HCoV-OC43 انسانی دارای جد مشترک با CoV موجود در گاو متروکه در چین (n=256)، نوع RNA کروناویروس را در گونه های *R. sinicus*، *R. affinis*، *Hipposideros pomona*، *M. schreibersi*، *Miniopterus fuliginosus*، *Miniopterus fuscus* نشان داد. شیوع عفونت در بین ۴۵ تا ۷۴ درصد از گونه ها گزارش شد و تقریباً همه مربوط به آلفا کروناویروسهای شناخته شده قبلی بودند. همچنین بتا کروناویروس شبه سارس جدید<sup>۴</sup> (RaBtCoV/4991) در خفاش نعل اسبی *R. affinis* و بتا کروناویروس جدید<sup>۵</sup> (HpBtCoV/3740-2) در خفاش بینی برگه ای *H. pomona* نیز مشاهده شد. عفونت همزمان با چندین گونه کروناویروس در هر شش گونه از این خفاشها رخ داده است، وضعیتی که احتمال نوترکیبی و انتقال را افزایش می دهد (۳۵).

سرفه، و تنگی نفس هستند. درد عضلانی، تولید خلط، و گلودرد، از جمله نشانه های کمتر معمول آن هستند. با این که اکثریت موارد این بیماری باعث علائم خفیف می شود، بعضی از موارد به سینه پهلو و نارسایی چند اندامی پیشرفت می کند. این بیماری اساساً از طریق قطرات ریز تنفسی افراد مبتلا، وقتی سرفه یا عطسه می کنند، به سایر افراد سرایت می کند.

بر اساس مطالعات صورت گرفته تاکنون این ویروس را به خفاشها به عنوان مخزن و مورچه خوار پانگولین به عنوان میزبان حدواسط ارتباط می دهند. آنالیزهای فیلوژنتیکی نشان داده است که کروناویروس SARS دو با کروناویروس شبه سارس<sup>۱</sup> جدید *bat-SL-CoVZC21* و *bat-SL-CoVZC45* خفاشی در ارتباط نزدیکی است (۸۸-۸۲ درصد شباهت)، اما با کروناویروسهای سارس (تقریباً ۷۹ درصد) و مرس (تقریباً ۵۰ درصد) شباهت دارد. آنالیز فیلوژنتیکی همچنین نشان داد که کروناویروس سارس ۲ با کروناویروس در گردش خفاش نعل اسبی (*Rhinolophus sinicus*) ۹۸ درصد شباهت دارد. این یافته ها نشان می دهد که این کروناویروسهای خفاشی و کروناویروس جدید دارای یک جد مشترک می باشند. بر اساس یافت های حاصل از تحقیقات ژنگانی و همچنین حضور بعضی از خفاشها و حیوانات زنده در بازار مواد غذایی دریایی در شهر ووهان، کروناویروس جدید ممکن است از خفاشها یا مواد آلوده به فضولات خفاشها در این بازار یا نواحی اطراف آن منشأ گرفته باشد (۳۳)، بر این اساس به نظر می رسد که میزبان اولیه و طبیعی کروناویروس جدید، خفاشها هستند و در ادامه، این ویروس وارد یک میزبان حدواسط (احتمالاً مورچه خوار) یا سایر حیوانات وحشی جهت فروش در بازار ووهان شده و متعاقباً از این میزبان حدواسط به انسان منتقل شده است. سپس فرآیند انتقال انسان به انسان آغاز شده و اپیدمی حاضر شکل گرفته است. این که مشخصاً از مورچه خوار به عنوان میزبان حدواسط نام برده شده است به این دلیل است که کروناویروسهایی که از مورچه خوارها جداسازی شده است، شباهت ۹۹ درصدی نوکلئوتیدها با ویروس جدید SARS-CoV-2 دارد. به این دلیل احتمالاً مورچه خوار پنگولین<sup>۲</sup> را به عنوان میزبان حدواسط جهت انتقال کروناویروس جدید از خفاشها به انسان می دانند.

طبق آخرین گزارشی که توسط سازمان جهانی بهداشت در تاریخ ۲۴ آوریل ۲۰۲۰ منتشر شده است (Last updated: April 29, 2020, 15:47 GMT)، تعداد موارد ابتلای قطعی و تأیید شده در بیش از ۲۱۰ کشور دنیا ۳۱۶۶۱۴۲ نفر و تعداد موارد فوتی ناشی از این ویروس ۲۱۹۵۷۷ نفر می باشد. بیشترین موارد تأیید شده این ویروس در کشور آمریکا با ۱۰۳۹۲۷۸ مورد ابتلا و ۵۹۴۵۰

<sup>3</sup> Fecal-Oral  
<sup>4</sup> Novel Sars-Like Beta-Cov  
<sup>5</sup> Novel Beta-Cov

<sup>1</sup> Sars-Cov Like  
<sup>2</sup> Malayan Pangolins (*Manis Javanica*)

مطلق در شرایطی که انسان و جانورانی که روز فعالیت می‌کنند، قدرت بهره‌وری خود را از دست می‌دهند، ولی اینکه آنها توانایی پرواز و فعالیت در شب را دارند احتمالاً یکی از دلایلی بود که بال‌های خفاشان نماد شیطان و هم‌کیشان آن قلمداد می‌شد درحالی‌که بال‌های سفید پرند نشان فرشتگان محسوب می‌شد. این تصور از انسان‌های خون‌آشام که در طول شب‌ها خون موجودات را می‌مکند مدت زیادی قبل از کشف خفاش خون‌آشام (*Desmodus rotundus*) وجود داشته است (۳۷).

با وجود اهمیت خفاش‌ها به عنوان مخازن میزبان طبیعی و مجموعه‌ای از خصوصیات منحصر به فرد در میان پستانداران، نسبت به سایر جانوران تاکنون کمترین مطالعه بر روی آنها صورت گرفته است. به عنوان تنها پستاندار با پرواز واقعی، احتمالاً تکامل پرواز فشار انتخابی شدیدی بر سیستم ایمنی بدن خفاش‌ها و ویروس آنها، به دلیل نوسانات در میزان سوخت و ساز و دمای بدن ایجاد کرده است. تغییرات ژنتیکی همزمان با سازش برای پرواز در کل ژنگان گونه‌های خفاش شناسایی شده است که حمایت جدی برای تکامل همراه سیستم ایمنی خفاش با ویروس‌ها را فراهم می‌کند. دمای بالای بدن خفاش‌ها پاسخ‌های ایمنی بدن را افزایش داده است و به همین علت ویروس‌های خفاش‌ها به داخل بدن میزبانی با دمای بدنی سردتر رشد می‌کنند و باعث بیماری می‌شوند. با این حال، ماهیت پاسخ ایمنی خفاش‌ها به ویروس‌ها به خوبی مشخص نشده است و از پتانسیل قابل توجهی برای ارائه بینش‌هایی در جهت توسعه استراتژی‌های جدید برای تغییر مسیر پاسخ ایمنی یا درمان بیماری‌های ویروسی در سایر پستانداران برخوردار است. اخیراً به دلیل نوپدیدی و ظهور مجدد تعدادی از ویروس‌ها که به خفاش‌ها مرتبط بوده‌اند، تجدید علاقه در زمینه مطالعه ایمنی‌شناسی خفاش‌ها صورت گرفته است. پیشرفت‌های فن‌آوری از جمله در دسترس بودن داده‌های ژنگان کامل و روش‌های تعیین توالی عمیق، تحقیقات در مورد سیستم ایمنی بدن خفاش‌ها را تا حد زیادی تسهیل کرده است، و در حال حاضر نیاز به تدوین روش‌هایی برای ارزیابی پاسخ‌های ایمنی بدن خفاش‌ها و ایجاد واکنش‌های آنتی‌بادی وجود دارد. پیشرفت در زمینه ایمنی‌شناسی خفاش‌ها به محض ورود گروه‌های جدید به این عرصه و فن‌آوری فرصت‌هایی را برای کشف سریع‌تر فراهم می‌کند (۳۸).

در طول نیم قرن گذشته، بسیاری از بیماری‌های عفونی مورد توجه جوامع تحقیقاتی و بهداشتی قرار گرفته‌اند. این "بیماری‌های نوپدید" عفونی نه تنها از بیماری‌های جدید انسانی است که ما اخیراً آنها را می‌شناسیم بلکه برخی از بیماری‌های عفونی قدیمی را نیز شامل می‌شود که در واگیری و یا در مناطق جغرافیایی رو به افزایش است. عفونت‌های نوپدید ممکن است

بررسی اسیدهای آمینه بین خفاش و ویروس‌های انسانی برای هفت پروتئین مشابهت تقریباً ۹۷٪ را نشان می‌دهد و همچنین بر اساس مطالعات فیلوژنتیکی مشخص شده است که کروناویروس نئو<sup>۱</sup> خفاش‌ها و کروناویروس مرس انسانی یک گونه ویروسی واحد هستند. لازم به ذکر است که وجود RNA یا پروتئین ویروسی در مدفوع لزوماً به معنای آلوده شدن خفاش‌ها نیست، زیرا ممکن است ویروس‌ها فقط از دستگاه گوارش حیوانات عبور کرده باشند. بعضی از مطالعات درجات مختلفی از همسانی نوکلئوتیدها بین هویت انسانی کروناویروس مرس و کروناویروس‌های خفاش‌های مختلف را با استفاده از قطعات نسبتاً کمی از ژن‌های محافظت شده نشان می‌دهد. این واقعیت که این خفاش‌ها در مکان‌هایی در سراسر جهان بوده‌اند و بیماری مرس انسانی در مناطق بسیار محدود جهان قابل مشاهده است، نشان می‌دهد که خطر انتقال بیماری زونوتیک<sup>۲</sup> از طریق خفاش‌ها برای انسان کم بوده و تلاش‌های تحقیقاتی شاید باید بیشتر به سمت شترها متمرکز شود (۲۲).

علی‌رغم تنوع ویروس‌های موجود در خفاش‌ها و احتمال اینکه آنها ممکن است عفونت‌های ویروسی مداوم داشته باشند، بندرت شواهدی از آلودگی خفاش‌ها در طبیعت و آزمایشگاه که علائم بالینی یا آسیب‌شناسی بیماری را نشان دهند وجود دارد (۲۲). همچنین تعداد کمی از مرگ و میرهای دسته‌جمعی در میان خفاش‌ها گزارش شده است که عفونت‌های ویروسی به علت اصلی مرگ و میر نبوده است. قارچ عامل سندرم بینی سفید<sup>۳</sup> (WNS) در میان خردخفاشان آمریکای شمالی تنها پاتوژنی است که در برخی از جمعیت‌های خفاش‌ها موجب مرگ و میر جمعی می‌شود (۳۶). تاریخچه تکامل همراه<sup>۴</sup> طولانی مدت خفاش‌ها و ویروس‌ها به احتمال زیاد منجر به برقراری حالت تعادل شده است، بطوری‌که ویروس و میزبان را قادر ساخته بدون ایجاد بیماری با هم همزیستی داشته باشند. ممکن است که این مزیت تکاملی عواقب مفیدی برای میزبان برای مثال با محافظت در برابر سایر عوامل بیماری‌زا یا حتی در برابر شکارچیان داشته باشد.

### خفاش‌ها و آدمی

افسانه‌ها و باورهای نادرست فراوانی در مورد خفاش‌ها وجود دارد. پرواز بدون صدای آنها انسان را به وحشت می‌انداخت و در دنیای باستان نشانه‌ای شوم تلقی می‌شدند. مخصوصاً که توانایی پرواز در تاریکی آنها یک معما بود. این باور که موجودی که نیمه موش و نیم دیگرش پرند است در تاریکی

<sup>1</sup> Neocov  
<sup>2</sup> Zoonotic  
<sup>3</sup> White Nose Syndrome  
<sup>4</sup> Coevolution

کاهش ایمنی در هنگام خواب زمستانی در برخی از گونه‌های خفاش‌های مناطق معتدله، منجر به این پیشنهاد شده است که خفاش‌ها قادر به کنترل فعالیت ویروسی بیماری‌زا در عین عدم پاکسازی عفونت هستند؛ بنابراین وضعیت عفونت مداوم را همانطور که انتظار می‌رود به عنوان میزبان مخزن ویروسی نگه می‌دارند. بسیاری از خفاش‌ها عمر طولانی دارند و بسیاری از گونه‌ها در روست‌ها و کلونی‌هایی با بیش از یک میلیون خفاش از یک گونه و گاهی اوقات از گونه‌های مختلف زندگی می‌کنند که انتقال افقی درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای ویروس‌ها را تسهیل می‌کند. انتقال عمودی ویروس‌ها نیز اتفاق می‌افتد که به آنها اجازه می‌دهد مدت طولانی در کولونی‌ها بمانند. مهاجرت در فواصل طولانی در برخی از گونه‌های خفاش همچنین امکان گسترش جغرافیایی عفونت را فراهم می‌آورد.

در حالی که توجه زیادی به نقش احتمالی خفاش‌ها، چونندگان و نخستی‌های غیر انسانی به عنوان مخزن اصلی عفونت‌های ویروسی نوپدید معطوف شده است، بسیاری از گونه‌های دیگر حیوانات با اقدام به عنوان میزبان مخزن یا میکروپ‌ها مسئول عفونت زونوتیک مستقیم یا غیرمستقیم انسان‌ها هستند. این تمرکز نسبتاً محدود در گروه‌های حیوانی انتخابی ممکن است شمشر دو لبه باشد که ضمن شناسایی گونه‌های میزبان مخزن زئونمی، ممکن است بسیاری از گونه‌های دیگر مخزن را نیز از دست بدهد. تمرکز بر خفاش‌ها و چونندگان به عنوان مخزن احتمالی بیماری نیز موجب ترس در سطح عامه مردم و کشتن یا پراکندگی گونه‌های جانوری شده است که انسان‌ها در طول تاریخ با ترس و وحشت از آن یاد کرده‌اند. این گمراهی و ترس عمومی بیشتر گونه‌های خفاش که قبلاً در اثر فعالیت‌های انسانی در معرض خطر بودند، کاهش می‌دهد، از جمله گسترش سندرم بینی سفید و ساخت مزارع بادی (۴۰).

ترس از خفاش‌ها و بیماری‌های ناشی از آنها باعث می‌شود نقش حیاتی که خفاش‌ها نه تنها در طبیعت بلکه در سلامتی و رفاه انسان دارد نادیده گرفته شود. خفاش‌ها گرده افشان‌های اصلی هستند که برای ادامه بقا برخی از گونه‌های گیاهی از جمله آگاو، یک محصول مهم اقتصادی در مناطقی از آمریکای لاتین ضروری است. با مصرف حشرات، برخی از گونه‌های خفاش همچنین تعداد زیادی از آفات را که محصولات زراعی را مصرف می‌کنند، از بین می‌برد، سطح حشره کش‌های سمی مورد نیاز جامعه کشاورزی را کاهش می‌دهد و رشد مقاومت آفت‌کش‌ها را به تاخیر می‌اندازد. برخی خفاش‌های حشره‌خوار معادل نیمی از وزن بدن خود را در هر شب حشره می‌خورند و تخمین زده می‌شود که هزینه‌های کشاورزی را تا میلیاردها دلار در سال در ایالات متحده کاهش دهند (۴۲).

توسط باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، تک‌یاخته‌ها یا کرم‌های انگلی ایجاد شود. نرخ ظهور رو به افزایش بوده است و به نظر می‌رسد به دلیل ترکیبی از افزایش تشخیص و شناسایی و همچنین افزایش تعداد پاتوژنهای میکروبی باشد. لازم به ذکر است که تعدادی از بیماری‌های نوپدید هستند که منشأ میکروبی ندارند و تا حدی به دلیل تغییر در شیوه زندگی ایجاد می‌شود.

به غیر از افزایش تشخیص، تعدادی از عوامل در بروز بیماری‌های عفونی در جمعیت‌های انسانی نقش دارند. در مورد بیماری‌های مرتبط با جانوران، این موارد شامل افزایش تماس با میزبانان مخزن میکروبی با از بین بردن زیستگاه طبیعی آنها به علاوه شهرنشینی مرتبط با بسیاری از گونه‌های جانوری، افزایش جمعیت انسانی در مناطقی که قبلاً کمتر ساکن بودند، افزایش تماس بین گونه‌های جانوری که قبلاً از انسان‌ها جدا بودند ولی امروزه در نزدیکی انسان زندگی می‌کنند، و همچنین بازار حیوانات و گسترش زمین‌های کشاورزی است. خفاش‌ها دارای چندین ویژگی منحصر بفرد هستند که باعث می‌شود آنها را به عنوان یک میزبان ویژه ویروسی بدانیم. خفاش‌ها در میان بزرگترین و متنوع‌ترین گروه‌های پستانداران بعد از چونندگان قرار دارند. خفاش‌ها تنها پستاندارانی هستند که توانایی پرواز واقعی را دارند و دمای بدن و مقدار انرژی مصرفی برای پرواز آنها در شب زیاد و در طول روز کاهش می‌یابد. این افزایش دمای بدن مشابه پاسخ تب است و ممکن است ویروس‌هایی را که قادر به زنده ماندن در این دما هستند برای انتقال، میزبان پستاندار دیگری را انتخاب کنند. این خفاش‌ها میزبان تعدادی ویروس هستند که باعث ایجاد بیماری جدی در آنها نمی‌شوند بجز لیزوویروس‌ها<sup>۱</sup> که استثناء هستند. شناخت مکانیسم‌های موجود در بقای لیزوویروس‌ها و بیماری‌زایی در خفاش‌ها، نیاز به مطالعه بیشتر در مورد شیوه‌های تفاوت این گروه از ویروس‌ها با سایر رابوویروس‌ها دارد که در خفاش‌ها بیماری‌زایی کمتری دارند. همچنین تعیین اینکه آیا ویروس‌های بسیار بیماری‌زا مانند ابولا، ماربورگ، سارس، مرس و کوید-۱۹ در انسان به خفاش‌ها مرتبط هستند، بسیار مهم است. در واقع در مورد فیلوویروس‌ها<sup>۲</sup>، این امر ممکن است درست باشد زیرا آنها باعث ایجاد تب خونریزی‌دهنده در انسان می‌شوند (۳۹).

پاسخ‌های ایمنی ضد ویروسی خفاش با مواردی که در انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد متفاوت است، در حالی که خفاش‌ها بیشتر به محافظت توسط اپیتروفون‌ها متکی هستند، که برخی از آنها به طور اساسی بیان شده‌اند (پاسخ ایمنی ذاتی)، در انسانها پاسخ اولیه متکی به سلولهای کشنده CD8 + T (پاسخ ایمنی سازگاری) و سلولهای قاتل طبیعی است. این تفاوت و همچنین

<sup>1</sup> Lyssaviruses  
<sup>2</sup> Filoviruses

### وضعیت حفاظتی

اتحادیه بین‌المللی حفاظت از محیط زیست<sup>۲</sup> حدود ۲۵ درصد از کل گونه‌های موجود در راسته‌ی خفاش‌ها (تقریباً ۲۴۰ گونه) را به عنوان در معرض تهدید در نظر گرفته‌است. در سال‌های اخیر حداقل ۱۲ گونه منقرض شده‌اند. کلان‌خفاش‌ها نسبت به خردخفاشان بیشتر در معرض خطر قرار دارند. عوامل مختلفی از جمله تخریب و اختلال مکان‌های روست، استفاده از آفت‌کش-ها برای از بین بردن آفات کشاورزی و حشره‌کش‌ها بطور ویژه برای خفاش‌هایی که از آنها تغذیه می‌کنند، مشکل ساز بوده‌اند. در گونه‌هایی که محدوده‌ی جغرافیایی نسبتاً کوچک دارند و یا آنهایی که از نظر اکولوژیکی تخصصی شده‌اند بیشترین صدمات را متحمل می‌شوند در سال‌های اخیر سطح آگاهی مردم نسبت به نقش‌های مفیدی که خفاش‌ها در اکوسیستم دارند و همچنین تاریخچه‌ی منحصر به فرد و شگفت‌انگیز زندگی آنها بیشتر شده‌است. در حال حاضر طبق تحقیقات انجام گرفته نقش حیاتی خفاش‌ها به عنوان مولفه‌ی حیاتی در بسیاری از اکوسیستم‌ها و همچنین به عنوان منبع مهمی برای انسان‌ها، اثبات شده‌است. به همین منظور تلاش‌هایی جهت حفاظت از آنها انجام شده‌است. به عنوان مثال، دهانه‌ی ورودی غارهایی که محل روست و تجمع بسیاری از خفاش‌ها هستند به وسیله‌ی دروازه‌هایی بسته شده‌اند، که از ورود انسان‌ها به غارها جلوگیری کنند، اما خفاش‌ها به راحتی وارد و خارج شوند. در بسیاری از مناطق مردم به جای کشتن و از بین بردن خفاش‌ها، پناهگاه‌هایی در حیاط خود به منظور فراهم کردن زیستگاه‌های اقامتی مناسب برای خفاش‌ها ایجاد کرده‌اند. در کشور انگلستان، تمام خفاش‌ها و محل روست آنها توسط قانون حفاظت شده‌است. چندین خروج بزرگ از روست خفاش‌ها، از جمله خروج در هنگام غروب از یک روست، در شهر آستین تگزاس هر ساله توجه میلیون‌ها فرد و گردشگر را به خود جلب می‌کند. سازمان‌های حفاظتی مانند سازمان بین‌المللی حفاظت خفاش‌ها<sup>۳</sup> عضویت رو به رشدی در میان عموم مردم دارد و بسیاری از پروژه‌های حفاظت خفاش‌ها مانند پروژه‌هایی که در کشورهای در حال توسعه به منظور افزایش سطح آگاهی و درک عموم است، را با موفقیت اجرا می‌کند (۳).

### سخن آخر

مقصر نه کروناویروس نه خفاش‌ها، بلکه انسانها هستند

تغییر در رفتار انسان - از بین بردن زیستگاه‌های طبیعی، همراه با رشد روزافزون جمعیت در روی زمین - امکان ایجاد بیماری‌هایی را فراهم کرده‌است که گویا زمانی در طبیعت کمین

نقش آنها در حفاظت از محصول باعث افزایش تولید مواد غذایی در مناطقی از جهان می‌شود که قادر به تهیه کودهای معدنی نیستند. علاوه بر مصرف حشرات آفت، گوانا به عنوان کود آلی استفاده می‌شود. فروش گوانای خفاش بخش مهمی از اقتصادهای محلی در بسیاری از نقاط جهان است. خفاش‌ها همچنین با توزیع بذر به مناطق آسیب دیده، نقش مهمی در احیای جمعیت اکوسیستم‌ها ایفا می‌کنند. متأسفانه خفاش‌های خون‌آشام به طور کلی به عنوان یک تهدید قابل توجه برای منافع بشر در نظر گرفته شده‌اند، ولی از دیدگاه پزشکی و سلامتی انسان، پروتئین ضد انعقاد خون<sup>۱</sup> در بزاق این خفاش‌ها به منظور جلوگیری از لخته شدن خون در درمان سکتته مغزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴۱).

همه ما در نیایی در حال تغییر زندگی می‌کنیم. یکی از عناصر مهم تغییر جمعیت روزافزون، انسان است که به طور مستقیم و با نرخ‌های متفاوت زیستگاه‌های طبیعی را برای کشاورزی و استخراج منابع تغییر می‌دهد. تحلیل رفتن پناهگاه‌های زیستگاهی بدان معنی است که تعداد افراد بیشتری در تماس مستقیم با حیوانات قرار می‌گیرند و مسیرهای بالقوه‌ای را برای انتقال بیماری‌ها از میزبان جانوری وحشی به انسان می‌دهند. این پدیده - بیماری‌های عفونی نوپدید که باعث جهش در انسان می‌شود - با تجارت بین‌المللی حیات وحش از جمله خفاش‌ها تشدید می‌شود، چرا که این شبکه‌های حمل و نقل مدرن باعث می‌شوند طی چند ساعت یک شخص نیمی از جهان را پرواز و بیماری را با خود حمل کند. به نظر می‌رسد این الگوهای رفتاری می‌توانند مسئول ورود سندروم بینی سفید به غارها در ایالات متحده و کانادا، و همچنین شیوع سارس در کانادا و کوید ۱۹ در بیش از ۲۱۰ کشور تا کنون باشند. برای به حداقل رساندن انتقال احتمالی بیماری‌ها از خفاش‌ها به افراد چه می‌توان کرد؟ اطلاعات بیشتر و آموزش عمومی بهتر برای به حداقل رساندن تأثیر بیماری‌های منتقل شده از خفاش‌ها به افراد مهم است. توانایی شناسایی بیماری‌های غیر معمول یا نادر ضروری است. کشف انواع جدید ویروس‌ها توسط محققان و پزشکان شانس بیشتری برای پاسخ به حوادث بالقوه فاجعه آمیز را فراهم می‌کند. به نظر می‌رسد سیستم اطلاعات بهداشت جهانی در سراسر جهان توانایی انجام این کار را دارد، همانطور که از کشف و گزارش سویه ویروس ۲۰۱۲ کرونا نشان داده شده‌است. تحقیقات در مورد هاری و خفاش‌های خون‌آشام نشان می‌دهد که به احتمال زیاد کشتن خفاش‌ها راه حلی مؤثر نیست. آزمایش سریع وجود ویروس‌های می‌تواند به پزشکان کمک کند تا از فاجعه ناشی از انتشار ویروس از طریق پیوند در انسان جلوگیری کنند.

<sup>2</sup> - IUCN  
<sup>3</sup> www. Batcon.Org

<sup>1</sup> - Desmoteplase

داده‌ایم. همچنین ما زیستگاه های آنها را به منظری جهت استفاده انسانها تخریب کردیم. حیوانات به طرز عجیب و غریبی مخلوط می‌شوند که قبلاً هرگز اتفاق نیفتاده است. بنابراین در یک بازار مرطوب، می‌خواهیم تعداد زیادی از حیوانات را در قفس هایی در بالای یکدیگر قرار دهیم نتیجه این می‌شود که یک پاتوژن بتواند از طریق حیوانات وحش طی چند هفته به یک مشکل جهانی تبدیل شود. بنابراین بشریت می‌تواند دو درس نسبتاً ساده را سریع بیاموزد. اول اینکه خفاش‌ها مقصر نیستند و در واقع این گروه از جانوران می‌توانند به ارائه راه حل کمک کنند، زیرا سیستم ایمنی بدن آنها ضعیف نیست و این امر می‌تواند سرخ‌های مهمی را فراهم کند. درک چگونگی برخورد خفاش‌ها با این عوامل بیماری‌زا می‌تواند به ما بیاموزد که در صورت سرایت به انسان، چگونه می‌توان با آنها رفتار کرد. پس علت اصلی انتقال از خفاش‌ها یا سایر گونه‌های وحشی، تقریباً همیشه رفتار انسان است. در نهایت بیماری‌های مربوط به کروناویروس‌ها می‌توانند همانند و این امر باعث می‌شود که رفتار انسان‌ها تغییر کند و تغییر رفتار انسان‌ها قاعدتاً آسانتر از تولید یک واکسن بسیار گران قیمت برای هر ویروس جدید است. کروناویروس شاید نخستین نشانه روشن و غیرقابل انکار برای بشر باشد که صدمات محیطی می‌تواند به سرعت انسان را از بین ببرد. ده‌ها هزار ویروس در انتظار کشف هستند، کاری که ما واقعاً باید انجام دهیم این است که نقاط بحرانی برای آلودگی حیوانات وحش را بشناسیم و برای جلوگیری از وقوع آنها به درستی عمل کنیم. این مقرون به صرفه ترین روش برای محافظت از انسان خواهد بود. درس نهایی این است که آسیب رساندن به کره زمین همچنین می‌تواند سریعتر و شدیدتر از تغییرات نسلی و تدریجی تغییرات آب و هوایی به مردم آسیب برساند. تبدیل جنگل به کشاورزی بدون درک تأثیراتی که بر آب و هوا، ذخیره کربن، ظهور بیماری‌ها و خطر سیلاب دارد، درست نیست. ما نمی‌توانیم با انجام پنهانی این کارها به اثرات آنها بر کل حیات و نیز زندگی انسان بی‌توجه باشیم.

کرده اند تا بتوانند سریع به افراد سرایت کنند. دانشمندان هنوز مطمئن نیستند که ویروس جدید بیماری کووید-۱۹ از کجا منشأ گرفته است، و تنها در صورت جداسازی ویروس زنده در یک گونه مشکوک می‌توانند منبع آن را اثبات کنند. اما ویروس‌هایی که بسیار شبیه به ویروس کووید-۱۹ هستند در خفاش‌های نعل اسبی چینی دیده شده است. این امر به سوالات فوری منجر شده است که چگونه این بیماری از جوامع خفاش - که اغلب توسط انسان دست نخورده اند و کمتر لمس شده اند به انسان منتقل شده است و در سراسر دنیا شیوع پیدا کرده است. پاسخ‌ها حاکی از نیاز به بازنگری کامل در مورد نحوه برخورد با کره زمین است. دلیل اصلی سرایت بیماری‌های ویروسی از خفاش‌ها یا سایر گونه‌های وحشی تقریباً همیشه و همیشه رفتار انسانی است. هنگامی که یک خفاش به خاطر شکار و یا آسیب رساندن به زیستگاهش در اثر جنگل زدایی دچار استرس می‌شود، سیستم ایمنی بدنش به چالش کشیده می‌شود و مقابله با پاتوژن‌هایی که در غیر این صورت مورد استفاده قرار نمی‌گرفت، دشوارتر است. ما معتقدیم که تأثیر استرس بر خفاش‌ها و سایر جانوران وحش به همان اندازه ای است که بر انسانها اثر می‌گذارد.

پاتوژن‌هایی که در خفاش‌ها تکامل یافته اند می‌توانند دمای بالای بدن را تحمل کنند، بنابراین تب انسان به عنوان یک مکانیسم دفاعی برای این پاتوژن‌ها کار نخواهد کرد. در مرکز احتمالی ویروس - بازارهای مرطوب ووهان چین - جایی که حیوانات وحشی به اسارت در آمده و به عنوان غذا یا حیوان خانگی فروخته می‌شوند، می‌تواند ترکیبی وحشتناک از ویروس‌ها و گونه‌ها ایجاد کند. در چنین مکان‌های تنش‌زایی احتمالاً ویروس‌ها در مقدار زیادی پخش شده و سایر حیوانات نیز در چنین بازار استرس‌زایی در معرض عفونت هستند که می‌توانند این عفونت را به انسان‌ها نیز انتقال دهند. در حال حاضر حمل و نقل جانوران برای دارو، حیوان خانگی، مواد غذایی در مقیاسی که قبلاً هرگز انجام نمی‌شده است را افزایش

## منابع

- Wilson, D. E., and Mittermeier, R. A., eds. Handbook of the Mammals of the World - Volume 9. Barcelona: Lynx Ediciones. pp. 1-1008, 2019.
- Fenton, M. B., Simmons, N. B., Bats, a world of science and mystery, The University of Chicago Press, Chicago, 303 pp. 2015.
- Altringham, J. D., Bats from Evolution to Conservation. 2nd edn. Oxford University Press. 2011.
- Neuweiler, G., The biology of bats, Oxford University press, ix + 310 pp. 2000.
- Crichton, E. G., and Krutzsch, P. H., *Reproductive biology of bats*, Oxford University Press, 510 pp. 2000.
- Vaughan, T.A., Ryan J.M. and Czaplewski, N.J. Mammalogy, Saunders College Publishing A division of Harcourt College Publishers, vii+565 pp. 2000.
- Griffin, D. R., Echolocation by blind men and radar. Science, 100, 589-590, 1944.
- Wilkinson, G.S., Food sharing in vampire bats. Scientific American, 76-82, 1990.
- Simmons, N. B., Seymour, K. L., Habersetzer, J., and Gunnell, G. F., Primitive Early Eocene bat from Wyoming and the evolution of flight and echolocation. Nature, 451, 818-821, 2008.
- O'Leary, M. A. 1., Bloch, J. I., Flynn, J. J., et al., The placental mammal ancestor and the post-K-Pg radiation of placentals. Science, 8; 339 (6120), 662-7, 2013.
- Smith, J. D., Comments on flight and the evolution of bats, In: Major Patterns in Vertebrate Evolution. M. K. Hecht, P. C. Goody and B.M. Hecht, eds., Plenum, New York, pp. 427-437. 1977.
- Pettigrew, J. D., Flying Primates? megabats have the advanced pathway from eye to midbrain, Science, 231, 1304, 1986.
- Pettigrew, J. D., Jamieson, B.G.M. Robson, S.K. Hall, L.S. McAnally K.I. and Cooper, H.M. Phylogenetic relations between microbats, megabats and primates (Mammalia: Chiroptera and primates), Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences, 325, 489-559, 1989.
- Pettigrew, J. D., Wings or Brains? Convergent evolution in the origins of bats, Systematic Zoology, 40, 1991a.
- Pettigrew, J. D., A fruitful, wrong hypothesis? Response to Baker,

- Novacek and Simmons., *Systematic Zoology*, 40, 231, 1991b.
16. Pettigrew, J. D. and Kirsch, J.A., Flying primates revisited: DNA hybridization with fractionated, GC-enriched DNA, *South African journal of Science*, 91, 477-482, 1995.
  17. Simmons, N. B., The case for chiropteran monophyly, *American Museum Novitates*, 3103, 1-54, 1994.
  18. Simmons, N. B., Bat relationships and the origin of flight, *Symposium of the Zoological Society of London*, 67, 27-43, 1995.
  19. Wund, M., Myers, P. 2005 Chiroptera" (On-line). *Animal diversity web*. Accessed 20 Apr 2020 at <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Chiroptera/>
  20. Calisher, C. H., Viruses in bats: a historic review. In L-F. Wang, and C. Cowled, *Bats and viruses: from pathogen discovery to host genomics*, John Wiley & Sons, New York. 2015.
  21. Brook, C. E., Dobson, A. P., Bats as 'special' reservoirs for emerging zoonotic pathogens. *Trends Microbiol*, doi: 10.1016/j.tim.2014.12.004, 2015.
  22. Beltz, L. A., 2018. *Bats and Human Health Ebola, SARS, Rabies and Beyond*. John Wiley & Sons, Inc., USA.
  23. Chan, J.F., Kin-Hang Kok, K-h., Zhu, Z., et al., Genomic characterization of the 2019 novel human- pathogenic coronavirus isolated from a patient with atypical pneumonia after visiting Wuhan. *Emerging Microbes & Infections*, 9, 2020. <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1719902>.
  24. Van Boheemen, S., de Graaf, M., Lauber, C., Bestebroer, T. M., Raj, V.S., Zaki, A. M., et al. Genomic characterization of a newly discovered coronavirus associated with acute respiratory distress syndrome in humans. *mBio*, 3(6):e00473–12, 2012.
  25. Kim, H. K., Yoon, S.W., Kim, D.J., et al., Detection of severe acute respiratory syndrome-like, Middle East respiratory syndrome-like bat coronaviruses and group H rotavirus in faeces of Korean bats. *Transboundary and Emerging Infections*, DOI:10.1111/tbed.12515, 2016.
  26. Woo, P. C. Y., Lau, S. K. P., Li, K. S. M., Tsan, A. K. L., and Yuen, K.Y., Genetic relatedness of the novel human group c betacoronavirus to *Tylosyncrister* bat coronavirus HKU4 and *Pipistrellus* bat coronavirus HKU5. *Emerging Microbes and Infections*, 1, 11:e35, 2012.
  27. Guo, Y., Korteweg, C., McNutt, M. A., Gu, J., Pathogenic mechanisms of severe acute respiratory syndrome. *Virus Research*, 33, 4-12, 2008.
  28. Cameron, M. J., Bermejo-Martin, J. F., Danesh, A, Muller, M. P., Kelvin, D. J., Human immunopathogenesis of severe acute respiratory syndrome (SARS). *Virus Research*, 133,13–19, 2008.
  29. Yuan J, Hon C.C., Li, Y., Wang, D., Xu, G. et al. Intraspecific diversity of SARS-like coronaviruses in *Rhinolophus sinicus* and its implications for the origin of SARS coronaviruses in humans. *Journal of General Virology*, 91, 1058–1062, 2010.
  30. Gouilh, M. A., Puechmaille, S. J., Gonzalez J. P., Teeling, E., Kittayapong, P., Manuguerra, J.C., SARS- Coronavirus ancestor's foot-prints South-East Asian bat colonies and the refuge theory. *Infection, Genetics and Evolution*, 11:1690–1702, 2011.
  31. Cai, Y., Yu, S., Postnikova, E. N., et al., CD26/DPP4 cell-surface expression in bat cells correlates with bat cell susceptibility to Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) infection and evolution of persistent infection. *PLoS ONE*, 9(11):e112060, 2014.
  32. Gralinski, L. E., Menachery, V. D., Return of the Coronavirus: 2019-nCoV. *Viruses*, 12(2), 135, 2020.
  33. Lai, C. C., Shih, T. P., Ko, W. C., et al., Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-Cov-2) And Corona Virus Disease-2019 (COVID-19): The Epidemic And The Challenges. *Int J Antimicrob Agents*, 55(3):105924, 2020.
  34. Drexler, J. F., Corman, V.M., Drosten, C., Ecology, evolution and classification of bat coronaviruses in the aftermath of SARS. *Antiviral Research*, 101, 45–56, 2014
  35. Ge, X.Y., Wang, N., Zhang, W., et al., Coexistence of multiple coronaviruses in several bat colonies in an abandoned mineshaft. *Virologica Sinica*, 31(1), 31–40, 2016.
  36. Blehert, D. S., Hicks, A. C., Behr, M., Meteyer, C.U., et al. Bat white-nose syndrome: an emerging fungal pathogen? *Science*, 323, 227, 2009.
  37. Klimpel, S., and Melhorn, H., *Bats (Chiroptera) as Vectors of Diseases and Parasites. Facts and Myths*. (eds). Springer-Verlag: Berlin. 2014.
  38. Baker, M.L. and Zhou P., *Bat Immunology*. In: *Bats and viruses: a new frontier of emerging infectious diseases* edited by Lin-fa Wang and Christopher Cowled. (eds). John Wiley & Sons, Inc., pp: 327-342. 2015.
  39. Wang, L-F., and Cowled, C., *Bats and viruses: from pathogen discovery to host genomics*, John Wiley & Sons, New York. 2015.
  40. Erickson, R. A., Thogmartin, W. E., Diffendorfer, J. E., Russell, R. E., Szymanski, J. A., Effects of wind energy generation and white-nose syndrome on the viability of the Indiana bat. *PeerJ*, 4:e2830, 2016.
  41. Reddrop, C., Moldrich, R. X., Beart, P. M., Farso, M. et al., Vampire bat salivary plasminogen activator (desmoteplase) inhibits tissue-type plasminogen activator-induced potentiation of excitotoxic injury. *Stroke*, 36, 1241–1246, 2005.
  42. Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F., & Kunz, T. H. Economic importance of bats in agriculture. *Science*, 332, 41–42, 2011.
  43. Wu, Z., Yang, L., Ren, X. et al. Deciphering the bat virome catalog to better understand the ecological diversity of bat viruses and the bat origin of emerging infectious diseases. *ISME J(International Society for Microbial Ecology)*. 10, 609–620 (2016). <https://doi.org/10.1038/ismej.2015.138>

## Bats, viruses, emerging diseases and humans

Akmali V.

Department of Biology, Faculty of Science, University of Razi, Kermanshah, I.R. of Iran

### Abstract

This paper reviews the unique characteristics of bats, their important roles in providing ecosystem services, their viruses in relation to emerging diseases. Bats, as flying mammals, are the second largest order following rodents, with a wide variety (over 1400 identified species among 230 genera of 21 families in the world) due to their flying power and echolocation. Despite their importance as natural host reservoirs and providing ecosystem services, till relatively recently, bats have been among the least studied mammals. So far, over 200 viruses from 27 families isolated or identified among bats, some related fatal disease, including EBOLA, SARS, MERS, MARBURG and current COVID-19. It is hypothesized, perhaps, the flight evolution has exerted strong selective pressure on bats immune systems' and their viruses, through the fluctuations in metabolic rate and body temperature. Higher body temperatures in bats raises immune responses leading to fast replication of viruses; so while in humans and other mammals' body, with low or moderate immune responses, the same viruses could bring about fatal epidemics. However, bats are not to be blamed mediating the fatal diseases, rather mostly human misbehavior makes it possible to facilitate the spread of these diseases in different ways, such as destroying natural habitats, hunting, and handling them as pets, along with the planet population growth. At the last, disease like covid-19, could persist and may affect humans to adjust their behavior, supposedly, these adjustments easier than producing very expensive vaccines to cure viral disease! The current coronavirus pandemic is perhaps the first clear indisputable sign that environmental damages could kill humans reckless, too.

**Key words:** Bat, Echolocation, Coevolution, Coronaviruses, SARS, MERS, Covid-19, Marburg.