دوفصلنامهٔ علمی دانشجویی

دوهومن ۸

دوفصلنامهٔ علمی دانشجویی انجمن علمی دانشجویی دامپزشکی دانشگاه شیراز / سال هفتم، شمارهٔ هشتم، بهار و تابستان ۱۴۰۳

آرش در بلژیک!

داستان کشف «آرش ویروس»

مصاحبه با دکتر یوسفی

بیرون از گود

نیم‌نگاهی بر پیوند میان گونه‌ای

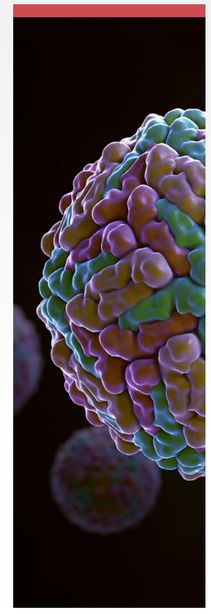
چالش‌ها و فرصت‌ها در زنوترنسپلنت

حلقهٔ گمشدهٔ زنجیر پژوهش آزمایشگاهی

نشانگان «تخمدان پلی کیستیک» در حیوانات آزمایشگاهی کوچک

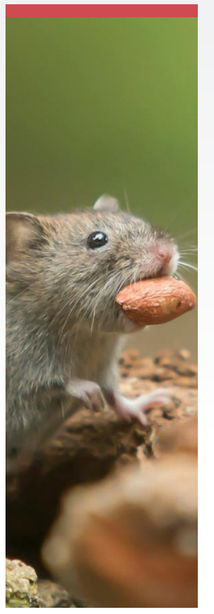
خون‌شناسی موش‌های آزمایشگاهی

فهرست مطالب



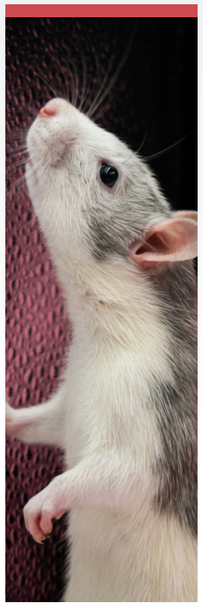
توپ پروتئینی چهل‌تکه، زیرپای موش آزمایشگاهی

۰۶



باکتری‌های مخوف پنهان در آزمایشگاه

۰۸

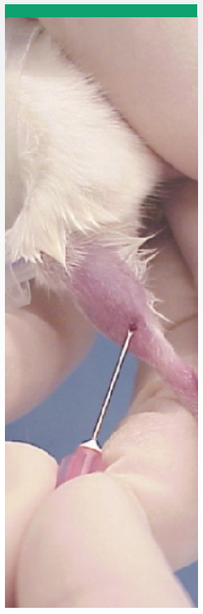


پشت صحنه علم: زندگی در آزمایشگاه‌های حیوانات

۱۲

حلقهٔ گمشدهٔ زنجیر پژوهش آزمایشگاهی

۱۴



آسیب‌شناسی بافت و کالبدگشایی در حیوانات آزمایشگاهی

۱۶

داستان کوتاه

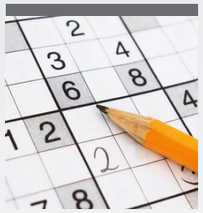
نور در تاریکی

۰۷

سرگرمی و مسابقه

جدول سودوکو ۹×۹

۱۵

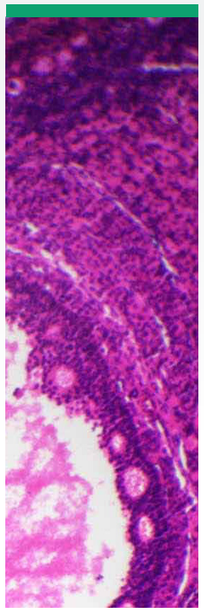


چندرسانه‌ای

بیماری‌های زئونوز

خون‌شناسی موش‌های آزمایشگاهی

۲۰



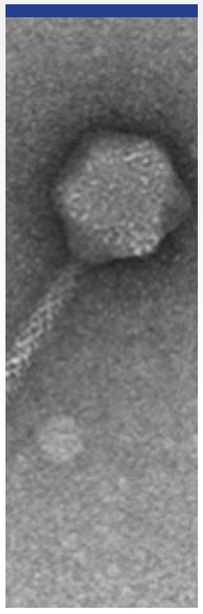
نشانگان «تخمدان پلی‌کیستیک» در حیوانات آزمایشگاهی

۲۲

نیم‌نگاهی بر پیوند میان‌گونه‌ای

لاماسو؛ موجودی افسانه‌ای با ظاهری منحصربه‌فرد که دارای سر انسان نماد خردمندی و هوش، تن گاو نشانه قدرت و بال‌های عقاب به نشانه‌ی آزادی است.

۲۳



آرش در بلژیک! مصاحبه با دکتر محمدهاشم یوسفی

۲۸

دوفصلنامهٔ علمی دانشجویی وهومن / سال هفتم، شمارهٔ هشتم / بهار و تابستان ۱۴۰۳

مدیر مسئول / سردبیران یاسمین خزان / یاسمین خزان، آرتین شیبانی

استاد مشاور انجمن علمی دکتر فاطمه نمازی

ویراستار فنی آرتین شیبانی

جلد و صفحه‌آرایی آرتین شیبانی

هیئت تحریریه

سید علی حسینی، زهرا محمدی، علیرضا صادق، سید علی سیدابراهیمی، محمدرضا اکبری، یاسمین خزان، تینا یعقوب‌پور، لعیا احمدی، آرین کریمی‌پور فرد، سید محمد علوی، پوریا الماسی، سید محمدحسین اکبرنژاد، آرتین شیبانی

با سپاس فراوان از

جناب آقای دکتر فارسی، مدیر کل مرکز حمایت از فعالیت‌های علمی دانشجویان دانشگاه شیراز

جناب آقای زارعیان، کارشناس مسئول خانهٔ نشریات دانشگاه شیراز

مشاوران علمی

دکتر حمیدرضا مرادی، دکتر سید فؤاد نوربخش، دکتر امیرعلی حیدری، دکتر سیده عالمه حسینیان، دکتر نوشین درخشنده، دکتر محسن قانع، دکتر زهرا نظیری، دکتر احسان رخشنده‌رو، دکتر نصراله احمدی، دکتر فاطمه نمازی، دکتر عبداله درخشنده، دکتر بهمن عبدی، دکتر آرش امیدی، دکتر سید مصطفی رضوی دینانی، دکتر مریم انصاری لاری، دکتر ابوتراب طباطبائی نائینی، دکتر ایمان معماریان

شناسنامهٔ نشریه

سخن سردبیر

/// آرتین شیبانی

سردبیر نشریهٔ وهومن

به نام آفریننده بی‌همتا و آفریدگان بی‌مثال

اینجا سخن از پیوند میان جان‌ها و اندیشه‌هاست، از زیستن در گستره‌ای که مرزهای گونه‌ها را در هم می‌شکند و هستی را در هم‌آوایی تازه‌ای می‌آفریند. هشتمین شماره از نشریه علمی دانشجویی «وهومن»، در دست‌های شماست، اثری که به همت انجمن علمی دانشجویی دامپزشکی فراهم آمده و در پرتوی دانش و پژوهش، آفاق نوینی را می‌گشاید.

این شماره را در مسیر بررسی ژرف حیوانات آزمایشگاهی پیموده‌ایم؛ از تاریخچه تا کارکرد، از حقوق تا مسئولیت‌ها، از حقیقت تا اخلاق. در این وادی، تلاش کرده‌ایم تا پرده از رازهای نهان این مخلوقات برداریم و آنان را نه به مثابه ابزاری بی‌جان، بلکه به عنوان موجوداتی با حق زیستن و ارزش‌های ذاتی بازشناسیم.

اما این همه ماجرا نیست؛ در این شماره به مرزهای پیچیده و شگرف پیوند میان‌گونه‌ای نیز پرداخته‌ایم. از رویاتا واقعیت، از علم تا خیال، از پیوند اعضا تا پیوند ژنتیک، در این راه به دنبال درک بهتر روابط میان گونه‌ها بوده‌ایم، روابطی که اگرچه در نگاه اول ناممکن به نظر می‌رسد، اما در دنیای امروز به واقعیت بدل شده و سوالات جدیدی را در عرصه علم و اخلاق مطرح می‌سازد.

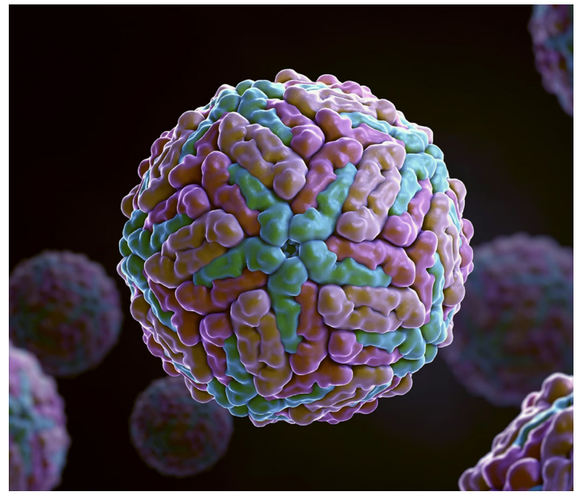
در این میان، برای غنای بیشتر محتوای نشریه، شش مطلب چندرسانه‌ای تدارک دیده‌ایم که خوانندگان عزیز می‌توانند با اسکن کدهای موجود در فهرست، به این محتواهای ناب دست یابند و در سفری میان واژگان و تصاویر، لذت کشف را دوچندان کنند.

باشد که این شماره نیز همچون شماره‌های پیشین، گامی کوچک در راه فهم بهتر جهان پیرامونمان و شناخت عمیق‌تر انسانیت در تمامی ابعاد آن باشد.

توپ پروتئینی چهل تکه، زیر پای موش آزمایشگاهی

استفاده از موش آزمایشگاهی در راستای پژوهش بر روی ویروس‌های عفونت‌زای انسانی

اولین شواهد مکتوب از استفاده حیوانات به عنوان مدل‌های آزمایشگاهی به حدود دو هزار و چهارصد سال پیش برمی‌گردد که نشان‌دهنده اهمیت حیوانات آزمایشگاهی برای انسان‌هاست. از طرفی شاید بتوان گفت بیماری‌های ویروسی جزو اولین بیماری‌های این کره خاکی هستند که حتی پس از سال‌های متمادی، هنوز هم برای برخی از آن‌ها درمانی وجود ندارد و انسان ناگزیر است از واکسن‌ها برای پیشگیری یا درمان‌های حمایتی برای جلوگیری از آثار و عوارض بیماری استفاده کند.



قبل از ورود به هر بحثی درباره بیماری‌های ویروسی حیوانات آزمایشگاهی، باید چند مورد را در نظر بگیریم:

- این عفونت‌ها به عنوان الگوهایی از بیماری‌های ویروسی در انسان مورد مطالعه قرار می‌گیرند.
- شناخت ضایعات و اثرات آن‌ها ضروری است، زیرا وقتی این بیماری‌ها در حیوانات آزمایشگاهی رخ می‌دهند، می‌توانند مسئول نتایج متناقض یا نادرستی باشند که آزمایش را بی‌ارزش می‌کند.
- از آنجایی که حیوانات برای روشن‌سازی جنبه‌های مختلف فیزیولوژی و بیماری انسان و برای جراحی‌های آزمایشی استفاده می‌شوند، باید بدانیم چگونه آن‌ها را در برابر عفونت‌های ویروسی محافظت کنیم. تنها با انجام این کار می‌توانیم از رنج، مرگ ناگهانی آن‌ها و هدررفت وقت و انرژی محققین جلوگیری کنیم.

به طور طبیعی، امکان مقابله با تمام عفونت‌های ویروسی حیوانات مورد استفاده در تدریس و تحقیقات در علوم زیستی وجود ندارد؛ چراکه تعداد زیادی گونه حیوانی مورد استفاده قرار می‌گیرند و تعداد زیادی ویروس از حیوانات آزمایشی جدا شده‌اند. به همین دلیل، در این متن فقط به عفونت‌های ویروسی‌ای که به طور معمول دیده می‌شوند و با ملاحظات بالا ارتباط دارند، پرداخته می‌شود.

در ایران، بیشترین استفاده از حیوانات آزمایشگاهی مربوط به موش‌های صحرایی و موش‌های سوری است. این حیوانات تکثیر سریع و بالایی دارند و برای صرفه‌جویی در وقت، مناسب‌تر از سایر گونه‌ها هستند. در این مقاله، سعی شده است که بیماری‌های مهم و مخرب این دو جاندار ذکر شود.

شاید کوچک‌ترین عامل بیماری‌زا

ویروس‌ها عوامل بسیار کوچکی هستند که صرفاً با وارد شدن به سلول میزبان می‌توانند تکثیر شوند و بقا پیدا کنند. ویروس‌ها حتی باکتری‌ها که خود به عنوان عوامل پاتوژن شناخته می‌شوند را نیز مورد تهاجم قرار می‌دهند. همچنین ویروس‌ها پرشمارترین ساختارهای بیولوژیکی در کره خاکی هستند. ویروس‌ها را می‌توان در سه گروه قرار داد:

- ویروس‌هایی که به عنوان یک مدل برای بیماری‌های انسان در حیوانات آزمایشگاهی استفاده می‌شوند.
- ویروس‌هایی که ممکن است با نتایج آزمایشگاهی تداخل ایجاد کنند.
- ویروس‌هایی که ممکن است باعث ایجاد آسیب یا تلفات در حیوانات آزمایشگاهی شوند.

بسیاری از بیماری‌های ویروسی حیوانات آزمایشگاهی می‌توانند به عنوان مدل‌های مفیدی برای مطالعه بیماری‌های انسانی استفاده شوند. اما در عین حال این بیماری‌ها می‌توانند مشکلاتی را در فرآیند آزمایش‌های علمی ایجاد کنند و حتی به سلامت انسان‌ها آسیب بزنند.

/// علی سیدابراهیمی
دانشجوی دکترای دامپزشکی
ورودی ۱۴۰۰، دانشگاه شیراز

منابع مورد استفاده در نوشتار

گروه اول: موش، الگوی بیماری

هرپس‌ویروس ۱ موشی

هرپس‌ویروس ۱ موشی (Murid herpesvirus 1) که به آن هرپس‌ویروس موشی نیز گفته می‌شود، یک ویروس دی‌ان‌ای دارای پوشش است که به طور طبیعی در موش‌های وحشی یافت می‌شود. این ویروس در موش‌های آزمایشگاهی نیز وجود دارد و می‌تواند باعث بیماری‌های تنفسی و عصبی شدید شود. این ویروس به طور گسترده در تحقیقات مربوط به سیستم عصبی مرکزی، سیستم ایمنی و سرطان استفاده می‌شود.

آدنوویروس‌ها

چندین آدنوویروس حیوانات پست‌تر پس از تزریق در همسترهای تازه متولد شده تومور ایجاد می‌کنند و از این نظر شبیه به انواع آدنوویروس‌های ۳، ۷، ۸ و ۳۱ انسان هستند. همچنین از موش‌های صحرایی و موش‌های سوری به عنوان مدلی برای بررسی آدنوویروس‌های انسانی استفاده می‌شود.

تومورها

تومورهای ناشی از ویروس‌ها در موش ممکن است به دو گروه گسترده تقسیم شوند: آن‌هایی که توسط ویروس پولیوما ایجاد شده‌اند و آن‌هایی که توسط ویروس‌هایی شبیه به ویروس‌های لوکوز مرغ ایجاد می‌شوند. بسیاری از این ویروس‌ها به طور طبیعی در کلونی‌های موش وجود دارند. ممکن است در صورت استفاده از موش‌ها برای بررسی ویروس‌های لوسمی انسان، به دلیل تداخل یا تحریک ویروس لوسمی پنهان در حیوان آزمایشگاهی، نتایج نادرستی به دست آید.

پولیوما ویروس موشی

شاید بتوان گفت این ویروس باعث افتخار ویروس‌هاست؛ چراکه اولین بار دانشمندان با این ویروس توانستند اختلال در چرخه‌های سلولی را درک کنند و به فرایندهای سرطانی شدن بافت پی ببرند. پولیوما ویروس موشی همان‌طور که از نامش مشخص است، در موش‌ها ایجاد بیماری می‌کند. لازم به ذکر است که با تحقیق روی این ویروس، پولیوما ویروس انسانی نیز کشف شد. در نوزادانی که نقص ایمنی اکتسابی یا مادرزادی دارند، این ویروس باعث عفونت‌های سیستمی و در اکثر موارد مرگ می‌شود؛ این در حالی است که در بالغین باعث ایجاد تومور در بافت‌های مختلف می‌شود. ویروس باعث ایجاد یک تومور سلول اپیتلیال پوست می‌شود و در مرکز کراتینه شده آن تومور به تکثیر می‌پردازد. در جمعیت‌هایی از موش‌ها که این بیماری گسترش دارد، به علت تغذیه نوزادان موش از شیر حاوی آنتی‌بادی مادری، عفونت سیستمی دیده نمی‌شود و علائم به صورت تحت بالینی، بدون تومور و با دفع مداوم ویروس از ادرار مشاهده می‌شود. این ویروس به عنوان الگویی برای بررسی سرطان‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

ویروس پنوموتروپیک موشی

نامی ناگوار برای ویروسی که باعث ایجاد سرطان نمی‌شود و در ابتدا به ریه حمله نمی‌کند اما به اندوتلیوم عروق تهاجم می‌برد و سپس باعث ایجاد ضایعات در ریه‌ها می‌شود. این ویروس در حیوانات جوان با ضعف سیستم ایمنی باعث خیز و خونریزی ریوی می‌شود.

پولیومای طبقه‌بندی نشده

این گروه از ویروس‌ها باعث بیماری‌های تنفسی در موش‌ها می‌شوند. با مشاهده ریه‌ها متوجه گنجیدگی‌هایی درون سلول‌های اندوتلیال تنفسی، ریه و غدد بزاقی می‌شویم.

گروه دوم: موش مختل‌کننده

ویروس‌های پنهان حیوانات آزمایشگاهی ممکن است تحت شرایط انجام آزمایش یا نگهداری فعال شوند. این ویروس‌ها ممکن است داده‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی را بی‌ارزش کنند یا برای آزمایشگر یا دستیاران او بیماری‌های خطرناکی ایجاد کنند.

ویروس کوریومننژیت لنفوسیتی

کوریومننژیت لنفوسیتی (LCM) یک عفونت طبیعی و بدون علامت در موش‌های خانگی وحشی است، اما این ویروس همچنین از میمون‌ها، سگ‌ها، خوکچه‌های هندی و انسان جدا شده است. همچنین عفونت ممکن است بدون علامت باشد یا خود را به صورت یک بیماری شبیه آنفولانزا، یا به طور نادر مننژیت یا منتژوانسفالومیلیت نشان دهد که ممکن است کشنده باشد. در کلونی‌های موش، ویروس ممکن است به صورت یک عفونت طولانی مدت با حداقل علائم و یا بدون هیچ علامتی باقی بماند. ویروس می‌تواند از حیوان به حیوان از طریق نیش کنه یا تماس مستقیم بین حیوانات گسترش یابد. عفونت ممکن است بر همسترهای تازه متولد شده از طریق انتقال عمودی از مادر تأثیر بگذارد و منجر به اختلالات قابل توجه رشد و مرگ و میر شود. ویروس می‌تواند در کلیه‌ها، غدد بزاقی و سایر اندام‌ها باقی بماند. حیوانات آلوده ممکن است ویروس را در طول عمر خود از طریق ادرار، بزاق و سایر ترشحات دفع کنند. LCM ممکن است به عنوان یک عامل مختل کننده در بسیاری از آزمایش‌ها دخالت کند و همچنین ممکن است یک خطر جدی برای انسان‌ها به شمار رود.

ویروس سندائی

این ویروس برای اولین بار از موش‌ها و هامسترها جدا شد و از آن به عنوان یک عامل احتمالی بیماری‌های تنفسی در جوندگان استفاده می‌شود. همچنین این ویروس به عنوان یکی از عوامل مخرب آزمایش‌های روی موش‌ها محسوب می‌شود و می‌تواند باعث انتقال نتایج اشتباه شود.

گروه سوم: ویروس‌های بیماری‌زا

در اینجا برخی از ویروس‌ها معرفی می‌شوند که باعث ایجاد عفونت‌های مشهود و گاهی مرگ در حیوانات آزمایشگاهی می‌شوند.

رئوویروس‌ها

ویروس‌های گروه رئو به عنوان مدلی برای عفونت‌های انسانی استفاده می‌شوند و در حیوانات آزمایشگاهی نیز بیماری‌زایی می‌کنند. این ویروس‌ها به عنوان مدلی برای مطالعه بیماری‌های گوارشی و تنفسی در انسان مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ویروس‌ها از طریق راه‌های مختلفی مانند تماس مستقیم، آب، و غذا قابل انتقال هستند.

ویروس اکترومیلیا

ویروس اکترومیلیا به عنوان یک عامل پاتوژن در موش‌ها مطرح است و می‌تواند باعث ایجاد ضایعات پوستی و مرگ در موش‌ها شود. این ویروس باعث کاهش وزن، ریزش مو و ضایعات پوستی در موش‌ها می‌شود و از طریق تماس مستقیم بین حیوانات انتقال می‌یابد.

ویروس افزایش‌دهندهٔ لاکتات دهیدروژناز

این ویروس باعث افزایش سطح آنزیم لاکتات دهیدروژناز در خون موش‌ها می‌شود و می‌تواند بر نتایج آزمایش‌ها تأثیر منفی بگذارد. این ویروس ممکن است باعث ایجاد عفونت‌های مزمن در موش‌ها شود و بر سیستم ایمنی آن‌ها تأثیر بگذارد.

نتیجه‌گیری

بسیاری از بیماری‌های ویروسی حیوانات آزمایشگاهی می‌توانند به عنوان مدل‌های مفیدی برای مطالعه بیماری‌های انسانی استفاده شوند. اما در عین حال این بیماری‌ها می‌توانند مشکلاتی را در فرآیند آزمایش‌های علمی ایجاد کنند و حتی به سلامت انسان‌ها آسیب بزنند. لذا شناخت و کنترل این بیماری‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

داستان کوتاه

نوری در تاریکی

/// محمدرضا اکبری
دانشجوی دکترای دامپزشکی

در دل یک آزمایشگاه وسیع و غرق در سکوت، جایی که فقط صدای دستگاه‌ها و قدم‌های بی‌روح انسان‌ها به گوش می‌رسید، موشی کوچک به نام «لئو» در قفسی سرد و بی‌روح زندگی می‌کرد. این قفس، جهانی کوچک و محدود بود که از همان لحظه‌ای که لئو چشم گشوده بود، تنها دنیایی بود که می‌شناخت. میله‌های فلزی و زنگ‌زده، پوشالی خشن و چند قطعه غذای خشک؛ همه چیز همین بود. اما در قلب کوچک و بی‌قرار لئو، نوری می‌درخشید که او را از دیگران متمایز می‌کرد؛ نوری که از رؤیای آزادی، از امید به دنیایی فراتر از این زندان سرد سرچشمه می‌گرفت.

هر روز، لئو به آسمان خیره می‌شد؛ آسمانی که از پشت دیوارهای بسته‌ی قفسش تنها یک لکه‌ی کمرنگ و دوردست بود. او به آن فکر می‌کرد، به جهانی که شاید جایی در آن، آزادی و زندگی دیگری انتظارش را می‌کشید. اما هر بار که صدای قدم‌های سرد و سنگین در راهرو پیچیده می‌شد، او به خود یادآوری می‌کرد که این آزادی چقدر دور و ناممکن است.

روزی صدای قدم‌هایی آشنا و در عین حال ناآشنا او را از افکارش بیرون کشید. مارک، همان دانشمندی که همیشه او را به آزمایش می‌برد، وارد شد. اما این بار، مرد دیگری با او بود. مردی با روپوش سفید، عینکی بزرگ، و چشمانی سرد و بی‌روح. نگاه آن مرد در لئو نفوذ کرد و لرزشی سرد در وجودش برانگیخت. چیزی در دست آن مرد بود، شیشه‌ای کوچک با مایعی مرموز. لئو حس کرد که این بار قرار است چیزی متفاوت رخ دهد، چیزی که می‌تواند برای همیشه زندگی‌اش را تغییر دهد.

لئو به گوشه‌ی قفس خود خزید، چنگ‌های کوچک و ظریفش را به میله‌ها فرو برد و نفس‌های کوتاه و تندش را کنترل کرد. در ذهنش هزاران فکر می‌چرخید، هزاران سؤال بی‌پاسخ و هزاران ترس پنهان. آیا این همان لحظه‌ی آخر است؟ آیا این بار، وقتی که سوزن به بدنم فرو برود، دیگر بازگشتی در کار نخواهد بود؟ اما پیش از آنکه بتواند پاسخی برای ترس‌هایش بیابد، مرد سفیدپوش قفس را باز کرد و او را با دست‌های سنگین و زبرش گرفت. زمان برای لئو متوقف شد؛ قلبش تندتر از همیشه می‌تپید و هر ضربان، ضربه‌ای از امید و ناامیدی را درونش پخش می‌کرد. مرد، سوزن را با دقت به شیشه وصل کرد و آن را به سمت لئو آورد.

"چرا؟" این سؤال مثل خنجری در ذهن لئو فرو رفت. چرا من؟ چرا این آزمایش‌ها؟ چرا باید در این قفس به دنیا بیایم و در همین جا بمیرم؟ آیا زندگی من چیزی بیشتر از این درد و رنج نیست؟ آیا آزادی و نور در این دنیا تنها یک رؤیا است؟"

او با یک حرکت سریع و از سر خشم، دندان‌هایش را در انگشت مرد فرو برد. این آخرین باری بود که می‌توانست کاری کند. اما مرد او را محکم نگه داشت و بدون هیچ تردیدی، سوزن را در بدنش فرو برد. لئو احساس کرد که به خواب عمیقی فرو می‌رود، اما پیش از آنکه تاریکی بر او چیره شود، صدایی از درونش برخاست: "شاید این پایان نباشد. شاید هنوز هم راهی باشد، نوری در این تاریکی..."

وقتی لئو بیدار شد، خودش را دوباره در قفس یافت. درد و ضعف تمام بدنش را فراگرفته بود، اما او زنده بود. به اطراف نگاه کرد؛ دیوارهای سرد و سخت، ابزارهای فلزی که در نور سرد آزمایشگاه می‌درخشیدند، و چهره‌های بی‌احساس. همه چیز مثل قبل بود، اما چیزی در درون لئو تغییر کرده بود. او فهمید که حتی در این دنیای بسته و تاریک، هنوز چیزی برای جستجو و یافتن وجود دارد.

"آیا این نور فقط درون من است؟" لئو از خودش پرسید. "یا شاید جایی بیرون از این قفس، جایی که هنوز آن را ندیده‌ام، نوری منتظر من باشد؟"

لئو از آن روز به بعد با چشم‌های بازتری به دنیا نگاه کرد. شاید هرگز نتواند از این قفس بیرون برود، شاید هرگز نور آزادی را نبیند، اما او یاد گرفته بود که حتی در تاریک‌ترین لحظات، هنوز می‌توان به دنبال نور بود. این امید، این جستجو، چیزی بود که هیچکس نمی‌توانست از او بگیرد.

باکتری‌های مخوف پنهان در آزمایشگاه

از بیماری «دم‌خیس» در همسترها تا سل در میمون‌ها، باکتری‌ها آماده‌اند تا قربانی بگیرند!

پیشگیری از عفونت بامایکوپلاسما
پولمونیس از طریق بهبود شرایط بهداشتی، قرنطینه حیوانات جدید و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی از منابع معتبر و بدون عفونت امکان‌پذیر است.

موش و موش صحرایی

اشریشیا کُلای

ای. کُلای یکی از باکتری‌های روده‌ای مهم و متنوع است که می‌تواند به‌عنوان یک پاتوژن در حیوانات آزمایشگاهی عمل کند. در موش‌ها و موش‌های صحرایی، ای. کُلای می‌تواند باعث گاستروانتریت و عفونت‌های سیستمیک شود. بیماری‌های ناشی از ای. کُلای معمولاً با علائمی مانند اسهال، کاهش وزن، بی‌حالی و در موارد شدید، مرگ همراه هستند. ای. کُلای معمولاً از طریق مدفوع آلوده، آب یا غذای آلوده منتقل می‌شود و می‌تواند به‌سرعت در شرایط نامناسب بهداشتی شیوع پیدا کند. تحقیقات نشان می‌دهد که تشخیص سریع و مدیریت بهداشتی صحیح می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی شیوع این باکتری را کاهش دهد. برای تشخیص ای. کُلای در حیوانات آزمایشگاهی، استفاده از تکنیک‌های مولکولی مانند PCR و کشت باکتریایی از نمونه‌های مدفوعی معمول است. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که برخی سویه‌های ای. کُلای دارای ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک هستند که این مسئله می‌تواند درمان را پیچیده‌تر کند. بنابراین، انتخاب مناسب‌ترین آنتی‌بیوتیک بر اساس نتایج آنتی‌بیوگرام بسیار مهم است. علاوه بر این، بهبود شرایط بهداشتی و استفاده از پروتکل‌های دقیق تمیزکاری در تسهیلات نگهداری حیوانات آزمایشگاهی می‌تواند از بروز و شیوع عفونت‌های ای. کُلای جلوگیری کند.

سالمونلاها

باکتری‌های سالمونلا از جمله پاتوژن‌های مهم در حیوانات آزمایشگاهی هستند که می‌توانند باعث ایجاد بیماری‌های گوارشی و سیستمیک شوند. در موش‌ها، خرگوش‌ها و خوکچه‌های هندی، سالمونلاها عموماً منجر به گاستروانتریت، اسهال شدید، کاهش وزن، کم‌آبی بدن، و در موارد شدید، سپسیس و مرگ می‌شود. عفونت با این باکتری‌ها معمولاً از طریق مصرف غذای آلوده یا تماس با مدفوع حیوانات آلوده رخ می‌دهد. علاوه بر علائم بالینی واضح، عفونت‌های تحت بالینی نیز می‌توانند رخ دهند که در آن حیوانات حامل باکتری بدون نشان دادن علائم بالینی هستند، اما همچنان می‌توانند منبع عفونت برای سایر حیوانات باشند. تشخیص عفونت‌های سالمونلایی معمولاً با استفاده از کشت باکتریایی نمونه‌های مدفوع، خون یا بافت‌های آلوده انجام می‌شود. تکنیک‌های مولکولی مانند PCR نیز می‌توانند برای تشخیص سریع و دقیق استفاده شوند. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که برخی سویه‌های سالمونلاها مقاوم به آنتی‌بیوتیک هستند

که این مسئله درمان را چالش‌برانگیزتر می‌کند. بنابراین، انتخاب مناسب‌ترین آنتی‌بیوتیک بر اساس نتایج آنتی‌بیوگرام ضروری است. علاوه بر این، اقدامات بهداشتی مناسب و کنترل محیطی دقیق می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی شیوع این باکتری را کاهش دهد. به‌عنوان مثال، استفاده از پروتکل‌های دقیق ضدعفونی و جلوگیری از تماس حیوانات با مواد غذایی و آب آلوده از جمله روش‌های مؤثر پیشگیری هستند.

مایکوپلاسما پولمونیس

مایکوپلاسما پولمونیس یک پاتوژن باکتریایی شایع است که به‌طور عمده باعث بیماری‌های تنفسی در موش‌ها و موش‌های صحرایی آزمایشگاهی می‌شود. این باکتری مسئول بیماری‌های تنفسی مزمن (CRD) است که با علائمی نظیر عطسه، ترشحات بینی، سختی تنفس، کاهش وزن و کاهش فعالیت همراه است. عفونت‌های ناشی از مایکوپلاسما پولمونیس می‌توانند منجر به التهاب مزمن ریه، برونشیت و پنومونی شوند. انتقال این باکتری معمولاً از طریق تماس مستقیم بین حیوانات یا انتقال هوازی صورت می‌گیرد. بیماری‌های تنفسی ناشی از مایکوپلاسما پولمونیس نه تنها باعث ناراحتی و کاهش سلامت حیوانات می‌شود، بلکه می‌تواند نتایج تحقیقات علمی را نیز تحت تأثیر قرار دهد و اعتبار آن‌ها را کاهش دهد. تشخیص مایکوپلاسما پولمونیس به روش‌های مختلفی از جمله کشت باکتری، واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR)، و آزمایش‌های سرولوژیکی انجام می‌شود.

درمان این عفونت‌ها چالش‌برانگیز است، زیرا مایکوپلاسما پولمونیس نسبت به بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌ها مقاوم است. تتراسایکلین‌ها و ماکرولیدها معمولاً به‌عنوان درمان انتخابی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما کنترل کامل عفونت معمولاً دشوار است و ممکن است نیاز به دوره‌های طولانی درمان باشد. پیشگیری از عفونت با مایکوپلاسما پولمونیس از طریق بهبود شرایط بهداشتی، قرنطینه حیوانات جدید و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی از منابع معتبر و بدون عفونت امکان‌پذیر است. کنترل مؤثر این بیماری به بهبود سلامت حیوانات آزمایشگاهی و اعتبار نتایج پژوهشی کمک شایانی می‌کند.

بیماری‌های باکتریایی در حیوانات آزمایشگاهی نقش حیاتی در پژوهش‌های علمی و پزشکی ایفا می‌کنند. این حیوانات به‌عنوان مدل‌های زنده برای مطالعه بیماری‌ها، داروسازی و تست‌های پیش‌بالینی استفاده می‌شوند. درک بیماری‌های باکتریایی و کنترل آن‌ها برای حفظ سلامت و اعتبار پژوهش‌ها ضروری است. هدف از این بررسی، نگاهی جامع به بیماری‌های باکتریایی شایع در حیوانات آزمایشگاهی و ارائه راهکارهایی برای تشخیص، پیشگیری و درمان آن‌ها است. حیوانات آزمایشگاهی معمول شامل موش‌ها، موش‌های صحرایی، خرگوش‌ها، خوکچه‌های هندی و برخی حیوانات دیگر نظیر همسترها و میمون‌ها هستند. هر یک از این حیوانات دارای ویژگی‌ها و کاربردهای خاص خود در تحقیقات علمی می‌باشند. حیوانات آزمایشگاهی به‌عنوان مدل‌های بیولوژیکی برای مطالعه فرآیندهای بیماری، تأثیر داروها و مکانیزم‌های ژنتیکی به کار می‌روند. بدون استفاده از این حیوانات، پیشرفت‌های علمی و پزشکی بسیاری امکان‌پذیر نبود. بیماری‌های باکتریایی به‌وسیله باکتری‌های بیماری‌زا ایجاد می‌شوند و می‌توانند بر اساس محل عفونت، نوع باکتری و شدت علائم طبقه‌بندی شوند. تشخیص زودهنگام و کنترل بیماری‌های باکتریایی برای جلوگیری از شیوع و حفظ سلامت حیوانات آزمایشگاهی و دقت پژوهش‌ها ضروری است.

/// علیرضا صادق
دانشجوی دکترای دامپزشکی
ورودی ۱۴۰۰، دانشگاه شیراز

خرگوش

پاستورلا مولتوسیدا

پاستورلا مولتوسیدا یک باکتری گرم منفی است که در حیوانات آزمایشگاهی، به‌ویژه خرگوش‌ها، می‌تواند باعث عفونت‌های تنفسی و سیستمیک جدی شود. این باکتری عامل بیماری «پاستورلوز» است که با علائمی نظیر رینیت (التهاب بینی)، برونشیت، پنومونی و در موارد شدید، سپتیسمی (عفونت خون) همراه است. در خرگوش‌ها، پاستورلوز می‌تواند به صورت حاد یا مزمن بروز کند. علائم شامل عطسه، ترشحات بینی، التهاب چشم‌ها و مشکلات تنفسی است. این باکتری همچنین می‌تواند باعث آبسه‌ها و عفونت‌های دیگر در بدن شود. انتقال پاستورلا مولتوسیدا از طریق تماس مستقیم بین حیوانات، ذرات معلق در هوا و حتی نیش حشرات ممکن است. خرگوش‌های مبتلا به استرس یا بیماری‌های دیگر بیشتر در معرض خطر عفونت قرار دارند که این مسئله می‌تواند به تضعیف سیستم ایمنی و افزایش حساسیت به عفونت‌ها منجر شود.

تشخیص باکتری پاستورلا مولتوسیدا در حیوانات آزمایشگاهی با استفاده از کشت باکتریایی و تست‌های مولکولی مانند PCR انجام می‌شود. کشت نمونه‌های اخذ شده از ترشحات بینی یا بافت‌های آلوده به تشخیص دقیق کمک می‌کند. درمان این عفونت معمولاً شامل استفاده از آنتی‌بیوتیک‌هایی مانند تتراسایکلین، پنی‌سیلین و فلوروکینولون‌ها است، اما موفقیت درمان به حساسیت باکتری به آنتی‌بیوتیک‌های مورد استفاده بستگی دارد. پیشگیری از عفونت پاستورلا مولتوسیدا با اعمال استانداردهای بهداشتی دقیق، قرنطینه حیوانات جدید و کاهش استرس در حیوانات امکان‌پذیر است. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که واکسیناسیون می‌تواند به کاهش شیوع بیماری کمک کند، اما همچنان اقدامات بهداشتی اساسی و مراقبت‌های مستمر برای کنترل بیماری ضروری است.

بوردتلا برونشی‌سپتیکا

بوردتلا برونشی‌سپتیکا یک باکتری گرم منفی است که به عنوان عامل مهم عفونت‌های تنفسی در حیوانات آزمایشگاهی، به‌ویژه خرگوش‌ها، خوکچه‌های هندی و موش‌ها شناخته می‌شود. این باکتری معمولاً باعث بروز برونشیت، پنومونی و در موارد شدید، سپتیسمی می‌شود. علائم بالینی شامل عطسه، سرفه، ترشحات بینی، تنگی نفس، کاهش وزن و بی‌حالی است. بوردتلا برونشی‌سپتیکا به‌ویژه در خرگوش‌ها باعث بیماری معروف به «رینوپنومونیت» می‌شود که می‌تواند به عفونت‌های مزمن و عوارض جدی منجر شود. این باکتری از طریق تماس مستقیم بین حیوانات، ذرات معلق در هوا و حتی از طریق تجهیزات آلوده منتقل می‌شود. حیوانات جوان و آن‌هایی که سیستم ایمنی ضعیفی دارند، بیشتر در معرض خطر عفونت هستند.

تشخیص عفونت ناشی از بوردتلا برونشی‌سپتیکا از طریق کشت باکتریایی نمونه‌های ترشحات بینی یا بافت‌های ریه و همچنین تست‌های مولکولی مانند PCR انجام می‌شود. درمان عفونت‌های ناشی از این باکتری شامل استفاده از آنتی‌بیوتیک‌هایی مانند تتراسایکلین‌ها، آزیترومایسین و فلوروکینولون‌ها است. با این حال، مقاومت آنتی‌بیوتیکی ممکن است چالش‌هایی در درمان ایجاد کند؛ بنابراین تست حساسیت آنتی‌بیوتیکی قبل از شروع درمان توصیه می‌شود. پیشگیری از عفونت‌های بوردتلا برونشی‌سپتیکا شامل اجرای پروتکل‌های بهداشتی دقیق، قرنطینه حیوانات جدید و استفاده از واکسن‌های مناسب است. تحقیقات نشان می‌دهد که حفظ شرایط بهداشتی مناسب و کاهش استرس در حیوانات آزمایشگاهی می‌تواند به طور قابل توجهی خطر بروز و شیوع عفونت‌های ناشی از بوردتلا برونشی‌سپتیکا را کاهش دهد.

خرگوش‌های مبتلا به استرس یا بیماری‌های دیگر بیشتر در معرض خطر عفونت قرار دارند که این مسئله می‌تواند به تضعیف سیستم ایمنی و افزایش حساسیت به عفونت‌ها منجر شود.

منابع مورد استفاده در نوشتار

خوکچهٔ هندی

استرپتوکوکوس نومونیه

استرپتوکوکوس نومونیه یک باکتری گرم مثبت است که به عنوان عامل مهم عفونت‌های تنفسی و سیستمیک در حیوانات آزمایشگاهی، به‌ویژه خوکچه‌های هندی، شناخته می‌شود. این باکتری می‌تواند باعث بیماری‌هایی مانند پنومونی، منتژیت، سپتیسمی و عفونت‌های گوش میانی شود. علائم بالینی در خوکچه‌های هندی شامل عطسه، ترشحات بینی، سختی تنفس، تب، بی‌حالی و در موارد شدید، علائم عصبی ناشی از منتژیت است. عفونت معمولاً از طریق تماس مستقیم با ترشحات آلوده یا به‌صورت هوازی انتقال می‌یابد. خوکچه‌های هندی مبتلا به دلیل ساختار آناتومیکی خاص خود و سیستم ایمنی نسبتاً ضعیف، به‌ویژه در برابر این عفونت‌ها آسیب‌پذیر هستند.

تشخیص عفونت ناشی از استرپتوکوکوس نومونیه در حیوانات آزمایشگاهی با استفاده از کشت باکتریایی نمونه‌های گرفته شده از ترشحات تنفسی، خون یا مایعات مغزی-نخاعی (در موارد منتژیت) و تکنیک‌های مولکولی مانند PCR انجام می‌شود. درمان این عفونت‌ها معمولاً شامل استفاده از آنتی‌بیوتیک‌هایی مانند پنی‌سیلین‌ها، ماکرولیدها و فلوروکینولون‌ها است. با این حال، ظهور سویه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک چالش‌هایی را در درمان ایجاد کرده است؛ بنابراین انجام تست حساسیت آنتی‌بیوتیکی قبل از شروع درمان ضروری است. برای پیشگیری از عفونت‌های استرپتوکوکوس نومونیه، حفظ شرایط بهداشتی مناسب، قرنطینه حیوانات جدید و واکسیناسیون می‌تواند مؤثر باشد. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از واکسن‌های پنوموکوک در حیوانات آزمایشگاهی می‌تواند به کاهش بروز و شدت عفونت‌ها کمک کند.

سالمونلاها

سالمونلزیس در خوکچه‌های هندی، یک عفونت باکتریایی ناشی از باکتری‌های سالمونلاها است که می‌تواند در آزمایشگاه‌ها و محیط‌های نگهداری حیوانات رخ دهد. این عفونت عمدتاً از طریق مصرف غذا و آب آلوده به مدفوع، ادرار و مواد بستر آلوده منتقل می‌شود و همچنین می‌تواند از طریق تماس مستقیم با خوکچه‌های هندی آلوده یا جوندگان وحشی که حامل باکتری هستند، گسترش یابد. خوکچه‌های هندی مبتلا به سالمونلوزیس ممکن است علائمی مانند کاهش اشتها، کاهش وزن، افسردگی، بزرگ شدن طحال و کبد، التهاب چشم، تب، کم‌آبی بدن، موهای خشن و بدن پژمرده نشان دهند. برخی از عوامل می‌توانند خطر ابتلا به سالمونلوزیس را افزایش دهند، از جمله سن (جوان‌ترها و مسن‌ترها بیشتر در معرض خطر هستند)، استرس (مثل استرس ناشی از تغییرات در محیط زندگی یا دوره‌های بارداری)، و وضعیت‌های ضعف سیستم ایمنی.

تشخیص سالمونلوزیس نیاز به تاریخچه پزشکی کامل خوکچه دارد و انجام آزمایش‌های خون، ادرار و کشت مدفوع برای شناسایی باکتری مورد نظر ضروری است. نمونه‌های مدفوع جمع‌آوری شده و در آزمایشگاه کشت داده می‌شوند تا باکتری مسئول عفونت شناسایی شود. درمان سالمونلوزیس در خوکچه‌های هندی معمولاً شامل درمان حمایتی با مایعات و مکمل‌های الکترولیت است و در برخی موارد از آنتی‌بیوتیک‌های طیف گسترده برای مقابله با عفونت‌های باکتریایی فرصت‌طلب استفاده می‌شود. اما در موارد شدید، درمان ممکن است به تنهایی کافی نباشد و نیاز به تدابیر شدیدتری داشته باشد. برای پیشگیری از گسترش عفونت، خوکچه‌های آلوده باید از دیگران جدا شوند و محیط نگهداری آن‌ها باید به دقت تمیز و ضدعفونی شود. همچنین، از تماس مستقیم با جوندگان وحشی باید پرهیز شود و غذاهای تازه باید به دقت شسته شوند. سالمونلوزیس دارای پتانسیل زئونوتیک (انتقال به انسان) است، بنابراین احتیاط‌های لازم برای جلوگیری از انتقال عفونت به انسان‌ها نیز باید رعایت شود.

خوکچه‌های هندی مبتلا به سالمونلوزیس ممکن است علائمی مانند کاهش اشتها، کاهش وزن، افسردگی، بزرگ شدن طحال و کبد، التهاب چشم، تب، کم‌آبی بدن، موهای خشن و بدن پژمرده نشان دهند.

دم خیس

این بیماری که به «دم خیس» نیز معروف است، مهم‌ترین بیماری روده‌ای در همسترهای جوان ۳ تا ۱۰ هفته‌ای است. این بیماری توسط باکتری لاسونیا اینتراسلولاریس ایجاد می‌شود و با علائمی مانند اسهال شدید و مرگ‌ومیر بالا همراه است. درمان شامل استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها، تأمین الکترولیت‌ها و آبرسانی به حیوان است.

عفونت‌های کلستریدیایی

عفونت‌های ناشی از کلستریدیوم دفیسیل و کلستریدیوم پیلی‌فرم می‌توانند باعث ایجاد اسهال شدید و مرگ در همسترها شوند. این عفونت‌ها معمولاً پس از استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های خاص رخ می‌دهند و با علائمی مانند اسهال، کاهش وزن و مرگ ناگهانی همراه هستند.

عفونت‌های استرپتوکوکی

استرپتوکوک می‌تواند باعث ایجاد عفونت‌های تنفسی و پنومونی در همسترها شود. این عفونت‌ها معمولاً در شرایط استرس‌زا یا تغییرات ناگهانی محیطی مانند تغییرات دمایی رخ می‌دهند و با علائمی مانند ترشح از بینی، سختی در تنفس و بی‌حالی همراه هستند.

پنومونی

پنومونی در همسترها نادر است اما می‌تواند توسط باکتری‌هایی مانند استرپتوکوکوس نومونیه، کلبسیلا نومونیه و بوردتلا ایجاد شود. این بیماری با علائمی مانند ترشح چرک یا موکوس از بینی، کاهش اشتها و بی‌حالی همراه است و در موارد شدید منجر به مرگ می‌شود.

بیماری تایزر

این بیماری توسط کلستریدیوم پیلی‌فرم ایجاد می‌شود و بیشتر در شرایط استرس‌زا مانند ازدحام جمعیت، دمای بالا و رطوبت زیاد بروز می‌کند. علائم شامل اسهال، کاهش وزن و مرگ ناگهانی است.

آبسه‌های پوستی

آبسه‌ها ناشی از عفونت‌های باکتریایی زخم‌های پوستی هستند که معمولاً در نتیجه نزاع بین همسترها یا آسیب‌های ناشی از اشیاء تیز در قفس ایجاد می‌شوند. این عفونت‌ها معمولاً با تخلیه چرک و استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها درمان می‌شوند.

میمون

بیماری‌های باکتریایی میمون‌ها در آزمایشگاه‌ها موضوعی مهم در زمینه تحقیقاتی و بهداشتی است. میمون‌ها به عنوان مدل‌های آزمایشگاهی برای مطالعهٔ بیماری‌های انسانی استفاده می‌شوند، اما آن‌ها نیز به بیماری‌های خاص خود مبتلا می‌شوند که می‌توانند تأثیرات منفی بر تحقیقات داشته باشند و حتی به انسان‌ها منتقل شوند. در اینجا به چند بیماری باکتریایی مهم در میمون‌های آزمایشگاهی اشاره می‌کنیم.

سل

عامل بیماری، مایکوباکتریوم توبرکلوسیس است. سل یکی از بیماری‌های مهم و مسری در میمون‌ها است که می‌تواند به انسان‌ها نیز منتقل شود. علائم بیماری در میمون‌ها شامل کاهش وزن، ضعف عمومی و سرفه‌های مزمن است. تشخیص این بیماری نیاز به آزمایش‌های ویژه‌ای مانند تست پوست و تصویربرداری از قفسه سینه دارد.

شیگلوز

عامل بیماری، باکتری‌های جنس شیگلا است. این بیماری باعث اسهال خونی، دردهای شکمی و تب در میمون‌ها می‌شود. انتقال این بیماری از طریق آب یا غذای آلوده صورت می‌گیرد و می‌تواند به سرعت در محیط آزمایشگاه گسترش یابد. درمان شامل استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و مدیریت بهداشتی مناسب است.

کمپیلوباکتریوز

عامل بیماری، کمپیلوباکتر ژژنی است. این بیماری با علائمی نظیر اسهال، دردهای شکمی و تب همراه است. میمون‌های آلوده می‌توانند منبع انتقال بیماری به سایر حیوانات و انسان‌ها باشند. کنترل این بیماری شامل رعایت دقیق بهداشت و استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها است.

لیستریوز

عامل بیماری، لیستریا مونوسایتوژنز است. این بیماری می‌تواند باعث منتژیت، انسفالیت و عفونت‌های سیستمیک در میمون‌ها شود. علائم شامل تب، سردرد، گرفتگی عضلات و تشنج است. این بیماری به علت مصرف غذای آلوده رخ می‌دهد و پیشگیری از آن نیازمند رعایت استانداردهای بهداشتی در تهیه و نگهداری غذا است.

عفونت‌های استافیلوکوکی

عامل بیماری، استافیلوکوکوس اورئوس است. این باکتری می‌تواند باعث عفونت‌های پوستی، آبسه‌ها و حتی عفونت‌های سیستمیک در میمون‌ها شود. درمان شامل استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و جراحی برای تخلیه آبسه‌ها است.

میمون‌ها به عنوان مدل‌های آزمایشگاهی برای مطالعهٔ بیماری‌های انسانی استفاده می‌شوند، اما آن‌ها نیز به بیماری‌های خاص خود مبتلا می‌شوند که می‌توانند تأثیرات منفی بر تحقیقات داشته باشند و حتی به انسان‌ها منتقل شوند.

آزمون‌های آزمایشگاهی

شامل بررسی نمونه‌های خون، مدفوع، ادرار و بافت‌های مختلف برای شناسایی میکروارگانیسم‌ها، آنتی‌بادی‌ها یا نشانگرهای بیماری است. این آزمایش‌ها ممکن است شامل تست‌های میکروبیولوژیک، سرولوژیک و مولکولی باشد.

تصویربرداری پزشکی

استفاده از روش‌هایی مانند رادیوگرافی، سونوگرافی و MRI برای شناسایی تغییرات داخلی بدن حیوانات که ممکن است ناشی از بیماری باشد.

آزمایش‌های ژنتیکی

استفاده از PCR و توالی‌یابی برای شناسایی عوامل عفونی یا تغییرات ژنتیکی مرتبط با بیماری‌ها.

روش‌های پیشگیری

قرنطینه و نظارت

قرار دادن حیوانات جدید در قرنطینه و بررسی مداوم آن‌ها برای اطمینان از عدم وجود بیماری پیش از معرفی به سایر حیوانات.

رعایت اصول بهداشتی

استفاده از تجهیزات و وسایل مصرفی استریل، شستشوی منظم دست‌ها، و رعایت بهداشت محیطی برای جلوگیری از انتقال بیماری‌ها.

واکسن‌ها

استفاده از واکسن‌ها برای پیشگیری از بیماری‌های خاص در حیوانات آزمایشگاهی.

برنامه‌های مراقبت و کنترل

تدوین و اجرای برنامه‌های جامع برای نظارت بر وضعیت سلامت حیوانات و کنترل شیوع بیماری‌ها. این برنامه‌ها شامل آموزش کارکنان، مدیریت محیطی و استفاده از داروهای پروفیلاکتیک می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بیماری‌های باکتریایی در حیوانات آزمایشگاهی نه تنها بر سلامت و رفاه این حیوانات تأثیر می‌گذارند، بلکه می‌توانند نتایج پژوهش‌های علمی را نیز تحت تأثیر قرار دهند؛ بنابراین، شناسایی، پیشگیری و کنترل این بیماری‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. اقدامات بهداشتی مناسب، پایش مداوم و استفاده از روش‌های ضدعفونی کننده، ابزارهای مؤثری برای کاهش شیوع بیماری‌های باکتریایی هستند. علاوه بر این، تحقیقات بیشتر در زمینه شناسایی عوامل باکتریایی جدید و توسعه واکسن‌ها و درمان‌های مؤثر می‌تواند به بهبود وضعیت سلامت حیوانات آزمایشگاهی و افزایش دقت و قابلیت اعتماد نتایج پژوهشی کمک کند. در نهایت، همکاری بین‌المللی و تبادل اطلاعات میان مراکز پژوهشی می‌تواند در بهبود راهبردهای مدیریت و کنترل بیماری‌های باکتریایی در حیوانات آزمایشگاهی مؤثر باشد.

اهمیت شناسایی بیماری‌ها

شناسایی بیماری‌های حیوانات آزمایشگاهی مهم است؛ زیرا این بیماری‌ها می‌توانند بر نتایج تحقیقات علمی تأثیر بگذارند، سلامت انسان‌ها را به خطر بیندازند و رفاه حیوانات را تحت تأثیر قرار دهند.

حفظ دقت علمی

وجود بیماری‌ها در حیوانات آزمایشگاهی می‌تواند باعث تغییرات بیولوژیکی شود که نتایج تحقیقات را غیرقابل اطمینان می‌کند. برای مثال، بیماری‌های مزمن می‌توانند پاسخ‌های ایمنی را تغییر دهند یا متابولیسم حیوانات را تحت تأثیر قرار دهند.

سلامت انسان‌ها

برخی از بیماری‌های حیوانات آزمایشگاهی زئونوز هستند و می‌توانند به انسان‌ها منتقل شوند. شناسایی و کنترل این بیماری‌ها از شیوع آن‌ها به انسان‌ها جلوگیری می‌کند.

رفاه حیوانات

تأمین شرایط بهداشتی مناسب و درمان بیماری‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است تا رفاه حیوانات حفظ شود و از درد و رنج آن‌ها کاسته شود.

روش‌های شناسایی

معاینات بالینی

عمدتاً شامل بررسی‌های فیزیکی روزانه حیوانات برای شناسایی علائم بالینی مانند کاهش وزن، خستگی، تغییرات رفتاری و نشانه‌های عفونت می‌باشد.

بیماری‌های باکتریایی در حیوانات آزمایشگاهی نه تنها بر سلامت و رفاه این حیوانات تأثیر می‌گذارند، بلکه می‌توانند نتایج پژوهش‌های علمی را نیز تحت تأثیر قرار دهند؛ بنابراین، شناسایی، پیشگیری و کنترل این بیماری‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.!

پشت صحنه علم: زندگی در آزمایشگاه‌های حیوانات

مروری بر محبوب‌ترین حیوانات آزمایشگاهی و نکات پرورشی شان

حیوانات آزمایشگاهی یکی از ابزارهای اصلی در تحقیقات علمی و پزشکی هستند که نقش بسیار مهمی در پیشرفت علم و تکنولوژی دارند. استفاده از حیوانات آزمایشگاهی به دانشمندان این امکان را می‌دهد تا اثرات داروها، بیماری‌ها و درمان‌های جدید را بررسی کنند. با این حال، نگهداری و پرورش این حیوانات نیازمند دانش و مهارت خاصی است که تضمین‌کننده سلامت و رفاه آن‌ها باشد. در این نوشتار، به بررسی انواع حیوانات آزمایشگاهی، روش‌های پرورش آن‌ها و همچنین انواع حیوانات اصلاح نژاد یافته پرداخته شده است.

موش‌های آزمایشگاهی

موش‌های آزمایشگاهی از پرکاربردترین حیوانات در تحقیقات علمی هستند. این موش‌ها با وزن ۲۰ تا ۳۰ گرم و طول عمر ۱٫۵ تا ۲ سال، به دلیل اندازه کوچک، زمان تولید مثل کوتاه و ژنتیک ساده، به طور گسترده در مطالعات ژنتیک، بیولوژی مولکولی و تحقیقات دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از دیگر خصوصیات زیستی این موش‌ها می‌توان به زادآوری سریع، سازگاری با محیط‌های مختلف و کاربرد در مدل‌های بیماری‌های انسانی مانند دیابت، سرطان و بیماری‌های قلبی عروقی اشاره کرد.

پرورش

پرورش موش‌های آزمایشگاهی نیازمند محیط‌های کنترل شده با دما و رطوبت مناسب است. دمای ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۰ تا ۷۰ درصد برای نگهداری آن‌ها مناسب است. این موش‌ها باید در قفس‌هایی با کف مشبک نگهداری شوند تا از تجمع فضولات جلوگیری شود. تغذیه آن‌ها شامل غذاهای پلت شده با فرمولاسیون خاصی است که نیازهای غذایی آن‌ها را برآورده کند. موش‌ها در سن ۶ تا ۸ هفتگی قادر به جفت‌گیری هستند و دوره بارداری آن‌ها ۱۹ تا ۲۱ روز به طول می‌انجامد. تعداد توله‌ها بین ۵ تا ۱۰ عدد است.

خرگوش‌ها به عنوان مدل‌های مناسبی برای مطالعات ایمونولوژیکی و تولید آنتی‌بادی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

منابع مورد استفاده در نوشتار

موش‌های صحرایی

موش‌های صحرایی که وزنی بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم دارند و طول عمرشان بین ۲٫۵ تا ۳ سال است، به دلیل اندازه بزرگ‌تر و رفتارهای پیچیده‌تر نسبت به موش‌ها، برای تحقیقات در زمینه‌های نورولوژی، رفتارشناسی و فیزیولوژی بسیار مناسب هستند. این موش‌ها به عنوان مدل‌های مناسبی برای مطالعات نورولوژیکی و رفتاری شناخته می‌شوند.

پرورش

پرورش موش‌های صحرایی مشابه موش‌های آزمایشگاهی است اما به دلیل اندازه بزرگ‌تر، نیاز به فضای بیشتری دارند. محیط نگهداری باید دمای ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۰ تا ۷۰ درصد داشته باشد و غنی‌سازی شود تا رفتارهای طبیعی آن‌ها تشویق گردد. تغذیه آن‌ها نیز باید شامل غذاهای پلت با محتوای پروتئینی بالا باشد. موش‌های صحرایی در سن ۸ تا ۱۲ هفتگی قادر به جفت‌گیری هستند و دوره بارداری آن‌ها ۲۱ تا ۲۳ روز به طول می‌انجامد. تعداد توله‌ها بین ۶ تا ۱۲ عدد است.

خرگوش‌های آزمایشگاهی

خرگوش‌های آزمایشگاهی با وزنی بین ۲ تا ۶ کیلوگرم و طول عمر ۵ تا ۷ سال، به دلیل اندازه بزرگ و سازگاری با محیط‌های مختلف، در تحقیقات ایمونولوژی، تولید مثل و بیماری‌های قلبی-عروقی به کار گرفته می‌شوند. این حیوانات به عنوان مدل‌های مناسبی برای مطالعات ایمونولوژیکی و تولید آنتی‌بادی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پرورش

خرگوش‌ها باید در قفس‌های بزرگ با تهویه مناسب و دمای ۱۵ تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ۷۰ درصد نگهداری شوند. تغذیه آن‌ها شامل یونجه، سبزیجات تازه و غذاهای پلت شده مخصوص خرگوش است. خرگوش‌ها در سن ۶ تا ۸ ماهگی قادر به جفت‌گیری هستند و دوره بارداری آن‌ها ۲۸ تا ۳۱ روز به طول می‌انجامد. تعداد توله‌ها بین ۴ تا ۱۲ عدد است. این حیوانات نیاز به فعالیت بدنی دارند و باید به‌طور منظم در فضای باز حرکت کنند.

خوکچه‌های هندی

خوکچه‌های هندی با وزن ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ گرم و طول عمر ۴ تا ۶ سال، به دلیل شباهت‌های فیزیولوژیکی با انسان، در تحقیقات مرتبط با سیستم تنفسی، سیستم ایمنی و بیماری‌های عفونی کاربرد دارند. این حیوانات به عنوان مدل‌هایی برای مطالعات تغذیه‌ای و بیماری‌های عفونی شناخته می‌شوند.

پرورش

خوکچه‌های هندی باید در قفس‌هایی با بستر مناسب و امکان حرکت آزادانه نگهداری شوند. دمای مناسب برای این حیوانات ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ۷۰ درصد است. تغذیه آن‌ها شامل یونجه، سبزیجات تازه و مکمل‌های ویتامینی است. خوکچه‌ها در سن ۳ تا ۴ ماهگی قادر به جفت‌گیری هستند و دوره بارداری آن‌ها ۵۹ تا ۷۲ روز طول می‌کشد. تعداد توله‌ها بین ۱ تا ۴ عدد است. این حیوانات به مراقبت‌های ویژه‌ای نیاز دارند، زیرا حساس به تغییرات دما و رطوبت هستند.

زبرا ماهی‌ها

زبرا ماهی‌ها با طولی بین ۲٫۵ تا ۴ سانتی‌متر و طول عمر ۲ تا ۳ سال، به دلیل جنین‌های شفاف و توسعه سریع، در تحقیقات جنین‌شناسی، زیست‌شناسی رشد و بیماری‌های ژنتیکی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ماهی‌ها به عنوان مدل‌های مناسبی برای مطالعات ژنتیکی و توسعه‌ای شناخته می‌شوند.

پرورش

زبرا ماهی‌ها باید در آکواریوم‌هایی با آب تصفیه‌شده و دمای ۲۵ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد و pH ۷ تا ۸ نگهداری شوند. تغذیه آن‌ها شامل غذاهای خشک مخصوص ماهی، آرتمیا و کرم‌های خونی است. زبرا ماهی‌ها در سن ۳ تا ۴ ماهگی قادر به جفت‌گیری هستند و تا ۲۰۰ تخم در هر بارداری می‌گذارند. شرایط نوری باید به‌گونه‌ای تنظیم شود که چرخه روز و شب را شبیه‌سازی کند.

حیوانات آزمایشگاهی اصلاح نژاد یافته

موش‌های ترانس‌ژنیک

موش‌های ترانس‌ژنیک، موش‌هایی هستند که ژنوم آن‌ها به‌صورت مصنوعی اصلاح شده است تا ژن‌های جدیدی را بیان کنند. این موش‌ها به‌طور گسترده‌ای در تحقیقات ژنتیک و بیماری‌های انسانی استفاده می‌شوند. پرورش آن‌ها نیازمند تجهیزات خاصی برای کنترل ژنتیک و محیط است.

موش‌های ناک اوت

موش‌های ناک اوت، موش‌هایی هستند که یک یا چند ژن آن‌ها حذف شده است. این موش‌ها به دانشمندان کمک می‌کنند تا نقش ژن‌های خاص را در توسعه و بیماری‌ها بررسی کنند.

پرورش این موش‌ها نیازمند دانش دقیق از ژنتیک و استفاده از تکنیک‌های پیشرفته است.

زبرا ماهی‌های ترانس‌ژنیک

زبرا ماهی‌های ترانس‌ژنیک نیز مشابه موش‌های ترانس‌ژنیک، به‌منظور مطالعه‌ی فرآیندهای ژنتیکی و بیماری‌ها استفاده می‌شوند. پرورش این ماهی‌ها نیازمند آکواریوم‌های خاص با شرایط دقیق محیطی است تا از بروز تغییرات ناخواسته در ژنوم آن‌ها جلوگیری شود.

نتیجه‌گیری

پرورش و نگهداری حیوانات آزمایشگاهی یک فرآیند پیچیده و دقیق است که نیازمند دانش گسترده و تجهیزات مناسب است. هرکدام از حیوانات آزمایشگاهی دارای ویژگی‌ها و نیازهای خاصی هستند که باید به‌دقت مورد توجه قرار گیرد. حیوانات اصلاح نژاد یافته نقش بسیار مهمی در تحقیقات علمی ایفا می‌کنند و پرورش آن‌ها نیازمند تکنیک‌های پیشرفته و کنترل‌های دقیق است. با رعایت استانداردهای نگهداری و پرورش، می‌توان به نتایج علمی معتبر و قابل اعتمادی دست یافت که به پیشرفت علم و بهبود سلامت انسان‌ها کمک می‌کند.

/// سید علی حسینی
دانشجوی دکترای دامپزشکی
ورودی ۱۳۹۹، دانشگاه شیراز

پرورش و نگهداری حیوانات آزمایشگاهی یک فرآیند پیچیده و دقیق است که نیازمند دانش گسترده و تجهیزات مناسب است. هرکدام از حیوانات آزمایشگاهی دارای ویژگی‌ها و نیازهای خاصی هستند که باید به‌دقت مورد توجه قرار گیرد.

حلقهٔ گمشدهٔ زنجیر پژوهش آزمایشگاهی

رابطهٔ مستقیم سلامت حیوانات آزمایشگاهی و دقت نتایج پژوهشی

دستورالعمل‌های مراقبت دامپزشکی از حیوانات آزمایشگاهی نقش مهمی در حوزه علوم آزمایشگاهی ایفا می‌کنند. این دستورالعمل‌ها باید با دقت توسط دامپزشکان و کارکنان مراقبت از حیوانات اجرا شوند تا سلامت و رفاه حیوانات آزمایشگاهی تضمین شده و دقت تحقیقات افزایش یابد. گزارش کارگروه مشترک ECLAM/ESLAV و FELASA بر اهمیت نقش دامپزشکان در مراقبت از حیوانات آزمایشگاهی تأکید دارد.

یکی از محیط‌های کاری دامپزشکان، آزمایشگاه‌های پرورش و نگهداری حیوانات آزمایشگاهی است. مراقبت‌های دامپزشکی در این محیط‌ها شامل جنبه‌های مختلفی می‌شود که پیچیدگی و اهمیت نقش دامپزشکان را نشان می‌دهد.

بهداشت و رفاه حیوانات

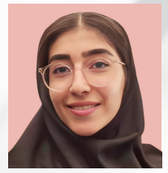
در مراکز حیوانات آزمایشگاهی، اجرای برنامه‌ای مؤثر برای مراقبت و استفاده از حیوانات، نیازمند همکاری دامپزشکان و سایر کارکنان است. ارزیابی رفاه حیوانات، شامل ارزیابی پارامترهای رفتاری، بخش اساسی این مراقبت‌هاست و تشخیص زودهنگام علائم درد و رنج برای کاهش آن‌ها ضروری است. دامپزشکان نقش کلیدی در تشخیص، درمان و پیشگیری از بیماری‌ها دارند و با اجرای کنترل بیماری و مشارکت در برنامه‌های مراقبت، سلامت و رفاه حیوانات را بهبود می‌بخشند.

نقش دامپزشکان

حیوانات تازه‌وارد به مرکز ممکن است نیاز به قرنطینه داشته باشند و بسته به شرایط مختلف، مدیریت بخش‌های فرعی مرکز نیز نیازمند دقت و توصیه‌های دامپزشکان است. برنامه‌های پایش بهداشتی باید براساس معیارهای علمی و دامپزشکی تنظیم شوند و علاوه بر کنترل عوامل عفونی، سایر عواملی که بر سلامت و رفاه حیوانات تأثیر می‌گذارند نیز بررسی شوند. دامپزشکان باید پرسنل را برای تشخیص علائم اولیه بیماری و رنج آموزش دهند و بر روند کار نظارت داشته باشند. در برخورد با حیوانات بیمار یا آسیب‌دیده، برنامه بهداشتی باید شامل ارزیابی بالینی و ارائه درمان فوری باشد. دامپزشکان باید قادر باشند در صورت نیاز، اقدامات درمانی مناسب را به سرعت اجرا کنند. همچنین، دامپزشکان باید در توسعه مدل‌های تحقیقاتی بیماری با آگاهی از روش‌های کاهش رنج حیوانات مشارکت داشته باشند.

حیوانات ژنتیکی تغییر یافته و آن‌هایی که دارای جهش‌های طبیعی هستند، نیاز به توجه دامپزشکی ویژه‌ای دارند. دامپزشکان باید سوابق تمام برنامه‌های بهداشتی حیوانات را تحت نظر داشته باشند و حیوانات را به روش‌های تحقیقاتی و محیط آزمایشگاه عادت دهند تا استرس کاهش یابد و رفاه و کیفیت علمی بهبود یابد.

دامپزشکان در آموزش و ارزیابی صلاحیت محققان و کارکنان مراقبت از حیوانات نیز نقش دارند. بیهوشی و کنترل درد نیز از وظایف مهم دامپزشکان است و باید پروتکل‌های مناسبی برای اطمینان از عمق کافی بیهوشی و کاهش درد وجود داشته باشد. دامپزشکان باید در ارزیابی و بازنگری پروتکل‌های بیهوشی و ضد درد مشارکت داشته باشند و از روش‌های مناسب جراحی و اتانازی استفاده کنند.



/// زهرا محمدی
دانشجوی دکترای دامپزشکی ورودی ۱۳۹۹، دانشگاه شیراز

بسیاری از استدلال‌ها پیرامون استفاده از حیوانات به‌عنوان مدل‌های علمی بر این اساس است که حیوانات می‌توانند در برخی موارد مدل‌های معتبری برای انسان‌ها باشند.

منابع مورد استفاده در نوشتار

چالش‌های اخلاقی

ارزیابی درد، پریشانی و رنج در حیوانات آزمایشگاهی نیازمند مشاهدات دقیق و آگاهی از نیازهای گونه‌ای حیوانات است. اصلاح ژنتیکی حیوانات ممکن است مشکلات خاصی در ارزیابی رفاه آن‌ها ایجاد کند. بسیاری از استدلال‌ها پیرامون استفاده از حیوانات به‌عنوان مدل‌های علمی بر این اساس است که حیوانات می‌توانند در برخی موارد مدل‌های معتبری برای انسان‌ها باشند.

گزارش کارگروه به این نتیجه رسید که حیوانات می‌توانند مدل‌های مفیدی برای مطالعه زیست‌شناسی انسان و اثرات مواد شیمیایی و داروها باشند، اما هر نوع تحقیق باید بر اساس شایستگی‌های خود و به‌صورت موردی ارزیابی شود. همچنین، تحقیقاتی که شامل درد و رنج قابل‌توجهی برای حیوانات است، باید به‌دقت بررسی شود.

تجهیزات و امکانات ضروری

برخی ازتجهیزات و امکانات ضروری برای پرورش و نگهداری حیوانات آزمایشگاهی در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

انواع واحدهای مسکونی

برای هر گونه حیوان آزمایشگاهی، قفس‌های مناسب با ابعاد و شرایط محیطی مناسب برای راحتی و بهداشت حیوانات لازم است. بسته به حیوان آزمایشگاهی، قفس‌ها مورد استفاده متفاوت خواهد بود.

تهویه و تصفیه هوا

برای فراهم کردن شرایط هوایی مناسب و پاک برای حیوانات، سیستم‌های تهویه و تصفیه هوا ضروری است.

سیستم‌های تغذیه

برای ارائه غذا و آب به حیوانات، سیستم‌های تغذیه مناسب و بهداشتی لازم است.

تجهیزات حفاظتی و امنیتی

برای جلوگیری از فرار یا دسترسی غیرمجاز به حیوانات، تجهیزات حفاظتی و امنیتی مانند قفل‌ها و سامانه‌های نظارت مورد نیاز است. این موارد می‌توانند شامل قفل‌های ساده روی قفس‌ها تا سنسورهای حساس و هشداردهنده باشند.

تجهیزات پزشکی و بهداشتی

برای ارائه خدمات پزشکی و بهداشتی به حیوانات، تجهیزاتی مانند داروها، ابزار جراحی و مواد ضدعفونی‌کننده لازم است.

تجهیزات برقراری نور و دمای مناسب: برای فراهم کردن شرایط نور و دمای مناسب برای حفظ سلامت حیوانات، تجهیزاتی مانند لامپ‌های گرماژنراتور، تابلوهای کنترل دما و نور و سایر تجهیزات مرتبط مورد نیاز است.

تجهیزات محیط‌زیستی

بسته به نوع حیوان آزمایشگاهی، می‌تواند شامل گیاهان، خاک، سنگ‌ها یا سایر عناصر محیط‌زیستی باشد که برای ایجاد یک محیط زیستی طبیعی برای حیوانات آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تجهیزات خودکار و هوشمند

به جز آن‌چه که پیش از این مورد بررسی قرار گرفت، برخی از تجهیزات خودکار و هوشمند مانند سامانه‌های خودکار تغذیه یا سامانه‌های نظارت و کنترل دما و رطوبت می‌توانند به بهبود عملکرد و رفاه حیوانات کمک کنند. لازم به ذکر است که هر نوع حیوان آزمایشگاهی نیاز به شرایط خاص و منحصربه‌فرد دارد، بنابراین تجهیزات و امکانات مورد نیاز ممکن است بسته به نوع حیوان متغیر باشد.

نتیجه‌گیری

دامپزشکان باید با دقت به مراقبت و نگهداری از حیوانات آزمایشگاهی پرداخته و برنامه‌های بهداشتی و درمانی مناسبی را برای آن‌ها تدوین کنند. آموزش و راهنمایی کارکنان نیز از اهمیت بالایی برخوردار است تا رفاه حیوانات بهبود یابد و استرس آن‌ها کاهش یابد.

شرح تصویر

این یک قفس متابولیک است. قفس متابولیک یکی از ابزارهای مهم در پژوهش‌های حیوانی است که برای اندازه‌گیری دقیق و کنترل‌شده پارامترهای مختلف متابولیکی در حیوانات آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این قفس‌ها به‌طور خاص طراحی شده‌اند تا داده‌های حیاتی از جمله میزان مصرف غذا و آب، حجم ادرار و مدفوع، و حتی گازهای تنفسی مانند اکسیژن و دی‌اکسید کربن را در محیطی کنترل‌شده و جدا از آلودگی‌های محیطی جمع‌آوری کنند.

جدول سودوکو ۹×۹

یک معمای شیرین و جایزه‌دارِ ریاضی!

سودوکو یک بازی فکری محبوب و چالشی است که شامل یک جدول ۹×۹ است که به ۹ مربع کوچک‌تر ۳×۳ تقسیم می‌شود. هدف اصلی این بازی این است که اعداد از ۱ تا ۹ را به گونه‌ای در جدول قرار دهید که هیچ عددی در یک ردیف، ستون یا مربع ۳×۳ تکرار نشود.

در ابتدای بازی، برخی از خانه‌های جدول پر شده‌اند و بقیه خالی هستند. بازیکن باید اعداد را در خانه‌های خالی قرار دهد. برای پر کردن هر خانه، بازیکن باید به سایر اعداد موجود در ردیف، ستون و مربع ۳×۳ توجه کند تا از تکرار اجتناب کند. سودوکو به دلیل نیاز به منطق و تفکر استراتژیک، به عنوان یک تمرین عالی برای تقویت ذهن و بهبود تمرکز شناخته می‌شود. اما این تمام ماجرا نیست! این جدول‌های سودوکو، جایزه دارند! با حل تمام جدول‌ها می‌توانید بدون قیدوشرط برندهٔ یکی از جوایز وهومن باشید.

				2				
9	2			7	6	3		
		4	5	3	8	9		
		6						
2			6		3			
	4			8	7			3
3	9			6				5
4			8		2			

					5			
3				7	6			9
6		1	8	2			7	
		9	4			7	3	1
			9					4
	3						6	2
			5					
				3			9	
					7			

9	1		8					
	5		4					
		4						9
7	3	8	6			1		
1						9	3	
		9	1					8
		6			4			
			5					
	8			1	6		9	4

	9							
8	6	7	9		2	1		
			7	2	9	3		
9	2					5		8
	7						9	
7		9						4
		8						
6	1	3	2					

تاریخچهٔ معمای سودوکو

اگرچه سودوکو به طور رسمی در ژاپن شکل گرفت، اما ایده‌ی اصلی آن بر پایه‌ی مربع‌های لاتین بود که در قرن ۱۸ توسط ریاضی‌دان سوئیسی لئونارد اویلر توسعه یافت. اویلر مربع‌های لاتین را ابداع کرد که نوعی آرایش عددی است که در آن هر عدد تنها یک بار در هر ردیف و ستون ظاهر می‌شود. این مفهوم پایه‌ای برای سودوکو محسوب می‌شود.

سودوکو در شکل مدرن خود برای اولین بار در سال ۱۹۷۹ در یک مجله آمریکایی به نام Dell Pencil Puzzles and Word Games ظاهر شد. این نسخه توسط هوارد گارنس، معمار و طراح پازل آمریکایی، طراحی شد. او این بازی را «Number Place» نامید.

در سال ۱۹۸۴، شرکت ژاپنی نیکولی، یک ناشر معروف مجلات پازل، این بازی را به ژاپن معرفی کرد. ژاپنی‌ها نام این بازی را به سودوکو تغییر دادند که مخفف عبارت ژاپنی «Suji wa dokushin ni kagiru» به معنای «اعداد باید تنها باشند» است. سودوکو به سرعت در ژاپن محبوب شد و به یکی از محبوب‌ترین پازل‌های کشور تبدیل شد.

در دهه ۲۰۰۰، سودوکو به کشورهای غربی معرفی شد و به ویژه در بریتانیا و آمریکا بسیار محبوب شد. این محبوبیت جهانی باعث شد تا سودوکو به عنوان یک پازل بین‌المللی شناخته شود و در بسیاری از روزنامه‌ها و مجلات منتشر گردد.

با پیشرفت تکنولوژی و ظهور اپلیکیشن‌ها و بازی‌های موبایل، سودوکو وارد دنیای دیجیتال شد. امروزه می‌توانید این بازی را به صورت آنلاین یا از طریق اپلیکیشن‌ها بر روی گوشی‌های هوشمند بازی کنید.

سودوکو اکنون به یکی از محبوب‌ترین و چالش‌برانگیزترین بازی‌های پازل در سراسر جهان تبدیل شده است و توسط افراد در تمام سنین بازی می‌شود.

با حل هر چهار سودوکویی که در اختیار شما قرار گرفته، به قید قرعه برندهٔ یکی از جوایز ویژهٔ این شماره خواهید بود. کافی‌ست تصویر حل جدول‌ها را به پشتیبانی وهومن در تلگرام ارسال کنید.
@Vohuman_Support

آسیب‌شناسی بافت و کالبدگشایی در حیوانات آزمایشگاهی

دقیق‌ترین روش‌های بررسی و تحلیل تغییرات بافتی در تحقیقات علمی

گزارش ضایعات و ارزیابی پاتولوژیک مدل‌های حیوانی بر اساس معاینه کامل سیستماتیک و جمع‌آوری بافت‌ها در کالبدگشایی است. توصیه می‌شود از یک رویکرد استاندارد و سیستماتیک بر اساس توصیه‌های منتشر شده استفاده شود. یک رویکرد استاندارد، کیفیت تکرارپذیری و سودمندی داده‌های آسیب‌شناسی را بهبود می‌بخشد. همچنین، وجود یک طرح و پروتکل کالبدگشایی که به بهترین وجه مطالعه را تعریف کند، بسیار مهم است. متغیرهایی مانند انواع بافت‌ها، اندازه‌گیری‌ها، فیکساتورها، جهت‌گیری و برش ممکن است بر اساس اهداف مطالعه متفاوت باشند. با توجه به این موضوع و اندازه کوچک موش‌ها، باید ارزیابی «پوزه تا دم» انجام شود و حداقل تا پایان مطالعه و انتشار نتایج، تمام بافت‌ها در فیکساتور ذخیره شوند. آسیب‌شناس می‌تواند به وسیله‌ی کالبدگشایی و مطالعات خود به تیم تحقیقاتی کمک کند. یک طرح باید شامل موارد زیر باشد: میزان نمونه‌هایی که باید جمع‌آوری و ارزیابی شوند، اینکه آیا بافت‌های تازه یا منجمد برای سنجش‌های اضافی مورد نیاز است، ضایعات پیش‌بینی‌شده برای ارزیابی، و سنجش‌های اضافی مانند لکه‌های هیستوشیمیایی و یا ایمونوهیستوشیمیایی خاص. همه ابزارها و لوازم مورد نیاز باید شناسایی شوند و شناسه‌های منحصر به فرد برای هر حیوان ایجاد و برای برچسب‌گذاری مناسب همه نمونه‌ها استفاده شود. یک پروتکل کالبدگشایی کامل با چک‌لیستی از بافت‌ها و نمونه‌هایی که باید جمع‌آوری شوند باید ایجاد شود. طرح کالبدگشایی و استفاده از بهترین شیوه‌ها به حداقل رساندن تنوع و ارتقای تکرارپذیری کمک می‌کند.

ملاحظات بودجه

ارزیابی هیستوپاتولوژیک نیاز به بودجه مناسب و تعهد به حفظ وجوه موجود برای نقاط پایانی پاتولوژیک و تجزیه و تحلیل دارد. عدم برنامه‌ریزی برای نیازهای آسیب‌شناسی ممکن است به طور قابل توجهی بر تفسیر داده‌های مولکولی و عملکردی نهایی تأثیر بگذارد. این امر به ویژه برای مطالعات طولانی‌مدت مهم است.

ارزیابی مورفولوژیک معمولاً زمانی جامع و مقرون به صرفه است که بودجه خاصی برای ارزیابی هیستوپاتولوژیک اختصاص داده شود. برنامه‌ریزی به تسهیل نیازهای بافت برای سنجش‌های تخصصی کمک می‌کند. فقدان برنامه‌ریزی و بودجه‌بندی مناسب ممکن است منجر به آسیب‌شناسی «خودت انجامش بده» شود که خطر سوگیری، نمونه‌های غیرقابل تفسیر، تفسیر نادرست و در نهایت هزینه بیشتر را به همراه دارد. مشارکت پاتولوژیست در برنامه بودجه ممکن است به کاهش هزینه‌های غیرضروری کمک کند و اطمینان حاصل کند که بودجه مناسب برای تجزیه و تحلیل هیستوپاتولوژیک در دسترس است. در مجموع می‌توان اذعان کرد که توجه به مبحث بودجه در ارزیابی حائز اهمیت به‌سزایی است.

/// تینا یعقوب‌پور
رزیدنسی کلینیکال پاتولوژی
ورودی ۱۴۰۰، دانشگاه شیراز

/// یاسمین خزان
دانشجوی دکترای دامپزشکی
ورودی ۱۴۰۰، دانشگاه شیراز

ملاحظات نقطه پایانی

نقاط پایانی مطالعه باید طوری برنامه‌ریزی شود که نوع مطالعه، اهداف مطالعه و تعداد موش‌ها در گروه‌های خاص را در نظر بگیرد. معیارهای ارائه بالینی و ارزیابی باید با تیم دامپزشکی حیوانات آزمایشگاهی هماهنگ شود و ممکن است بر نقاط پایانی تأثیر بگذارد. برای ارزیابی فنوتیپی مدل‌های GEM، نقاط پایانی ممکن است بر اساس ارائه فنوتیپ مدل تعیین شوند. معیارهای نقطه پایانی به ویژه برای مطالعات طولانی‌مدت و مطالعات پیری که ممکن است در تعیین نقاط پایانی مطالعه مورد توجه بیشتری قرار گیرد، حیاتی است. موش‌های مسن اغلب علائم بالینی مرتبط با سن را نشان می‌دهند که در حیوانات جوان‌تر نشان‌دهنده بیماری هستند، مانند کاهش وضعیت بدنی، افزایش نرخ تنفس و رنگ‌پریدگی.

هماتولوژی

در بحث‌های اولیه و هنگام ساخت طرح کالبدگشایی، شمارش کامل سلول‌های خونی با دیفرانسیل گلبول‌های سفید و غربالگری بیوشیمی سرم باید در نظر گرفته شود. هر دو آزمایش برای تکمیل مطالعات فنوتیپ و سم‌شناسی توصیه می‌شوند. بسیار مهم است که موش‌های کنترل هماهنگ از نظر جنس و سن برای مقایسه ارائه شوند، زیرا مقادیر مرجع ممکن است براساس نژاد و عوامل ژنتیکی مختلف گزارش شده باشد. برای این منظور، توصیه می‌شود که ۵ تا ۶ موش در هر گروه با کنترل‌های مناسب برای شناسایی ناهنجاری‌ها یا روند‌ها آزمایش شوند. روش اتانازیا، محل جمع‌آوری و روش جمع‌آوری خون ممکن است مقادیر را تغییر دهند. برای ثبات نتایج، توصیه می‌شود که روش و محل جمع‌آوری و همچنین آنالیزورهای خاص و تکنولوژیست پزشکی که اسمیرهای خون را بررسی می‌کنند، در طول مطالعه تغییر نکنند. در صورتی که جمع‌آوری خون شامل گروه‌های درمانی مختلف باشد، توصیه می‌شود که حیوانات به صورت مرحله‌ای برای جمع‌آوری انتخاب شوند (یعنی یک حیوان از هر گروه، سپس تکرار شود) زیرا این کار اثرات روزانه را به حداقل می‌رساند. بنابراین، به حداقل رساندن متغیرها با اعمال روش‌های ثابت، زمان‌های جمع‌آوری، مکان‌ها و روش‌ها، و استفاده از آنالیزورهای خاص برای اطمینان از تحلیل و تفسیر دقیق هماتولوژیک ضروری است. به‌طور مشابه، برای جمع‌آوری و سیتولوژی مغز استخوان، ثبات در محل جمع‌آوری، آماده‌سازی اسلاید و ارزیابی برای بهترین مقایسه درون یا بین مطالعات توصیه می‌شود.

هنگامی که هماتولوژی به عنوان بخشی از برنامه کالبدشکافی در نظر گرفته می‌شود، استرنوم، هومروس، فمور و مهره‌ها می‌توانند برای ارزیابی هیستوپاتولوژیکی مغز استخوان استفاده شوند. بافت‌ها باید بلافاصله در فرمالین ۱۰٪ بافر شده خنثی تثبیت شوند و به آرامی از طریق یک عامل کلاته‌کننده، اتیلن‌دی‌آمین‌تتراستیک اسید، جهت حفظ مورفولوژی سلولی و امکان رنگ‌آمیزی‌های خاص هیستوشیمیایی و ایمونوهیستوشیمیایی، دکلسیم شوند. مغز استخوان برای سیتولوژی یا فلوسایتومتری باید جمع‌آوری شود. همچنین مهم است که نتایج هماتولوژی خودکار، اسمیر خون و سیتولوژی مغز استخوان، و فلوسایتومتری را با هیستوپاتولوژی مغز استخوان، طحال و کبد مقایسه کنیم. طحال و کبد سایت‌های فعالی برای خون‌سازی در طول عمر موش هستند و خون‌سازی خارج از مغز استخوان به عنوان پاسخ به کم‌خونی و دیگر بیماری‌ها شناخته می‌شود. بنابراین، ارزیابی کامل هماتولوژیک باید شامل ارزیابی خون محیطی، مغز استخوان، طحال و کبد باشد.

فنون آسیب‌شناسی مولکولی

در صورتی که قرار است مقاطع بافتی تحت رنگ‌آمیزی ایمونوهیستوشیمیایی قرار گیرند، درک نیازهای تثبیت بهینه مهم است. برخی از آنتی‌بادی‌ها تنها در بافت‌های منجمد در مقابل بافت‌های تثبیت‌شده با فرمالین و جاسازی‌شده در پارافین عمل می‌کنند. با استفاده از تکنیک‌های مدرن بازیابی آنتی‌ژن، بیشتر آنتی‌ژن‌ها ممکن است در بافت‌های تثبیت‌شده با فرمالین قابل شناسایی باشند؛ با این حال، این موضوع ممکن است با توجه به گونه‌ها و برای برخی از آنتی‌بادی‌ها متفاوت باشد. در مورد مدل‌های پیوندی، بررسی دقیق مدل برای تعیین اینکه آیا انتخاب آنتی‌بادی اولیه انسانی یا موشی مناسب است، ضروری است. همچنین آماده‌سازی بافت کنترل مثبت برای بهینه‌سازی آنتی‌بادی ضروری است. بررسی پروتکل‌های ایمونوهیستوشیمی مناسب و آنتی‌بادی‌های اولیه مناسب نیز باید در برنامه کالبدگشایی و جمع‌آوری بافت‌های کنترل در صورت لزوم گنجانده شود. بنابراین، بهترین کار این است که برنامه‌ریزی و آمادگی برای اطمینان از جمع‌آوری بافت‌ها به روش مناسب برای استفاده‌های بعدی، از جمله هرگونه آزمایش مولکولی احتمالی و ایمونواستینینگ انجام شود. به‌طور مشابه، هیبریداسیون درجا می‌تواند برای شناسایی DNA و RNA ژن‌های خاص مورد نظر به بافت تازه، منجمد یا تثبیت‌شده اعمال شود. بهترین کار آماده‌سازی مناسب نمونه‌ها برای نتایج بهینه است.

کالبدگشایی ریه‌ها

انجام کالبدگشایی و انسوفلاسیون ریه‌ها به‌صورت روتین در مدل‌های بیماری‌های ریوی بسیار اهمیت دارد. انسوفلاسیون با ماده تثبیت‌کننده نظیر فرمالین برای جلوگیری از آرتیفکت‌هایی مانند کم‌حجم شدن و چروکیدگی انجام می‌شود که می‌تواند ارزیابی دقیق آلوئول‌ها و سپتوم‌های فروپاشیده را مختل کند و به‌اشتباه به‌عنوان ذات‌الریه بینابینی تفسیر گردد.

انسوفلاسیون را به روش‌های مختلفی می‌توان انجام داد. بررسی شده است.

پرفیوژن کل بدن

- تزریق فرمالین به بطن راست؛
- قطع آئورت شکمی برای خروج خون از عروق.

تزریق از طریق نای

استفاده از حجم معینی از فرمالین، محلول حفظ RNA، یا محیط‌های تست‌های جانبی.

اجتناب از افزایش بیش از حد حجم ریه‌ها به‌منظور جلوگیری از جداسازی مصنوعی فیبرهای کلاژن پری‌واسکولار و پری‌برونکیولار که ممکن است شبیه ادم بینابینی پری‌واسکولار باشد و همچنین آسیب به دیواره‌های سپتوم که می‌تواند ارزیابی مدل‌های آمفیزم را مختل کند.

ارزیابی روده‌ها

رول کردن روده

این روش برای بررسی جامع کل روده در ۱ تا ۲ اسلاید مناسب است. با این حال، ممکن است برای مدل‌های نئوپلازی دستگاه گوارش به دلیل مستعد بودن به آرتیفکت‌ها و مقاطع مماسی که ممکن است منجر به تفسیر نادرست شود، مناسب نباشد.

بازکردن کل دستگاه گوارش

دستگاه گوارش از معده تا مقعد باز می‌شود. برای شناسایی، شمارش و عکسبرداری از ضایعات روی کاغذ صاف قرار می‌گیرد. سپس برای تجزیه و تحلیل هیستوپاتولوژیک تقسیم می‌شود. ضایعات تومور بزرگ ممکن است جدا شده و با بافت نرمال در هر انتها به نصف بریده شوند و در یک بلوک جاسازی شوند یا به‌صورت مقاطع عرضی بریده شوند.

ارزیابی هیستوپاتولوژیک

ارزیابی هیستوپاتولوژیک بافت‌ها بخش مهمی

کالبدگشایی روشی حیاتی برای بررسی و جمع‌آوری اندام‌ها و بافت‌ها پس از مرگ است که برای تحقیقات به منظور درک بهتر بیماری‌ها ضروری است.

از ارزیابی و اعتبار مدل‌های حیوانی است. این ارزیابی شامل توصیف مورفولوژی ضایعات توسط پاتولوژیست مقایسه‌ای با دانش آناتومی و فیزیولوژی و ضایعات خودبه‌خودی در گونه‌های مختلف حیوانات آزمایشگاهی است.

در آسیب‌شناسی بافتی، طرح‌های درجه‌بندی متفاوتی برای ارزیابی مدل‌های اندام‌های مختلف، مانند پیشرفت چند مرحله‌ای در ضایعات پیش‌سرطانی به بدخیمی در اندام‌های مختلف مثل پانکراس، پروستات، غده پستانی و غیره به کار می‌روند.

امتیازدهی و کورسازی

سیستم‌های امتیازدهی

- طراحی سیستم‌های امتیازدهی نیمه‌کمی خاص برای اندازه‌گیری اثربخشی درمان و نتایج برای بیماری‌های خاص؛
- استفاده از تجزیه و تحلیل تصویر دیجیتال برای امتیازدهی کمی به‌عنوان استاندارد طلایی.

مطالعات کورکورانه

- انجام بررسی و گزارش کورکورانه توسط پاتولوژیست برای جلوگیری از نتیجه‌گیری مغرضانه؛
- ارزیابی مدل‌های جدید با اطلاعات پس‌زمینه برای جلوگیری از نادیده گرفتن تغییرات ظریف؛
- ارزیابی نهایی گروه‌ها بدون کور برای تفسیر دقیق ضایعات.

این روش‌ها و ارزیابی‌ها به حفظ دقت و صحت در مطالعات بیماری‌های ریوی و مدل‌های نئوپلازی دستگاه گوارش کمک کرده و از ایجاد تفسیرهای نادرست جلوگیری می‌کنند.

جمع‌آوری خون

جمع‌آوری خون از حیوانات آزمایشگاهی کوچک برای طیف گسترده‌ای از تحقیقات علمی ضروری است و روش‌های متعددی برای انجام این کار وجود دارد. این فرآیند باید با کمترین استرس انجام شود، زیرا استرس می‌تواند بر نتایج مطالعه تأثیر بگذارد. محدودیت‌هایی در استفاده از حیوانات و تکنیک‌های جمع‌آوری خون بر اساس دستورالعمل‌های مختلف تعیین شده است. این مقاله به تکنیک‌های تأیید شده جمع‌آوری خون برای حیوانات آزمایشگاهی، از جمله جوندگان، خرگوش‌ها و غیر جوندگان، می‌پردازد. مجوز کمیته اخلاق حیوانات مؤسسه برای استفاده از حیوانات جهت نمایش تکنیک‌ها اخذ شده است.

اصول کلی جمع‌آوری خون

روش جمع‌آوری خون باید براساس پروتکلی که توسط کمیته اخلاق حیوانات تأیید شده است، انجام شود. این روش باید کمترین درد و استرس را به حیوان وارد کند. نمونه خون ممکن است تحت بیهوشی یا بدون بیهوشی جمع‌آوری شود. آموزش کافی برای جمع‌آوری خون با هر روش در هر گونه حیوان باید داده شود. به طور کلی، نمونه خون از رگ‌های وریدی، شریانی یا حفره‌های قلب برداشت می‌شود.

دفعات جمع‌آوری خون اهمیت دارد. یک بار در هر دو هفته برای غیر جوندگان ایده‌آل است. اگر مطالعه به چندین نمونه خون نیاز دارد، می‌توان از خرگوش‌ها استفاده کرد. تمام جمع‌آوری‌های خون غیرترمینال بدون جایگزینی مایعات به ۱۰ درصد از حجم خون در گردش در حیوانات سالم و بالغ محدود می‌شود و جمع‌آوری ممکن است پس از ۳ تا ٤ هفته تکرار شود. در صورت نیاز به نمونه‌های مکرر خون در فواصل کوتاه، حداکثر ۰٫۶ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم در روز یا ۱ درصد از حجم کل خون حیوان می‌تواند هر ۲٤ ساعت برداشت شود. حجم خون تخمینی در حیوانات بالغ ۵۵ تا ۷۰ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن است. باید مراقب حیوانات مسن و چاق بود.

اگر حجم خون جمع‌آوری شده بیش از ۱۰ درصد از حجم کل خون باشد، ممکن است جایگزینی مایعات مورد نیاز باشد. محلول رینگر لاکتات به عنوان بهترین جایگزین مایعات توسط مؤسسه ملی بهداشت (NIH) توصیه شده است. اگر حجم جمع‌آوری خون بیش از ۳۰ درصد از حجم کل خون در گردش باشد، باید مراقبت کافی صورت گیرد تا حیوان از هیپوولمی (کم‌حجمی خون) رنج نبرد. اگر برای مطالعه جمع‌آوری مکرر نمونه‌های خون نیاز باشد، نمونه می‌تواند از طریق کانولای موقتی برداشت شود. این کار درد و استرس در حیوانات آزمایشگاهی را کاهش می‌دهد.

روش‌های نمونه‌گیری

جمع‌آوری خون از ورید صافن

– موارد مورد نیاز: حیوان، دستکش‌های نگهداری جوندگان، حوله، پنبه، لوله‌های جمع‌آوری نمونه و سوزن 20G.

از ورید صافن جانبی برای نمونه‌گیری با رعایت اصول آسپتیک استفاده می‌شود. پشت پای عقب با استفاده از ماشین ریش‌تراش الکتریکی تا زمان نمایان شدن ورید صافن تراشیده می‌شود. می‌توان از کرم موبر نیز استفاده کرد.

حیوان به صورت دستی یا با استفاده از یک مهارکننده مناسب مهار می‌شود. پای عقب ثابت شده و فشار ملایمی به بالای مفصل زانو وارد می‌شود. ورید با استفاده از سوزن 20G سوراخ شده و حجم کافی از خون با یک لوله مویرگی یا سرنگ با سوزن جمع‌آوری می‌شود. محل سوراخ شده فشرده می‌شود تا خونریزی متوقف شود.

جمع‌آوری خون از ورید پدال پشتی

– موارد مورد نیاز: حیوان، دستکش‌های نگهداری جوندگان، پنبه، لوله مویرگی، سوزن 23G/27G و لوله‌های جمع‌آوری نمونه خون.

حیوان در مهارکننده قرار داده می‌شود. پای عقب در اطراف مچ نگه داشته شده و رگ پدال پشتی میانی در بالای پا قرار دارد. پا با الکل مطلق تمیز شده و ورید پدال پشتی با سوزن 23G/27G سوراخ می‌شود. قطرات خون که روی سطح پوست ظاهر می‌شوند با لوله مویرگی جمع‌آوری شده و فشار کمی برای متوقف کردن خونریزی اعمال می‌شود.

جمع‌آوری خون از ورید دم

– موارد مورد نیاز: حیوان، دستکش‌های نگهداری جوندگان، حوله، پنبه، لوله جمع‌آوری نمونه و محفظه گرم کردن حیوان.

این روش برای جمع‌آوری حجم زیاد نمونه خون (تا ۲ میلی‌لیتر در هر برداشت) توصیه می‌شود. حیوان در یک مهارکننده قرار داده شده و دما در حدود ۲٤ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌شود. دم نباید از پایه تا نوک مالش داده شود زیرا این کار منجر به افزایش تعداد گلبول‌های سفید خون می‌شود. اگر ورید قابل مشاهده نباشد، دم در آب گرم (٤۰ درجه سانتی‌گراد) غوطه‌ور شود. کرم بی‌حسی موضعی باید ۳۰ دقیقه قبل از آزمایش به سطح دم مالیده شود. سوزن 23G در رگ خونی قرار داده شده و خون با استفاده از لوله مویرگی یا سرنگ با سوزن جمع‌آوری می‌شود. در صورت بروز مشکلات، ۰٫۵ تا ۱ سانتی‌متر از سطح پوست باز شده و ورید با لنس یا سوزن سوراخ شده و خون با لوله مویرگی یا سرنگ با سوزن جمع‌آوری می‌شود.

پس از جمع‌آوری خون، فشار، پماد یا محلول نیترات نقره برای متوقف کردن خونریزی اعمال می‌شود. در صورت نیاز به نمونه‌های متعدد، می‌توان از کانولای جراحی موقتی استفاده کرد.

جمع‌آوری خون از سینوس چشمی

– موارد مورد نیاز: حیوان، عامل بی‌حسی، پنبه، لوله مویرگی و لوله‌های جمع‌آوری نمونه خون.

این تکنیک در شرایط تجربی استفاده می‌شود و تحت عنوان خون‌گیری وریدی پرایبتوربیتال، پشت‌چشمی و سینوسی شناخته می‌شود. نمونه خون تحت بیهوشی عمومی جمع‌آوری می‌شود. عامل بی‌حسی چشمی موضعی قبل از خون‌گیری به چشم مالیده می‌شود. حیوان با استفاده از انگشت شست و اشاره دست محکم گرفته شده و پوست اطراف چشم کشیده می‌شود. لوله مویرگی به زاویه داخلی چشم (با زاویه ۳۰ درجه به بینی) وارد می‌شود. فشار ملایم انگشت برای سوراخ کردن بافت و ورود به سینوس کافی است.

پس از سوراخ شدن سینوس، خون از طریق لوله مویرگی خارج می‌شود. پس از جمع‌آوری حجم مورد نیاز خون از سینوس، لوله مویرگی به آرامی خارج شده و با پنبه استریل پاک می‌شود. خونریزی با اعمال فشار ملایم انگشت متوقف می‌شود. سی دقیقه پس از جمع‌آوری خون، حیوان برای بررسی ضایعات پس از عمل و آسیب‌های پریموربیتال بررسی می‌شود.

روش جمع‌آوری نمونه خون از ورید ژوگولار

– موارد مورد نیاز: حیوان، عامل بی‌حسی، پنبه، سوزن 25G و لوله‌های جمع‌آوری نمونه خون.

موهای جلوی گردن با استفاده از ماشین تراشیده می‌شود. این روش تحت بیهوشی عمومی انجام می‌شود. ورید ژوگولار با استفاده از سوزن 25G سوراخ شده و خون جمع‌آوری می‌شود. پس از جمع‌آوری خون، محل سوراخ شده با پنبه استریل پاک می‌شود و فشار برای متوقف کردن خونریزی اعمال می‌شود.

روش کانولاسیون وریدی یا شریانی

• موارد مورد نیاز: حیوان، دستکش‌های نگهداری جوندگان، سوزن 23G، لوله‌های جمع‌آوری نمونه، بی‌حسی موضعی و محلول آنتی‌سپتیک.

حیوان بیهوش می‌شود. محل ورود لوله کانولا تراشیده و تمیز می‌شود. ورید انتخابی با استفاده از سوزن 23G سوراخ شده و یک لوله کانولا وارد می‌شود. پس از جمع‌آوری خون، لوله کانولا خارج شده و فشار برای توقف خونریزی اعمال می‌شود.

جمع‌آوری خون از ورید یا شریان گوش حاشیه‌ای

– موارد مورد نیاز: حیوان، حوله، پنبه، لوله مویرگی، سوزن 23G/27G و لوله‌های جمع‌آوری نمونه خون.

خرگوش در مهارکننده قرار داده می‌شود و گوش در دست نگه داشته می‌شود. سطح گوش با الکل تمیز شده و ورید یا شریان گوش حاشیه‌ای با سوزن 23G/27G سوراخ می‌شود. قطرات خونی که روی سطح پوست ظاهر می‌شوند با لوله مویرگی جمع‌آوری شده و فشار کمی برای متوقف کردن خونریزی اعمال می‌شود.

روش پونکسیون قلبی

– موارد مورد نیاز: حیوان، عامل بی‌حسی، سوزن 23G و لوله‌های جمع‌آوری نمونه خون.

حیوان بیهوش می‌شود و در وضعیت مناسب قرار می‌گیرد. ناحیه قفسه سینه تراشیده و تمیز می‌شود. با استفاده از سوزن 23G، قلب از طریق قفسه سینه سوراخ شده و خون جمع‌آوری می‌شود.

این روش اغلب به عنوان روش ترمینال استفاده می‌شود و پس از جمع‌آوری خون، حیوان یوتانایز می‌شود.

جمع‌آوری خون از ورید اجوف خلفی

– موارد مورد نیاز: حیوان، عامل بی‌حسی، سوزن 23G و لوله‌های جمع‌آوری نمونه خون.

حیوان بیهوش می‌شود و در وضعیت مناسب قرار می‌گیرد. ناحیه قفسه سینه تراشیده و تمیز می‌شود. با استفاده از سوزن 23G، ورید اجوف خلفی از طریق قفسه سینه سوراخ شده و خون جمع‌آوری می‌شود.

• این روش اغلب به عنوان روش ترمینال استفاده می‌شود و پس از جمع‌آوری خون، حیوان یوتانایز می‌شود.

نکات پایانی

– قبل از شروع هر نوع نمونه‌گیری خون، باید اطمینان حاصل شود که تمام وسایل مورد نیاز و مایعات موجود باشد؛

– نباید بیش از دو تا سه بار تلاش برای جمع‌آوری هر نوع نمونه بیولوژیکی انجام شود؛

– لوله جمع‌آوری خون باید قبل از شروع آزمایش برچسب زده شود و نمونه خون در لوله جمع‌آوری برچسب مناسب جمع‌آوری شود؛

– جمع‌آوری خون از حیوانات آزمایشگاهی یکی از روش‌های مهم در تحقیقات زیست‌پزشکی است. حتی یک اشتباه کوچک در روند جمع‌آوری ممکن است منجر به تغییرات زیادی در نتایج شود.

رهیافت‌ها

بدون نیاز به بیهوشی

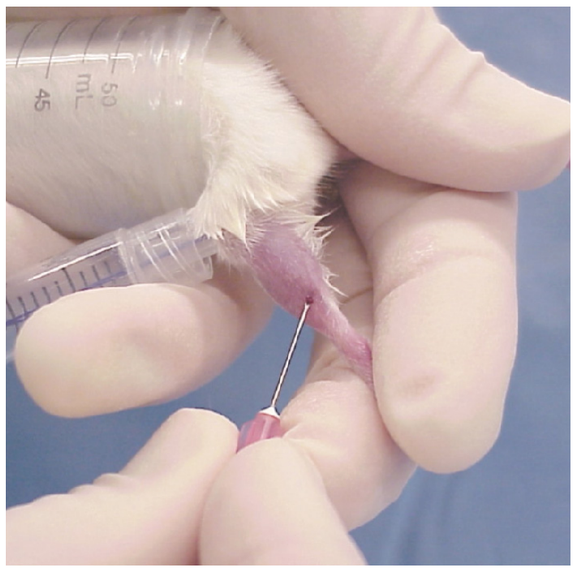
صافن ..... موش، رت، خوکچه
پدال پشتی ..... موش، رت

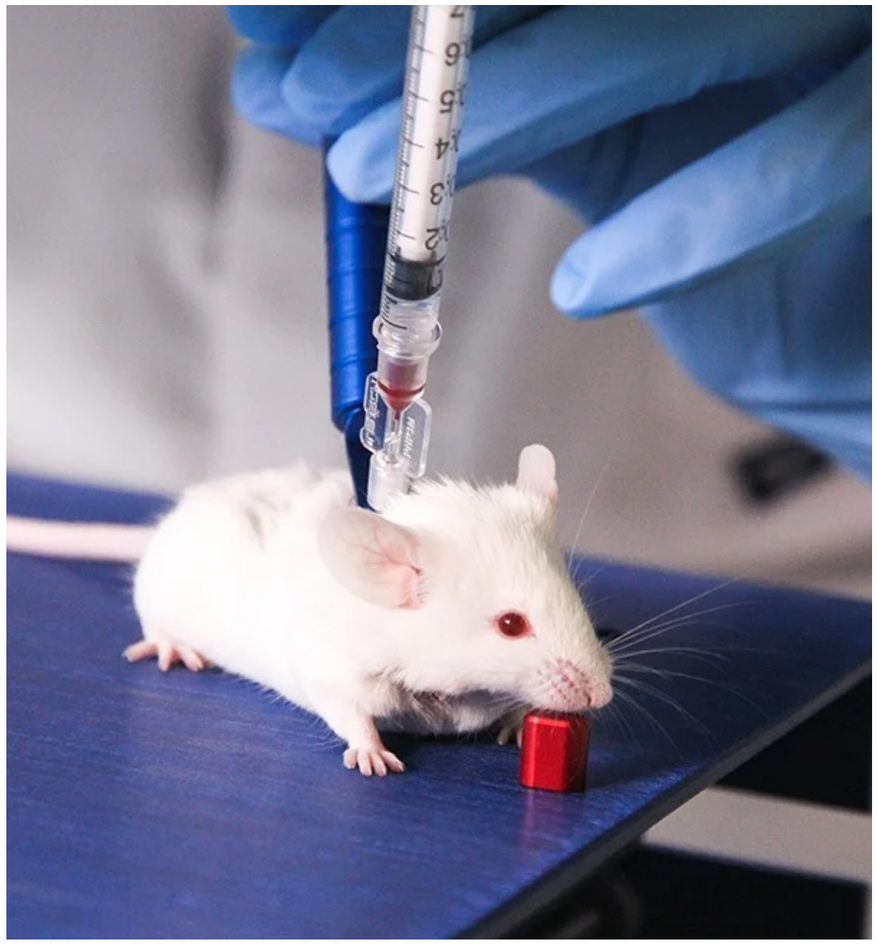
با نیاز به بیهوشی

ورید دم ..... موش، رت
بریدن دم ..... موش
سینوس چشمی .... موش، رت
ژوگولار ..... موش، رت
کانولا موقتی ..... موش، رت
تارسال ..... خوکچه
گوش حاشیه‌ای ..... خرگوش

روش‌های ترمینال

پونکسیون قلبی ..... رت
موش ،خوکچه، خرگوش، راسو
سینوس چشمی .... موش، رت
اجوف خلفی ..... موش، رت





روش جمع‌آوری خون باید براساس پروتکلی که توسط کمیته اخلاق حیوانات تأیید شده است، انجام شود. این روش باید کمترین درد و استرس را به حیوان وارد کند. نمونه خون ممکن است تحت بیهوشی یا بدون بیهوشی جمع‌آوری شود. آموزش کافی برای جمع‌آوری خون با هر روش در هر گونه حیوان باید داده شود.

منابع مورد استفاده در نوشتار

خون‌شناسی موش‌های آزمایشگاهی

و بررسی اثر عوامل محیطی و زیستی بر فاکتورهای بیوشیمیایی و هماتولوژیکی

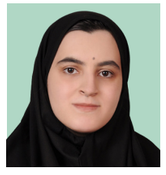
استفاده از مدل‌های زنده در تحقیقات علمی، به ویژه در علوم پزشکی و دامپزشکی، به ما امکان مطالعه بیماری‌ها و روش‌های درمانی مختلف را می‌دهد. با این حال، استفاده از این مدل‌ها دارای محدودیت‌هایی است که شامل تأثیر ویژگی‌های گروه‌های مورد مطالعه، کم بودن خاصیت تعمیم‌پذیری و نیاز به پایبندی به ملاحظات اخلاقی است. هدف ما در این مطالعه، بررسی اثرات عوامل محیطی و ژنتیکی بر پارامترهای بیوشیمیایی و هماتولوژیکی موش‌های آزمایشگاهی و ارزیابی چگونگی تغییرات هماتولوژی و بیوشیمیایی موش‌ها است. همچنین بررسی تأثیر روش‌های مختلف نمونه‌گیری بر نتایج پارامترهای خونی و بیوشیمیایی از دیگر اهداف این مطالعه می‌باشد.

کلیات

استفاده از مدل‌های زنده در تحقیقات علمی، چه در علوم پزشکی و چه در علوم دامپزشکی، به طور گسترده‌ای مورد توجه بوده است. همان‌طور که مشخص است، استفاده از این نمونه‌ها به ما شانس انجام مطالعات مداخله‌ای را نیز می‌دهد. باید این نکته را مدنظر داشت که استفاده از مدل‌های آزمایشگاهی محدودیت‌هایی مانند ناتوانی در پژوهش و بررسی تمام فرضیه‌ها، تأثیرگذاری ویژگی‌های گروه‌های مورد مطالعه بر ویژگی‌های طبیعی حیوانات و انسان‌ها و به طور کلی کم بودن خاصیت تعمیم‌پذیری و اعتبار خارجی مطالعه را دارد. همچنین، پایبندی به ملاحظات اخلاقی از موارد حائز اهمیت در این مطالعات است.

یکی از کاربردهای استفاده از حیوانات آزمایشگاهی، مانند موش، مطالعه بر روی بیماری‌ها و روش‌های درمانی مختلف است. لذا، دانستن چگونگی تغییرات هماتولوژی و بیوشیمیایی این نوع مدل‌ها حائز اهمیت است و همچنین آگاهی از تأثیر روش‌های نمونه‌گیری مختلف بر این متغیرها نیز به نتیجه‌گیری هرچه دقیق‌تر ما کمک می‌کند. از دیگر اهداف استفاده از موش آزمایشگاهی، می‌توان به مطالعه بر روی عفونت با لیستریا مونوسیتوژنز، بیولوژی سیستم‌های قلبی عروقی، چاقی متاثر از رژیم غذایی، دیابت نوع دو، تصلب شرایین، وقوع بالای میکروفتالمی، کاهش تراکم استخوان و هیدروسفالوس ارثی اشاره کرد؛ گرچه موارد متعدد بسیاری بیشتری نیز مورد توجه محققان قرار دارد که بحث در مورد آن، در این مقال نمی‌گنجد.

در این مقاله، اثرات مختلف عواملی مانند شرایط محیطی، فیزیکی و روش‌های نمونه‌گیری بر پارامترهای هماتولوژیکی و بیوشیمیایی را بررسی کرده‌ایم. اختلاف در پارامترهای بیوشیمیایی و هماتولوژی می‌تواند بر اساس تبار، ژنوتیپ، گونه و همچنین تحت تأثیر سن، رژیم غذایی، محیط و مکان جمع‌آوری نیز باشد؛ بنابراین، آگاهی از پارامترهای فیزیولوژیکی و تفسیر مناسب پارامترهای بیوشیمیایی و هماتولوژیکی سرم و خون برای ارزیابی هموستاز و تغییرات ناشی از فرآیندهای پاتولوژیک در اندام‌های مختلف حائز اهمیت است.



/// تینا یعقوب‌پور
رزیدنسی کلینیکال پاتولوژی
ورودی ۱۴۰۰، دانشگاه شیراز

/// لعیا احمدی
دانشجوی دکترای دامپزشکی
ورودی ۱۳۹۹، دانشگاه شیراز

روش کار

یک قطره کوچک خون برای ساختن یک اسمیر خونی مناسب لازم است. به منظور ارزیابی، به یک آزمایشگاه تشخیصی برای CBC و شمارش سلولی نیاز داریم. با استفاده از یک قطره خون، یک اسمیر شعله شمعی ایجاد می‌کنیم و گسترش ما باید نازک باشد تا بتوانیم به راحتی ناحیه‌ی لبه نازک اسمیر را مشاهده کنیم و برای مشاهده‌ی دقیق‌تر سلول‌های خونی از لنز ۱۰۰× استفاده کردیم.

سرم خونی نیز با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر برای ارزیابی پارامترهای بیوشیمیایی مانند پروتئین تام، تری گلیسرید، کلسترول، آلکالین فسفاتاز، اوریک اسید، الانین ترانس‌آمیناز، اسپارتات ترانس‌آمیناز، آلبومین، گلوبولین، گلوکوز، کراتین و اوره مورد ارزیابی قرار گرفت.

اثر بر فاکتورهای هماتولوژیکی

حجم خون موش بین ۵٫۰ تا ۷٫۱ میلی‌لیتر به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بدن گزارش شده است و تقریباً ۵٫۵ میلی‌لیتر بر کیلوگرم خون می‌توانند از موش خون گرفته شود. میانگین حجم کل خون در موش‌ها ۵٫۸۵ میلی‌لیتر به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بدن محاسبه شده است و متوسط حجم پلاسما نیز ۳٫۱۵ میلی‌لیتر در ۱۰۰ گرم است. حجم کل خون در موش ۵٫۴٪ تا ۸٫۲٪ وزن بدن (متوسط، ۶٫۶٪) گزارش شده است. پارامترهای هماتولوژیک موش‌ها تحت تأثیر چندین عامل مانند محل جمع‌آوری، سن، جنسیت، روش مهار، بیهوشی و سطح استرس و ریتم شبانه‌روزی قرار می‌گیرند. عوامل محیطی ممکن است بر نتایج هماتولوژیک تأثیر بگذارند. در موش‌ها، جمع‌آوری خون از طریق قلب اغلب نادرست است. همچنین نمونه‌گیری از قلب بر تعداد لکوسیت‌های محیطی تأثیر می‌گذارد و اغلب تعداد لکوسیت‌ها و گلبول‌های قرمز، غلظت هموگلوبین و درصد هماتوکریت کمتری را در مقایسه با نمونه‌هایی که از دم گرفته شده است، نشان می‌دهد. موش‌های تحت استرس (مثلاً از حمل‌ونقل یا جابجایی) اغلب تعداد لکوسیت‌های کمتری را نشان می‌دهند، لذا عوامل محیطی و نحوه‌ی نمونه‌گیری بر مقادیر هماتولوژیکی اثر می‌گذارند.

نیمه‌عمر گلبول‌های قرمز در جوندگان کوچک بین ۴۵ تا ۶۷ روز است که کوتاه‌تر از پستانداران بزرگ است. پلی‌کروموازیا یک یافته رایج در اسمیر خونی محسوب می‌شود و بزرگسالان به طور معمول به طور متوسط ۲٪ تا ۷٪ رتیکولوسیتوز دارند. غلظت گلبول‌های قرمز خون معمولاً در جنس ماده کمتر از نرها است. اجسام هاول-جولی در تعداد کمی از گلبول‌های قرمز موش‌های معمولی یافت می‌شود. در موش‌ها، تشکیل رول حتی در موش‌هایی که به بیماری التهابی مبتلا هستند، غیرمعمول است. گرانولوسیت‌های موش‌ها اغلب دارای هسته بدون لوب و هسته‌های متمایز معمولاً شکل نعل اسبی یا حلقه‌ای دارند. تعداد پلاکت‌ها در موش‌ها در مقایسه با پستانداران بزرگ‌تر بیشتر است. غلظت لکوسیت موش‌ها می‌تواند تحت تأثیر تغییرات شبانه‌روزی نیز قرار بگیرد و این مقادیر می‌تواند بین سویه‌های مختلف موش متفاوت باشد، به‌طوری‌که در روشنایی مقادیر سلول‌های خونی افزایش می‌یابد.

یک تنوع وابسته به سن در شمارش لکوسیتی موش‌ها، مانند تغییرات نسبت نوتروفیل: لنفوسیت، افزایش غلظت نوتروفیل و کاهش غلظت لنفوسیت‌ها همگام با افزایش سن، نیز گزارش شده است. علاوه بر این، هیجان و استرس نیز می‌تواند بر مقادیر لکوسیتی تأثیر بگذارد. در هنگام نمونه‌گیری خون در موش‌ها، تعداد گلبول‌های سفید خون نیز می‌تواند تغییر کند، لکوسیتوز و افزایش لنفوسیت‌های در گردش از جمله این تغییرات در حین نمونه‌گیری هستند. همچنین، اواریوهیسترکتومی در موش‌ها منجر به افزایش درصد لنفوسیت‌های T و B در گردش نیز می‌شود. در ارتباط با جنسیت در موش سوری، تعداد گلبول‌های قرمز در جنس ماده بیشتر است و پلاکت‌ها نیز در جنس ماده نسبت به نر این نژاد بیشتر گزارش شده است. در عوض، نرهای موش سوری لنفوسیت‌های بیشتری نسبت به ماده‌ها داشتند و ماده‌ها مقدار مونوسیت‌های بیشتری در مقایسه با نرها داشتند.

هیپوپلازی مغز استخوان می‌تواند ناشی از سمیت شیمیایی، بیماری‌های عفونی، مسمومیت استروژن، میلوفیبروز یا با واسطه‌ایمنی باشد. آپلازی مغز استخوان بیشتر در حیوانات اهلی مربوط به درمان سرکوب‌کننده سیستم ایمنی یا بیماری‌های ناشی از سیستم ایمنی است. هیپرپلازی مغز استخوان می‌تواند به عنوان یک پاسخ برای جبران از دست دادن سلول‌های محیطی میلوئید یا اریتروئید باشد و همچنین می‌تواند ناشی از اختلالات نئوپلاستیک، مانند بیماری‌های لنفوپرولیفراتیو یا میلوپرولیفراتیو باشد.

اختلالات هماتولوژی

کم‌خونی با تعداد کم گلبول‌های قرمز خون یا هماتوکریت نشان داده می‌شود. یک علت غیرمعمول کم‌خونی همولیتیک، می‌تواند انگل‌های خونی باشد، اگرچه این موارد به ندرت در جوندگان و حیوانات خانگی دیده می‌شود. همچنین از دست دادن خون مزمن می‌تواند ناشی از آلودگی شدید به شپش باشد که گاهی در موش‌ها و خوکچه هندی مشاهده می‌شود.

اثر بر فاکتورهای بیوشیمیایی

در مطالعه‌ای تجربی، پاسخ گونه‌های جونده منتخب، موش (موش BALB/c) و میکروتین (وول معمولی) به عفونت F. tularensis با استفاده از تزریق کلنی‌های باکتری انجام شد. به منظور بررسی عملکرد کبد و کلیه و همچنین متابولیسم لیپید و ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی حاصل از آنتی‌اکسیدان‌های پلاسما، آزمایش‌های بیوشیمیایی انجام شد. با توجه به سن‌های مختلف، تفاوت‌هایی در ALT، پروتئین تام، آلبومین، تری‌گلیسرید، کلسترول، کراتین، و تری‌گلیسرید دیده شد، ولی تفاوتی میان میزان اوره مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که عوامل پیش از خون‌گیری و حین خون‌گیری، مانند تفاوت در روش خون‌گیری، مهارت فرد، سطح و نوع بیهوشی و حتی عوامل پس از خون‌گیری نیز می‌توانند در مقادیر فاکتورهای بیوشیمیایی مؤثر باشد.

در ارتباط با روش‌های خون‌گیری، مشخص شد که میزان گلوکز به طور معناداری در روش رترو اربیتال بیشتر است. همچنین در ارتباط با روش‌های بیهوشی، میزان پروتئین و آلبومین به طور معناداری در بیهوشی با ایزوفلوران افزایش یافته گزارش شد. روش رترو اربیتال رایج‌ترین فرم نمونه‌گیری است، اما به دلیل درد یا احتمال ایجاد کوری و خطر آسیب بافتی، استفاده از این روش همیشه توصیه نمی‌شود. همچنین از این مطالعه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از بین روش‌های نمونه‌گیری، نمونه‌گیری زیرفکی می‌تواند نسبت به سایر روش‌ها آسان‌تر باشد، زیرا این روش با درد و ناراحتی موش‌ها بعد از نمونه‌گیری همراه نیست. افزایش تری‌گلیسرید در طول عفونت باکتری گرم منفی می‌تواند ناشی از کاهش کلیرانس تری‌گلیسرید به دلیل سرکوب فعالیت لیپوپروتئین لیپاز و افزایش سنتز تری‌گلیسرید باشد. همچنین در مطالعه بر روی موش‌های BALB/c نتیجه گرفته شد که هیپرلیپوپروتئینمی می‌تواند ناشی از سیتوکین‌های آزاد شده در پاسخ به عفونت توسط F. tularensis باشد و باعث هیپرلیپوپروتئینمی شوند.

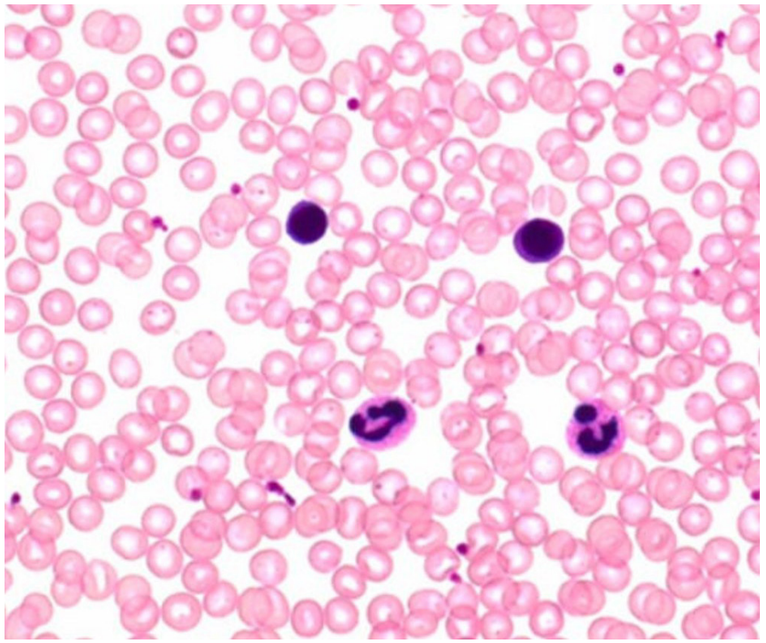
نتایج

تغییرات در پارامترهای بیوشیمیایی و هماتولوژیکی می‌تواند به نژاد، ژنوتیپ، گونه، سن، رژیم غذایی، محیط و مکان جمع‌آوری بستگی داشته باشد. عوامل محیطی و روش‌های نمونه‌گیری مختلف می‌توانند بر نتایج هماتولوژیک تأثیر بگذارند. شرایط محیطی، روش‌های نمونه‌گیری، مهارت فرد نمونه‌گیر، سطح و نوع بیهوشی، و عوامل پس از خون‌گیری همگی می‌توانند بر مقادیر فاکتورهای بیوشیمیایی تأثیر بگذارند. روش‌های نمونه‌گیری مختلف می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر نتایج داشته باشند، به‌طوری‌که میزان گلوکز در روش رترو اربیتال بیشتر است.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که عوامل فیزیکی، محیطی و فیزیولوژیکی زیادی می‌توانند بر پارامترهای بیوشیمیایی اثر بگذارند. دانستن این تغییرات می‌تواند نقش زیادی در اعتبار و تعمیم نتایج داشته باشد. شایان ذکر است که مطالب ارائه‌شده در این صفحات تنها خلاصه و چکیده‌ای از بخش کوچکی از پژوهش‌های انجام شده است و بیشتر تلاش شده تا با ارائه‌ی مثال‌هایی اندک، خواننده را به سمت مطالعات بیشتر و ارجاع به مطالب اصلی سوق دهد. استفاده از مدل‌های زنده در تحقیقات نیازمند درک عمیق از تأثیرات محیطی و ژنتیکی بر پارامترهای بیوشیمیایی و هماتولوژیکی است. همچنین، باید به ملاحظات اخلاقی پایبند بود و روش‌های مناسب نمونه‌گیری را انتخاب کرد تا به نتایجی قابل تعمیم و معتبر دست یافت. مطالعات بیشتر و ارجاع به منابع اصلی برای درک بهتر این تأثیرات توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده در نوشتار



عوامل محیطی و روش‌های نمونه‌گیری مختلف می‌توانند بر نتایج هماتولوژیک تأثیر بگذارند. شرایط محیطی، روش‌های نمونه‌گیری، مهارت فرد نمونه‌گیر، سطح و نوع بیهوشی، و عوامل پس از خون‌گیری همگی می‌توانند بر مقادیر فاکتورهای بیوشیمیایی تأثیر بگذارند. روش‌های نمونه‌گیری مختلف می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر نتایج داشته باشند.

معیار انتخاب گونه

– تنظیم عملکرد تولیدمثلی در محور هیپوتالاموس هیپوفیز تا حد زیادی با انسان مشابهت داشته باشد؛
– زمینه ژنتیکی پایدار و آزادی عمل بیشتر در دستکاری ژنتیکی؛
– طول دوره استروس کوتاه باشد تا زمان مورد نیاز برای انجام مراحل آزمایش به حداقل برسد؛
– قیمت مناسب داشته باشد.

در چند دهه اخیر، مدل‌های مختلف PCOS در انواع مختلف حیوانات از جمله جوندگان، گوسفندان و پریمات‌ها معرفی شده‌اند. هر یک از این مدل‌ها دارای معایب و مزایای خاص خود هستند .

پریمات‌ها و نشخوارکنندگان

در این گروه‌ها، دستکاری ژنتیکی محدودیت‌هایی دارد و به دلیل طولانی بودن دوره بارداری، هزینه القای بیماری و رصد آن به‌صرفه نیست.

جوندگان

این مدل‌ها برای مطالعه اثرات خاص آندروژن‌ها بر روی تکوین اولیه فولیکول‌ها مفید هستند و همچنین با معیارهای مذکور تطابق دارند.

راه‌های القاء

استفاده از تستوسترون

تستوسترون در دوران جنینی رت باعث نامنظم شدن سیکل استروس، افزایش تعداد فولیکول‌ها و توقف تخمک‌گذاری می‌شود. تجویز تستوسترون با تغییرات اندوکرینی از جمله افزایش سطح سرمی تستوسترون و LH همراه است که علاوه بر تغییرات مورفولوژیکی تخمدان، موجب آپوپتوز در فولیکول‌ها نیز خواهد شد.

استفاده از دی‌هیدروایی‌آندروستورن

تجویز DHEA در جوندگان پس از تولد و قبل از بلوغ، در مدت زمان کوتاهی سبب القای تخمدان پلی‌کیستیک می‌شود که منجر به تغییر سیکل استروس، بلوغ غیرطبیعی فولیکول‌ها و عدم تخمک‌گذاری می‌شود. مکانیسم این هورمون افزایش بیوسنتز آندروژن‌ها است.

استفاده از استروژن

استفاده از انواع استروژن‌ها از جمله استرادیول بنزوات، پس از تولد به صورت تک‌دوزی یا تزریق پیوسته، سبب القای تخمدان پلی‌کیستیک، نامنظم شدن سیکل استروس و عدم القای عمل تخمک‌گذاری می‌شود.

استفاده از مهارکننده‌های آروماتاز

القای تخمدان پلی‌کیستیک علاوه بر تزریق آندروژن، از طریق ایجاد شرایطی که بدن به تولید آندروژن مازاد بپردازد نیز ممکن است. در این روش، مدل PCOS ناشی از تزریق لتروزول که یک مهارکننده آروماتاز غیراستروئیدی است، ایجاد می‌شود. لتروزول مانع تبدیل آندروژن‌ها به استروژن می‌شود و با انسداد فعالیت آروماتاز، تجمع آندروژن در تخمدان رخ می‌دهد.

استفاده از تستوسترون انانتات

تزریق روزانه تستوسترون انانتات به صورت زیرپوستی در ناحیه پشت گردن به موش‌های NMRI به مدت دو و چهار هفته، باعث ایجاد مدل حیوانی PCOS می‌شود. مشاهدات بافت‌شناسی در

مطالعهٔ آسیب‌شناسی و ارزیابی درمان در القای آزمایشگاهی

نشانگان «تخمدان پلی کیستیک» در حیوانات آزمایشگاهی کوچک

تخمدان‌های موش در هفته دوم تزریق، افزایش فولیکول‌های پره‌آنترال در ناحیه زیرقشری تخمدان را نشان داده و با افزایش طول دوره تزریق در هفته چهارم، کیست‌های متعدد و نبود جسم زرد مشاهده شده است.

سازوکار ایجاد نشانگان

افزایش فراوانی پالس LH موجب افزایش هرچه بیشتر آندروژن می‌شود. در افراد مبتلا به PCOS، آندروژن زیاد باعث کاهش مهار فیدبک هیپوتالاموسی شده که در نهایت منجر به افزایش ضربانی GnRH خواهد شد. تولید پروژسترون و آندروژن در سلول‌های تکای تخمدان ابتدا تحت کنترل هورمون LH است و از طرفی سطح هورمون LH در افراد مبتلا به PCOS بالا است. بنابراین، به نظر می‌رسد که LH در افزایش سنتز آندروژن‌ها از سلول‌های تکا نقش دارد. زمانی که غلظت LH نسبت به FSH افزایش یابد، تخمدان‌ها به تدریج سنتز آندروژن را افزایش می‌دهند.

رهیافت‌های درمانی

مهم‌ترین درمان‌های این سندرم شامل دو مورد زیر است:

کاهش وزن

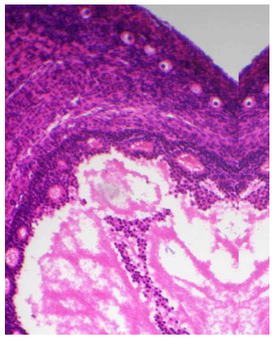
کاهش وزن می‌تواند نظم و تناسب سیستم اندوکراین را بهبود ببخشد. تحقیقات نشان می‌دهد که ورزش و رژیم غذایی مناسب می‌توانند منجر به کاهش میزان آندروژن و برقراری دوره‌های تخمک‌گذاری شوند. اهمیت این موضوع در بیماران دیابتی نوع ۲ که با چاقی و اضافه‌وزن درگیر هستند، نمایان می‌شود. سطح بالای انسولین موجب تحریک سنتز تستوسترون و به دنبال آن منجر به عدم تخمک‌گذاری می‌شود.

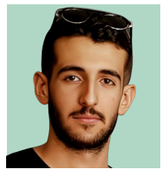
داروهای شیمیایی

– متفورمین: متفورمین به دلیل کاهش سطح انسولین، موجب کاهش سطح آندروژن و نرمال شدن نسبت LH به FSH در افراد مبتلا به PCOS می‌شود.
– کلومیفن سیترات: کلومیفن سیترات، آنتاگونیست گیرنده استروژن است که با فیدبک منفی در مسیر سیگنالینگ استروژن اختلال ایجاد کرده و در نتیجه مقدار FSH را افزایش می‌دهد. افزایش FSH منجر به رشد فولیکولی و در نهایت تخمک‌گذاری می‌شود.
– تاموکسیفن: دارویی مؤثر در تخمک‌گذاری است که به صورت خوراکی مصرف می‌شود. این دارو از نظر عملکرد مشابه کلومیفن سیترات است، اما فاقد اثرات آنتی‌استروژنی بوده و به همین دلیل می‌تواند جایگزین مناسبی برای کلومیفن سیترات باشد.
– اسپیرونولاکتون: این دارو یک دیورتیک است که می‌تواند به عنوان آنتاگونیست گیرنده آندروژن همراه با سایر درمان‌ها به کار رود و باعث کاهش سنتز آندروژن از سلول‌های تکا می‌شود.

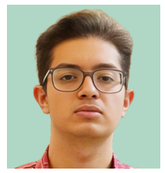
نشانگان تخمدان پلی‌کیستیک چیست؟

سندرم تخمدان پلی‌کیستیک (PCOS) یک اختلال پیچیده با جنبه‌های اندوکرینی، متابولیکی و ژنتیکی است که با عدم تخمک‌گذاری مزمن، تخمدان‌های پلی‌کیستیک و تظاهرات بیوشیمیایی و بالینی هیپرآندروژنیسم مشخص می‌شود. در واقع، سلول‌های تکا در پاسخ به هورمون لوتئینیزان، آندروژن تولید می‌کنند. بنابراین، در افراد مبتلا، سطح آندروژن‌های خون افزایش می‌یابد. درک پاتوژنز PCOS می‌تواند به بهبود درمان این بیماری کمک کند. از این رو، برای تحقیق در مورد سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، نیاز به مدل‌های جدید PCOS احساس می‌شود. ایجاد مدل‌های بیماری در حیوانات آزمایشگاهی، یکی از مهم‌ترین روش‌های پژوهشی برای تشخیص علل و درمان این بیماری در آزمایشگاه‌ها به شمار می‌رود.





/// آرین کریمی‌پورفرد
دانشجوی دکترای دامپزشکی
ورودی ۱۴۰۰، دانشگاه شیراز



/// سید محمد علوی
دانشجوی دکترای دامپزشکی
ورودی ۱۴۰۰، دانشگاه شیراز

منابع مورد استفاده در نوشتار

بیـــرون از گـــود

لاماسو؛ موجودی افسانه‌ای با ظاهری منحصربه‌فرد که نماد سازمان پیوند میان‌گونه‌ای و مجله آن است. این موجود افسانه‌ای دارای سر انسان نماد خردمندی و هوش، تن گاو نشانه قدرت و بال‌های عقاب به نشانه‌ی آزادی است.

پیوند یک روش جراحی یا پزشکی است که شامل پیوند سلول‌ها، بافت‌ها یا اندام‌ها از یک قسمت بدن به قسمت دیگر می‌شود و در نتیجه سلول‌ها، بافت‌ها یا اندام‌های آسیب‌دیده، از دست ازدست‌رفته را جایگزین یا ترمیم می‌کند. اگر به‌درستی انجام شوند می‌توانند زندگی‌بخش باشند و کیفیت زندگی افراد نیازمند آن‌ها را بهبود بخشند. نوع پیوند بر اساس دهنده آن به سه دسته اتولوگ یا اتوگرافت (از خود بیمار)، آلوژنیک یا الوگرافت (اهداکننده هم گونه)، و زنوژنیک یا زنوگرافت (از گونه دیگر) متفاوت است. دسترسی محدود به اندام‌ها، بافت‌ها و سلول‌های انسانی مانعی جدی برای کاربرد گسترده‌تر الوگرافت است. در سرتاسر جهان شکاف بین تقاضا برای اندام‌ها و تعداد اندام‌های موجود قابل توجه است و به طور مداوم در حال افزایش است. این امر جامعه علمی را تشویق به بررسی رویکردهای جایگزین از جمله پیوند اندام‌ها، بافت‌ها و سلول‌ها بین گونه‌های مختلف کرده است که به آن زنوترنسپلنت گفته می‌شود. در این میان اهمیت ارگانهایی مانند کلیه کبد و قلب بیشتر از سایر ارگان هاست و بیشترین تعداد پیوند عضو را به خود اختصاص می دهند. در همین راستا بیشتر مطالعات این دانش نوپا به پیوند این ارگان ها اختصاص یافته است.

/// پوریا الماسی
رزیدنسی جراحی دامپزشکی
ورودی ۱۴۰۲، دانشگاه شیراز

در صفحات بعدی بخوانید!

نیم‌نگاهی بر پیوند میان گونه‌ای

چالش‌ها و فرصت‌ها در زنوترنسپلنت (Xenotransplantation)

تاریخچه زنوترنسپلنت

زنوترنسپلنت (Xenotransplantation) یا پیوند از گونه‌های جانوری به انسان، پیشینه‌ای طولانی دارد که به انتقال خون از گوسفند به انسان توسط ژان باپتیست دنیس در قرن هفدهم بازمی‌گردد. پس از کارهای جراح پیشگام، الکسیس کارل، که تکنیک آناستوموز عروق خونی را توسعه داد، در قرن بیستم تلاش‌های متعددی برای پیوند اعضای پستانداران غیرانسان (NHP) به بیماران انجام شد. در سال‌های ۱۹۶۳-۱۹۶٤، یک بیمار تقریباً ۹ ماه با حمایت یک جفت کلیه شامپانزه به کار بازگشت. در سال ۱۹٦٤، اولین پیوند قلب از شامپانزه (ناموفق) انجام شد و در سال ۱۹۹۲ یک بیمار با پیوند کبد بابون به مدت ۷۰ روز زنده ماند. با توجه به موفقیت‌های حاصل از پیوند عضو از پریمات‌های غیرانسان به انسان، استفاده از آن‌ها به‌عنوان منابع اندام با ظهور مهندسی ژنتیک و فناوری‌های شبیه‌سازی محدودیت‌هایی دارد و خوک‌ها در حال حاضر حیواناتی هستند که احتمالاً مشکل کمبود اعضای دهنده را حل می‌کنند.

پاتوبیولوژی زنوترنسپلنت

موانع پاتوبیولوژیک برای پیوند موفقیت‌آمیز عضو خوک در پستانداران شامل فعال شدن سیستم ایمنی ذاتی و تطبیقی، اختلالات انعقادی و التهاب است. پاسخ ایمنی ذاتی سریع شامل آنتی‌بادی‌های ضد خوک، فعال‌سازی کمپلمان، و پاسخ‌های سلولی ذاتی مانند نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها، ماکروفاژها، سلول‌های کشنده طبیعی (NK)، و سپس پاسخ ایمنی تطبیقی پس از پیوند رخ می‌دهد که می‌تواند سبب رد پیوند شود. اگرچه ورود سلول T به بافت پیوند به‌ندرت گزارش شده است، اما فعال شدن سلول T می‌تواند باعث افزایش پاسخ سلول‌های B به بافت پیوندی و رد پیوند شود. عواملی مانند اختلال در تنظیم انعقاد و التهاب نقش مهم‌تری در رد زنوترنسپلنت‌ها نسبت به الوترنسپلنت‌ها دارند. بنابراین، پاسخ‌های ایمنی به زنوترنسپلنت خوکی را نمی‌توان به‌سادگی با سرکوب فعالیت سلول‌های T کنترل کرد.

موانع ایمونولوژیک زنوترنسپلنت

موانع ایمونولوژیک برای زنوترنسپلنت موفق عمدتاً به وجود آنتی‌بادی‌های طبیعی ضد خوک در انسان و پریمات‌های غیرانسان مربوط می‌شود که به آنتی‌ژن‌های بیان‌شده در اندام خوک پیوندی متصل می‌شوند. مهم‌ترین این آنتی‌ژن‌ها، عامل Gal است که فرآیند آبشار کمپلمان را فعال کرده و منجر به تخریب سریع پیوند می‌شود، فرآیندی که به رد بیش‌حاد معروف است. حتی اگر از این رد

مهندسی ژنتیک خوک به‌عنوان منبع عضو تا حد زیادی شامل حذف بیان یک یا چند مورد از سه آنتی‌ژن کلیدی خوک و یا درج یک ژن انسانی است که پیوند را از سیستم کمپلمان و اختلالات انعقادی محافظت می‌کند.

اولیه با واسطه آنتی‌بادی از طریق اصلاح ژنتیکی خوک جلوگیری شود، اگر از پاسخ ایمنی تطبیقی با درمان سرکوب‌گر ایمنی کافی جلوگیری نشود، ممکن است سطوح بالایی از آنتی‌بادی ضد خوک ایجاد شود و پیوند رد شود. پیوند اندام‌ها و سلول‌ها از خوک‌هایی که Gal را بیان نمی‌کنند اما یک یا چند پروتئین تنظیم‌کننده مکمل انسانی را بیان می‌کنند، هنگامی که با یک رژیم مؤثر سرکوب‌کننده ایمنی ترکیب شود، از رد اولیه با واسطه آنتی‌بادی و ایمنی سلولی جلوگیری می‌کند. بااین‌حال، سطوح پایین آنتی‌بادی علیه عواملی به‌جز Gal و سلول‌های ایمنی ذاتی و/یا پلاکت‌ها ممکن است باعث ایجاد میکروآنژیوپاتی ترومبوتیک در پیوند شود که ممکن است با اختلال انعقادی مصرفی در گیرنده همراه باشد. این فرآیند بیماری‌زا با اختلال سیستم‌های انعقادی-ضد انعقادی بین خوک‌ها و پستانداران برجسته می‌شود. در خوک‌هایی که آنتی‌ژن Gal در آن‌ها حذف شده است، بیان یک پروتئین تنظیم‌کننده انعقاد انسانی، به‌عنوان‌مثال ترومبومودولین، با بقای طولانی‌مدت پیوند خوک در پریمات‌های غیرانسان همراه بوده است.

خوک دست‌کاری‌شده ژنتیکی

مهندسی ژنتیک خوک به‌عنوان منبع عضو تا حد زیادی شامل حذف بیان یک یا چند مورد از سه آنتی‌ژن کلیدی خوک و یا درج یک ژن انسانی است که پیوند را از سیستم کمپلمان و اختلالات انعقادی محافظت می‌کند. مهندسی ژنتیک همچنین ممکن است به غلبه بر هر یک از موانع فیزیولوژیکی کمک کرده و خطر انتقال میکروارگانیسم‌های بالقوه عفونی به انسان را کاهش دهد. با فناوری‌های جدید در دسترسی مانند CRISPR-Cas9، دستیابی به چندین دست‌کاری ژنتیکی در خوک‌ها سریع‌تر و ارزان‌تر می‌شود، بنابراین پیشرفت به سمت اجرای بالینی زنوترنسپلنت با این فناوری تسریع می‌شود و هر روزه به سمت تولید خوک‌هایی با تغییرات ژنتیکی گسترده‌تر برای جلوگیری از رد زنوترنسپلنت پیش می‌رویم.

درمان‌های سرکوب‌کننده ایمنی

وظیفه جلوگیری از رد پیوند در طولانی‌مدت عمدتاً بر عهده داروهای سرکوبگر ایمنی است. پاسخ‌های سلول T و آنتی‌بادی به پیوند خوک را می‌توان با عوامل بیولوژیکی یا دارویی که در حال حاضر در دسترس هستند جلوگیری کرد. اکثر رژیم‌های سرکوبگر ایمنی مشابه رژیم‌هایی هستند که در الوگرافت استفاده می‌شوند و شامل یک عامل قوی کاهش‌دهنده‌ی سلول T، به‌عنوان‌مثال گلوبولین آنتی‌تیموسیت (ATG) و یک کاهش‌دهنده سلول لنفوسیتی B مانند آنتی CD20mAb است. درمان نگهدارنده سرکوب ایمنی با عوامل دارویی مرسوم، مانند تاکرولیموس، رایامایسین، و کورتیکواستروئیدها، در زنوگرافت نسبت به الوگرافت موفقیت کمتری داشته و درمان با یکی از عوامل Costimulation Blockade موردنیاز بوده است. علاوه بر این، درمان کمکی با یک عامل ضدالتهابی نیز انجام شده است. دست‌کاری هدفمند ژنتیکی خوک‌ها نیز در این موارد کمک‌کننده است؛ یعنی علاوه بر حذف ژن آنتی‌ژن‌هایی که می‌توانند واکنش میزبان را به دنبال داشته باشد، با جایگذاری ژن‌های تنظیم‌کننده و سرکوب‌گر ایمنی در ارگان پیوندی می‌توان از نیاز به درمان‌های سرکوب‌گر ایمنی کاست و بقای پیوند را افزایش داد.

تجربیات پیوند از خوک به پریمات

قلب

اکثر آزمایش‌های مربوط به پیوند قلب خوک‌ها به‌عنوان یک عضو غیر حامی زندگی در شکم (پیوند هتروتوپیک قلب بیگانه) انجام می‌شود. این روش امکان نظارت بیشتر بر قلب، نمونه‌برداری از آن، و در صورت نیاز، برداشتن قلب یا ماکروفاژها (سلول‌های کوپفر) فاگوسیتوز شده یا در تجمعات پلاکتی-لکوسیتی در پیوند از بین می‌روند. تاکنون، حداکثر بقای کبد پیوندی به کمتر از یک ماه محدود شده است.

سلول‌های کبدی خوک را می‌توان اصلاح ژنتیکی کرد تا سطوح بالایی از آنزیم‌های مورد نظر را تولید کنند. سپس از این سلول‌ها در دستگاه‌های کمک‌کننده پرفیوژن کبدی استفاده می‌شود که می‌توانند به‌صورت دوره‌ای نقش‌های کبد در پاکسازی را ایفا کند. این دستگاه به کارکرد پیوند کبد در مراحل اولیه کمک کرده و باعث می‌شود کبدهایی که برای پیوند شرایط مساعد ندارند، پس از پیوند دچار نارسایی نشوند.

ریه

پیوند ریه خوک در پریمات‌های غیرانسان حتی مشکل‌سازتر از پیوند کبد است. انعقاد ناکارآمد و ساختار شکننده ریه باعث شده است که بقای پیوندهای ریه تنها به چند روز محدود شود.

جزایرپانکراس

شیوع دیابت در سراسر جهان در حال افزایش است و سلامت میلیون‌ها انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هزینه‌های بیماران دیابتی اکنون ۱۰ درصد از بودجه مراقبت‌های بهداشتی ایالات متحده را به خود اختصاص می‌دهد. پیشرفت‌های درمانی پزشکی، از جمله عوامل کاهنده گلوکز جدید و پمپ‌های انسولین، مدیریت دیابت را بهبود بخشیده است، اما کنترل دقیق گلوکز همچنان دشوار است. پیوند جزایر در انسان به‌طور فزاینده‌ای موفقیت‌آمیز بوده است، اما به دلیل فقدان اهداکنندگان متوفی مناسب، به‌شدت محدود شده است. خوشبختانه، پیوند جزایر پانکراس خوک دست‌کاری‌شده به پریمات‌های غیرانسان نتایج مثبتی به دنبال داشته و سطح گلوکز را برای بیش از یک سال در حالت طبیعی نگه داشته است.

قرنیه

در بسیاری از کشورهای جهان، کمبود قرنیه اهدایی از متوفیان، میلیون‌ها فرد نیازمند پیوند قرنیه را با مشکل جدی مواجه کرده است. پیوند لایه قدامی قرنیه سلول‌زدایی‌شده‌ی خوک (که مجدداً توسط کراتوسیت‌های خود بیمار سلولاریزه می‌شود) در حال حاضر در چین انجام شده و نتایج دلگرم‌کننده‌ای به همراه داشته است. در سال ۲۰۲۱، مطالعه بالینی فاز ۱ در کره جنوبی برای ارزیابی ایمنی و اثربخشی پیوند قرنیه از خوک به انسان به اجرا درآمد.

گلبول قرمز

کمبود گلبول‌های قرمز برای انتقال بالینی و دسترسی به خون HIV منفی در چندین کشور مانند آفریقای جنوبی به‌طور فزاینده‌ای دشوار است. این مشکل، و همچنین اطمینان از عدم وجود میکروارگانیسم‌های عفونی در سلول‌های تزریق‌شده، می‌تواند با استفاده از خوک‌های اصلاح ژنتیکی‌شده به‌عنوان اهداکننده گلبول‌های قرمز برطرف شود.

بیماری پارکینسون

نتایج دلگرم‌کننده‌ای در درمان بیماری پارکینسون مانند در میمون‌ها با پیوند سلول‌های تولیدکننده دوپامین خوک به ماده سیاه به‌دست‌آمده است. بهبود بالینی این وضعیت در درصد قابل‌توجهی از میمون‌ها مشاهده شده و چندین ماه ادامه داشته است.

نامزدی دریافت عضو خوک

پیوند کلیه خوک

- بیمارانی که نسبت به کلیه آلوگرافت حساس هستند و نمی‌توانند آن را دریافت کنند؛
- بیماران ۶۰ سال به بالا که عمدتاً در انتظار کلیه مناسب از دنیا می‌روند. این بیماران با دریافت کلیه‌های زنوگرافت می‌توانند مدت طولانی‌تری را بدون نیاز به دیالیز سپری کنند.

پیوند قلب خوک

نوزادانی که با مشکل قلبی مادرزادی پیچیده به دنیا می‌آیند و به صورت اورژانسی به قلب اهدایی با سایز مناسب نیاز دارند.

پیوند کبد خوک

بیمارانی که به دلیل نارسایی شدید کبدی در آستانه مرگ قرار دارند و هیچ درمان جایگزینی برای آن‌ها وجود ندارد، نامزد دریافت کبد خوک هستند. این بیماران می‌توانند تا زمانی که کبد

منابع مورد استفاده در نوشتار

مناسب در دسترس قرار گیرد، از این پیوند استفاده کنند .

پیوند جزایر پانکراس خوک

کاندیداهای اصلی، شامل دو گروه عمده هستند.

- بیماران دیابتی «شکننده» که از هیپوگلایسمی خودآگاهی ندارند، به ویژه آن‌هایی که دوره‌های هیپوگلایسمی مرگبار را تجربه می‌کنند؛
- بیماران دیابتی با پیوند قبلی کلیه (یا کسانی که در شرف دریافت آلوگرافت کلیه هستند) که تحت درمان سرکوبگر ایمنی قرار دارند؛ زیرا با انجام زنوگرافت پانکراس خوک، نیاز به سرکوب ایمنی وجود دارد و سرکوب ایمنی صرفاً برای پیوند پانکراس نگرانی‌هایی به دنبال دارد؛ بنابراین این پیوند در افرادی استفاده می‌شود که به دلایل دیگری باید درمان سرکوبگر ایمنی دریافت کنند.

تجربیات پیوند از خوک به انسان

پیوند قلب

قلب خوک‌های اصلاح ژنتیکی شده می‌تواند حداقل یک ماه از زندگی فرد دریافت‌کننده پشتیبانی کند. نخستین پیوند قلب موفق از خوک به انسان در سال ۲۰۲۲ در دانشگاه مریلند که از پیشگامان علم زنوترنسپلنت شناخته می‌شود انجام گرفت. دیوید بنت، ۵۷ ساله، قلب خوک اصلاح ژنتیکی شده را دریافت کرد و به مدت ۶۰ روز زنده ماند و نهایتاً در اثر رد پیوند قلب از دنیا رفت. دومین مورد پیوند قلب موفق نیز در سال ۲۰۲۳ در دانشگاه مریلند انجام گرفت. لارنس فست قلب خوک اصلاح ژنتیکی شده را دریافت کرد و برای ۴۰ روز زنده ماند، اما نهایتاً مرگ او نیز در اثر رد پیوند قلب رخ داد. در این موارد، سایتومگالوویروس

نخستین مورد موفق از پیوند کلیه از خوک اصلاح ژنتیکی شده با تکنیک کریسپر به ریچارد اسلی‌من، ۶۲ ساله با بیماری کلیه مرحله آخر انجام شد. او به دیابت نوع ۲ و فشار خون بالا نیز مبتلا بود و در سال ۲۰۱۸ آلولوگرافت کلیه دریافت کرده بود.

خوکی همزمان با آغاز از کار افتادن قلب شناسایی شد، در حالی که پیش از پیوند اثری از آن در قلب خوک مشاهده نشده بود. تکثیر این ویروس در زنوگرافت‌های قلب خوک به بابون نیز حوالی زمان رد پیوند مشاهده شده است.

پیوند کلیه

نخستین مورد موفق از پیوند کلیه از خوک اصلاح ژنتیکی شده با تکنیک کریسپر به ریچارد اسلی‌من، ۶۲ ساله با بیماری کلیه مرحله آخر انجام شد. او به دیابت نوع ۲ و فشار خون بالا نیز مبتلا بود و در سال ۲۰۱۸ آلولوگرافت کلیه دریافت کرده بود، اما پس از ۵ سال دچار نارسایی کلیه شد و تحت دیالیز قرار گرفت. او نهایتاً به صورت آزمایشی عمل پیوند کلیه خوک روی او انجام شد و به مدت ۲ ماه پس از دریافت پیوند زنده ماند و طبق گزارشات، مرگ او ارتباطی با دریافت پیوند کلیه خوک نداشت.

نگرانی‌ها و محدودیت‌ها

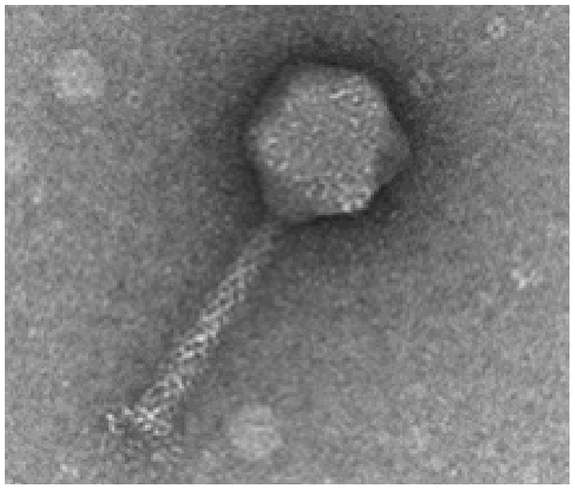
با این‌که هنوز قابلیت بالینی استفاده از زنوترنسپلنت‌ها تحت مطالعه است، نگرانی‌هایی در مورد استفاده از آن‌ها وجود دارد. به عنوان مثال، با اینکه خطر بروز بیماری‌های مشترک به طور قابل توجهی با جایگزینی خوک به عنوان دهنده عضو به جای پریمات‌های غیر انسان کاهش می‌یابد، اما خطر بروز عفونت‌ها پایش شوند و ارتباطات نزدیک آن‌ها مشخص باشد، که این موضوع با حقوق انسانی افراد دریافت‌کننده در تضاد است. وجود تست‌های تشخیصی حساس برای تشخیص زودهنگام این عفونت‌ها و نگهداری و ایجاد گله‌های ایمن از نظر زیستی، نیازمند سرمایه‌گذاری قابل توجه است. علاوه بر این، روش‌های پیشگیری از بیماری‌های این مورد، پاتوژن‌هایی که در سطح درون‌سلولی بی‌علامت باقی می‌مانند، مانند سایتومگالوویروس خوکی، یا هرپس ویروس لمفوتروپیک خوکی، ویروس هپاتیت E و رتروویروس‌های اندوژنوس خوکی اهمیت دارند. همچنین ممکن است پاتوژن‌های ناشناخته‌ای وجود داشته باشند که بعدها مشکل‌زا شوند. بنابراین، افراد دریافت‌کننده زنوگرافت باید به‌طور مادام‌العمر از نظر بروز عفونت‌ها پایش شوند و ارتباطات نزدیک آن‌ها مشخص باشد، که این موضوع با حقوق انسانی افراد دریافت‌کننده در تضاد است. وجود تست‌های تشخیصی حساس برای تشخیص زودهنگام این عفونت‌ها و نگهداری و ایجاد گله‌های ایمن از نظر زیستی، نیازمند سرمایه‌گذاری قابل توجه است. علاوه بر این، روش‌های پیشگیری از بیماری‌های عفونی در حیوانات منبع عضو نیازمند انزوا، اسکان نامناسب اخلاق‌شناختی، و روش‌های تهاجمی باروری است که به شدت بر رفاه موجودات اجتماعی باهوش مانند خوک‌ها تأثیر می‌گذارد و در تضاد با بهترین شیوه‌های مراقبت و رفاه و حقوق حیوانات است و می‌تواند حساسیت‌هایی را برانگیزد.

از دیگر محدودیت‌های موجود می‌توان به تفاوت‌های فیزیولوژیک میان انسان دریافت‌کننده و خوک دهنده عضو، نبود درمان‌های سرکوب‌کننده ایمنی به میزان کافی و عدم شناخت کافی از ژنوم خوک‌های اهداکننده برای انجام تغییرات لازم جهت جلوگیری از رد پیوند اشاره کرد.

با اینکه خطر بروز بیماری‌های مشترک به طور قابل توجهی با جایگزینی خوک به عنوان دهنده عضو به جای پریمات‌های غیر انسان کاهش می‌یابد، اما خطر بروز عفونت‌های مشترک میان انسان و خوک همچنان وجود دارد.

آرش در بلژیک!

مصاحبه با دکتر یوسفی: داستان کشف «آرش‌ویروس»



چند ماه پیش بود که ماجرای کشف یک ویروس جدید و انتخاب نامی باستانی و ایرانی برای آن توسط یکی از دانشجویان و با حمایت اساتید دانشکده، بسیار خبرساز شد و نام «آرش ویروس» بر سر زبان‌ها افتاد. همت دکتر یوسفی با حمایت اساتید دانشکده برای به سرانجام رساندن این اکتشاف در طی مسیر پرپیچ‌وخمی که پیموده بود، بدون شک الگویی برای تمام دانشجویان و محققینی است که در ابتدای مسیر هستند و یا قصد دارند در این مسیر گام بگذارند.
امروز پای صحبت‌های دکتر محمدهاشم یوسفی، مکتشف «آرش» و جنس آرش‌ویروس نشستیم تا از آن‌چه که انجام شد، سختی‌ها و آسانی‌ها و جزئیات اکتشاف ارزشمندشان با همکاری اساتید دانشکده‌مان بپرسیم. با وهومن همراه باشید.

سلام، از اینکه دعوت ما را برای این مصاحبه پذیرفتید از شما ممنونیم. لطفاً در ابتدا یک معرفی اجمالی از خودتان داشته باشید تا همراهان ما با شما بیشتر آشنا شوند.

با نام و یاد خدا، من هم خدمت شما و مخاطبان نشریهٔ وهومن سلام عرض می‌کنم. بنده محمدهاشم یوسفی، فارغ‌التحصیل دکترای عمومی دامپزشکی دانشگاه شیراز در سال ۱۳۹۷ و همچنین فارغ‌التحصیل دکترای تخصصی بهداشت مواد غذایی، گرایش میکروب‌شناسی مواد غذایی دانشگاه شیراز در سال ۱۴۰۳ هستم.

به عنوان نخستین پرسش، چه شد که به رشتهٔ میکروبیولوژی مواد غذایی علاقه‌مند شدید؟

پس از اتمام دورهٔ دکترای عمومی دامپزشکی، دانشجویان برای ورود به تخصص دو مسیر را در مقابل خود می‌بینند؛ یا باید رشته‌های بالینی مانند بیماری‌های داخلی دام‌های بزرگ، بیماری‌های داخلی حیوانات خانگی، جراحی و ... را انتخاب کنند که به آن‌ها رزیدنسی اطلاق می‌شود، و یا باید وارد رشته‌های PhD شوند که شامل علوم تئوریک و نظری‌تری هستند که جنبهٔ عملی هم دارند اما جنبهٔ نظری آن‌ها پررنگ‌تر است.
رشتهٔ بهداشت مواد غذایی یکی از رشته‌هایی است که در قالب PhD در دانشکده‌های دامپزشکی کشور ارائه می‌شود. دلیل گرایش من به این رشته از میان تمام شاخه‌های دکترای تخصصی زیرمجموعهٔ دامپزشکی، ماهیت میان‌رشته‌ای آن است؛ زیرا شاید در رشته‌های دیگر میدان عمل شما محدودتر از آن چیزی باشد که انتظار دارید مگر این‌که علاقهٔ بسیار متمرکزی روی آن داشته باشید؛ اما رشتهٔ بهداشت مواد غذایی یک رشتهٔ کاملاً وسیع است و دارای جنبه‌های چندرشته‌ای و بین‌رشته‌ای می‌باشد و خلاصه پلی است میان پزشکی و دامپزشکی که حتی علوم محیط زیست، کشاورزی و بسیاری از جنبه‌های مختلف علوم زیستی را در بر می‌گیرد. در دانشکدهٔ دامپزشکی دانشگاه شیراز برای رشتهٔ دکترای تخصصی بهداشت مواد غذایی چهار گرایش وجود دارد. یکی از این گرایش‌ها شیمی مواد غذایی است. گرایش دوم بهداشت گوشت نام دارد که بیشتر بر صنایع گوشت و فراورده‌های گوشتی کشور متمرکز است. گرایش سوم بهداشت شیر و محصولات لبنی می‌باشد و آخرین گرایش هم میکروب‌شناسی مواد غذایی است. چیزی که من را به این گرایش علاقه‌مند کرد ماهیت فراگیرتر آن نسبت به سه گرایش دیگر بود و این دلیل اصلی ورود من به این گرایش بوده است.
مورد بعدی جذابیت خود دروس است. به هرحال هر فردی علایقی دارد و ممکن است علاقهٔ هر شخص به رشتهٔ خاصی معطوف شود؛ برای مثال فردی که به انگل‌شناسی یا پاتولوژی علاقه دارد ممکن است حتی بدون در نظر گرفتن نکات دیگر مانند بازار کار و صرفاً به دلیل این‌که با آن رشته یا درس ارتباط خوبی برقرار می‌کند به سمت آن برود؛ بنابراین دلیل دوم هم علاقهٔ شخصی من به محتوای دروس این رشته بوده است. مورد سوم هم می‌تواند حجم بالای فعالیت و پرکاری بخش بهداشت مواد غذایی باشد که از نظر پژوهش و ارتباط با صنعت، رشته‌ای کاربردی و معطوف به تولید محسوب می‌شود. مسئلهٔ ارتباط با صنعت بسیار مهم است و معمولاً پژوهش‌ها و پایان‌نامه‌هایی که در این حوزه انجام می‌شوند، در صنایع لبنی و گوشتی کشور کاربرد وسیعی دارند. شاید این جنبه از رشتهٔ بهداشت مواد غذایی در رشته‌های دیگر دامپزشکی تا این حد پررنگ نباشد.
بحث سلامت انسان‌ها نیز یک مسئله‌ای محوری است. در دنیای امروز مفهومی به نام «One World, One Health» وجود دارد که نمایانگر سلامت یکپارچه است. یعنی سلامت انسان به سلامت زیست‌بوم و سلامت حیوانات گره خورده و نقص در هر یک از آن‌ها می‌تواند باعث بروز مشکلاتی در این چرخهٔ سلامت شود.

رشته‌ی بهداشت مواد غذایی یک رشته‌ی کاملا وسیع است و دارای جنبه‌های چندرشته‌ای و بین‌رشته‌ای می‌باشد و خلاصه پلی است میان پزشکی و دامپزشکی که حتی علوم محیط زیست، کشاورزی و بسیاری از جنبه‌های مختلف علوم زیستی را در بر می‌گیرد.

چندی پیش خبری درخصوص کشف گونهٔ جدیدی از باکتریوفاژ توسط شما و دکتر حسین‌زاده، استاد محترم بخش بهداشت مواد غذایی دانشکده، رسانه‌ای شد که در سایت دانشگاه شیراز و همچنین سایت‌های معتبر دامپزشکی ایران و حتی جهان بازتاب داشت. ایدهٔ ابتدایی این مطالعه چگونه شکل گرفت؟

زمانی که به عنوان دانشجوی دکترای عمومی دامپزشکی وارد دورهٔ PhD می‌شوید، تقریبا دو سال ابتدایی را به گذراندن دروس مختلف می‌پردازید و پس از آن باید برای امتحان جامع آماده شوید. حال اگر در امتحان جامع موفق شدید می‌بایست با هم‌فکری با اساتید راهنما و مشاور یک پیشنهاده یا پروپوزال بنویسید و از آن به خوبی دفاع کنید.

محمدحسین اکبرنژاد
دانشجوی دکترای دامپزشکی ورودی ۱۳۹۹، دانشگاه شیراز

من نیز طبق همین روند پس از پشت سر گذاشتن امتحان جامع، با مشورت با آقای دکتر حسین‌زاده به عنوان استاد راهنما و همچنین آقای دکتر شکرفروش به عنوان استاد مشاور ایده‌ای را انتخاب کردم و قرار شد که روی آن کار کنیم. پس از تدوین پروپوزال و انجام قسمت محدودی از آن در ایران، به دلیل موافقت دانشگاه با درخواست فرصت مطالعاتیم در خارج از کشور، فاز اول را در کشور بلژیک آغاز کردم و پس از بازگشت به ایران فاز دوم را در دانشکدهٔ دامپزشکی دانشگاه شیراز به سرانجام رساندم.
اگر بخواهم راجع به ماهیت کاری که انجام دادیم صحبت کنم، باید در ابتدا بگویم با اینکه تعداد پاتوژن‌هایی که در مواد غذایی یافت می‌شوند یا همان «پاتوژن‌های غذازاد» محدود است، اما همین تعداد محدود نیز از نظر پزشکی و دامپزشکی اهمیت بسیاری دارند. یکی از مهم‌ترین پاتوژن‌های غذازاد باکتری سالمونلا است که خود به دو گونهٔ سالمونلا بونگوری و سالمونلا انتریکا تقسیم می‌شود. گونهٔ سالمونلا انتریکا خود به زیرگونه‌های مختلف و هر کدام از زیرگونه‌های آن به سروارهای متنوعی تقسیم می‌گردند.
نوعی تقسیم‌بندی دیگر نیز وجود دارد که براساس آن برخی از سروارهای سالمونلا که میان انسان و حیوانات مشترک هستند و میزبان اختصاصی ندارند، در گروهی تحت عنوان سالمونلاهای غیرتیفوئیدی قرار می‌گیرند؛ سالمونلا تیفی‌موریوم و سالمونلا اینتریتیدیس از اعضای این گروه به شمار می‌روند. در مقابل، سالمونلا تیفی و سالمونلا پاراتیفی وجود دارند که مختص انسان بوده و بیماری‌زایی شدیدتری نسبت به سالمونلاهای غیرتیفوئیدی دارند؛ هرچند سالمونلاهای غیرتیفوئیدی از نظر شدت بیماری‌زایی نسبت به دستهٔ دوم از اهمیت کمتری برخوردارند، اما به دلیل آلوده نمودن مواد غذایی با منشأ دامی مانند گوشت قرمز، گوشت مرغ و تخم مرغ و حتی سبزیجات می‌توانند باعث بروز بیماری‌هایی با منشأ غذایی گردند. از این رو تصمیم گرفتیم بر روی سالمونلاهای غیرتیفوئیدی به مطالعه بپردازیم و راهی برای مقابله با این دسته از باکتری‌ها بیابیم.
همچنین در حال حاضر با پدیدهٔ بسیار مهمی به نام مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها مواجهیم که از سال‌ها پیش ذهن دانشمندان را به خود مشغول کرده است و اکنون شاهد آن هستیم که جنس‌ها و گونه‌های زیادی از باکتری‌ها در برابر طیف وسیعی از آنتی‌بیوتیک‌ها مقاوم شده‌اند. پاسخ ندادن عوامل بیماری‌زا نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های مختلف، علل متعددی دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، انتقال ژن‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی از سویه‌های مقاوم به سویه‌های غیرمقاوم است. دلیل دیگر می‌تواند استفادهٔ بی‌رویه و نابجا از آنتی‌بیوتیک‌ها باشد؛ به عبارتی ساده‌تر اگر از آنتی‌بیوتیک‌ها به صورت نابجا استفاده شود و یا مصرف آن‌ها پیش از تکمیل درمان قطع گردد، ممکن است تغییراتی در سویهٔ بیماری‌زا ایجاد شده و نسبت به آنتی‌بیوتیک مصرفی مقاوم شود؛ در نتیجه در صورت استفادهٔ مجدد از همان آنتی‌بیوتیک، سویه‌های غیرمقاوم نابود می‌شوند اما سویه‌های مقاوم‌تر از بین نرفته و تکثیر می‌گردند.
یافتن روش‌هایی برای مقابله با این پدیده، ذهن دانشمندان را از گذشته به خود درگیر نموده است. از سویی دیگر تولید آنتی‌بیوتیک‌های جدید و اختصاصی نیز برای شرکت‌های داروسازی به صرفه نیست و اگر چاره‌ای برای مقابله با مقاومت آنتی‌بیوتیکی اندیشیده نشود، این موضوع می‌تواند به یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی جوامع بشری تبدیل گردد و روزی فرا برسد که حتی عفونت‌های بسیار ساده نیز نسبت به بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌ها مقاوم باشند و مخاطراتی جدی در حوزهٔ سلامت به بار آید.
این محدودیت‌ها سبب شد تا پژوهشگران به جست‌وجوی جایگزینی برای آنتی‌بیوتیک‌ها و همچنین روش‌هایی برای افزایش بهره‌وری آن‌ها بپردازند. یکی از مواردی که این مسیر را هموارتر نمود، شناخت دقیق‌تر باکتریوفاژها در دههٔ ۱۹۲۰ میلادی بوده است. اگرچه از سال‌ها قبل دانشمندان دریافته بودند که باکتریوفاژها پارتیکل‌هایی هستند که می‌توانند باکتری‌های خاصی را از بین ببرند؛ اما با کشف آنتی‌بیوتیک‌ها و اثرگذاری مطلوب آن‌ها مطالعه بر روی فاژها به فراموشی سپرده شد. با گذشت زمان و ظهور پدیدهٔ مقاومت آنتی‌بیوتیکی، مجدداً پژوهش بر روی باکتریوفاژها آغاز شد و به ویژه در ۳۰ سال اخیر شاهد پیشرفت‌های چشمگیری در حوزهٔ مطالعه بر روی باکتریوفاژها بوده‌ایم.

حال که از چگونگی شکل‌گیری ایدهٔ ابتدایی شما برای مطالعه بر روی باکتریوفاژها مطلع شدیم، لطفا بفرمایید اصولا باکتریوفاژ چیست و چه ویژگی‌هایی دارد؟

باکتریوفاژ در حقیقت یک ویروس است؛ اما نه ویروسی مانند ویروس فلج اطفال، هپاتیت و سرماخوردگی که سلول‌های یوکاریوتی را مورد حمله قرار می‌دهند؛ بلکه میزبان آن باکتری‌ها یا سلول‌های پروکاریوتی هستند.

از چپ به راست: دکترمحمدهاشم یوسفی و پروفسور علی حسین‌زاده.

Phage کلمه‌ای با ریشهٔ یونانی و به معنای خوردن است؛ در نتیجه می‌توان گفت که باکتریوفاژ پارتیکلی است که باکتری را مورد حمله قرار میدهد. انگلیسی‌ها ضرب‌المثلی دارند که می‌گوید: «The enemy of my enemy, is my friend»؛ بنابراین می‌توان از باکتریوفاژها برای مقابله با باکتری‌ها استفاده نمود. یکی از ویژگی‌های مهم باکتریوفاژها این است که برخلاف آنتی‌بیوتیک‌ها بسیار اختصاصی عمل می‌کنند که این ویژگی می‌تواند هم به عنوان مزیت و هم به عنوان عیب تلقی شود؛ اما مزیت آن این است که با استفاده از باکتریوفاژها می‌توان عوامل عفونی را به صورت اختصاصی از بین برد. این مزیت باعث کاهش بروز عوارض جانبی ناشی از مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها می‌شود؛ برای مثال مصرف خوراکی آنتی‌بیوتیک‌ها در عفونت‌های گوارشی باعث آشفتگی دستگاه گوارش می‌گردد، زیرا آنتی‌بیوتیک مصرفی علاوه بر عوامل عفونی، میکروفلور نرمال و مفید دستگاه گوارش که در ایمنی، هضم مناسب غذا و تولید ویتامین K نقش دارد را نیز از بین می‌برد. حال اگر از باکتریوفاژ به عنوان جایگزین آنتی‌بیوتیک استفاده شود، به دلیل اختصاصی عمل کردن در حد جنس، گونه و حتی سویه، فقط عامل عفونی نابود شده و آسیبی به میکروفلور نرمال دستگاه گوارش وارد نمی‌شود.

اگر موافق باشید به بحث پژوهش شما بازگردیم؛ در فاز اجرایی چه کارهایی را انجام دادید؟

طبق توضیحاتی که عرض کردم پژوهش ما این گونه تعریف شد که در ابتدای کار به دنبال باکتریوفاژهایی بگردیم که باکتری سالمونلا و به ویژه سالمونلا تیفی‌موریوم را از بین می‌برند و سپس آن‌ها را از محیط جداسازی کنیم. یکی از بهترین مکان‌ها برای جست‌وجوی باکتریوفاژ، جایی است که باکتری مورد تهاجم در آن به وفور یافت می‌شود؛ یعنی اگر فردی به دنبال جداسازی باکتریوفاژی برای مقابله با باکتری سالمونلا است، فاضلاب کشتارگاه طیور به دلیل آلودگی بالا به سالمونلا یکی از بهترین گزینه‌ها

فاژ کلمه‌ای با ریشه‌ی یونانی و به معنای خوردن است؛ در نتیجه می‌توان گفت که باکتریوفاژ پارتیکلی است که باکتری را مورد حمله قرار میدهد. انگلیسی‌ها ضرب‌المثلی دارند که می‌گوید: «دشمنِ دشمنِ من، دوستِ من است»؛ بنابراین می‌توان از باکتریوفاژها برای مقابله با باکتری‌ها استفاده نمود.

در مورد فاژها دو فاز لیتیک و فاز لیزوژنیک تعریف می‌شود. برخی از فاژها چندان برای کاربردهای درمانی مناسب نیستند؛ زیرا این دسته از فاژها پس از ورود به فاز لیتیک در ژنوم باکتری جای گرفته و همراه با هر تقسیم باکتری تکثیر می‌گردند. این گروه از فاژها غالبا برای حوزهٔ بیوتکنولوژی و مطالعاتی مناسب هستند که هدف آن‌ها وارد کردن یک قطعه‌ی ژنی به درون یک باکتری به قصد تولید فراورده‌ی حاصل از بیان آن ژن می‌باشد.

نماییم.

در همین اثنا با درخواست فرصت مطالعاتیم موافقت شد و به Katholieke auniversiteir Leuven که در شهر لوون در نزدیکی بروکسل واقع شده است رفتم. این دانشگاه دارای جایگاه نخست در میان دانشگاه‌های کشور بلژیک، جایگاه حدودی ۷۰ در بین دانشگاه‌های جهان و جایگاه تخصصی ۱۷ در حوزهٔ مورد مطالعهٔ من می‌باشد. من در دانشکدهٔ مهندسی علوم زیستی این دانشگاه این فرصت را پیدا کردم تا با پروفسور «راب لوین» -یکی از برجسته‌ترین دانشمندان دنیا در زمینهٔ فاژها- کار کرده و از راهنمایی‌های او بهره‌مند شوم. پس از ورود به دانشگاه Leuven در ماه‌های ابتدایی به کشت فاژهایی که در ایران جداسازی کرده بودم پرداختم؛ اما متاسفانه فاژهای جدا شده از هیچ‌کدام از نمونه‌ها رشد نکردند و نتوانستم آن‌ها را احیاء کنم. بنابراین ناچار شدم تا از منابعی نظیر فاضلاب شهری و بیمارستانی شهر لوون و حتی از آب یکی از شاخه‌های رودخانهٔ Dyle در بلژیک نمونه‌گیری نمایم و پس از مدتی موفق به جداسازی چند فاژ از این نمونه‌ها شدم. البته در اواخر دورهٔ حضورم در بلژیک مجددا همان نمونه‌هایی که به بلژیک برده بودم از ایران ارسال شد و این بار توانستم تعدادی فاژ را از آن‌ها جداسازی کنم.

پس از جداسازی و پیش از بررسی ویژگی‌های عملکردی این فاژها، فاژ شناسایی ژنوم و محتوای ژنتیکی آن‌ها با استفاده از دستگاه ایلومینا و بهره‌گیری از تکنیک توالی‌یابی کامل ژنوم -که و ژنوم این فاژها به طور کامل توالی‌یابی گردید. خوشبختانه در این مرحله چند فاژ متفاوت را شناسایی نمودم و پس از اینکه اطمینان حاصل شد محسوب می‌گردد. البته منابع دیگری مانند خاک، آب دریاها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، فاضلاب شهری و بیمارستانی، روان‌آب‌های سطحی و حتی عفونت‌های انسانی نیز برای یافتن باکتریوفاژهایی که علیه سالمونلا عمل می‌کنند وجود دارد. جالب است بدانید که در بیوسفر[۲] ۱۰ پارتیکل باکتریوفاژ پراکنده است و از این رو باکتریوفاژها پرجمعیت‌ترین ارگانیسم‌های کرهٔ زمین هستند؛ البته لازم به ذکر است ویروس‌ها که باکتریوفاژها را نیز شامل می‌شوند ارگانیسم زنده تلقی نمی‌گردند، اما به هر حال دارای مراتبی از حیات هستند.

بر همین اساس در فاز اول به جست‌وجوی یک‌سری از باکتریوفاژها در منابع مختلف پرداختیم؛ البته روش استاندارد این است که باکتریوفاژهای مختلف پس از جداسازی از محیط و مشاهدهٔ اثر اولیهٔ آن‌ها بر روی یک گسترهٔ باکتریایی از یکدیگر تفکیک شوند؛ به عنوان مثال اگر فردی پس از نمونه‌گیری از ۵۰ کشتارگاه طیور کشور از ۳۰ کشتارگاه باکتریوفاژ جدا کند، تا زمانی که محتوای ژنتیکی همهٔ نمونه‌ها بررسی نشود، باکتریوفاژهای جداشده به طور بالقوه متفاوت در نظر گرفته میشوند اما هیچ تضمینی وجود ندارد که همهٔ باکتریوفاژهای موجود در این ۳۰ نمونه منحصر به فرد بوده و مربوط به یک جنس و گونه نباشند.

در این پژوهش از فاضلاب کشتارگاه طیور، فاضلاب شهر شیراز در منطقهٔ وزیرآباد و فاضلاب شهر صدرا نمونه‌گیری کرده و علی‌رغم جداسازی چند مورد باکتریوفاژ از نمونه‌های فاضلاب شهری، نتوانستیم از نمونه‌های فاضلاب کشتارگاهی باکتریوفاژی جدا طور فزاینده‌ای تکثیر و تزاید پیدا می‌کنند تا حدی که به تخریب و پاره شدن دیوارهٔ سلولی باکتری و آزادسازی فاژها به بیرون از آن می‌انجامد. فاژهای آزاد شده مجددا می‌توانند به باکتری‌های دیگر حمله کنند.

بنابراین یکی از ویژگی‌های مثبت فاژهای لیتیک، خودتکثیرشونده بودن آن‌هاست؛ یعنی فاژ در محل عفونت به درون سلول باکتری وارد شده و در آن تکثیر می‌یابد و پس از مدتی نسل‌های بعدی حاصل از آن، باکتری را نابود کرده و به باکتری‌های دیگر حمله می‌کنند؛ در حالی که آنتی‌بیوتیک‌ها این ویژگی را ندارند. هرکدام از ویژگی‌های عملکردی باکتریوفاژ، شامل سرعت ورود به باکتری و روندی که فاژ از زمان اتصال به باکتری تا از بین بردن آن و حمله به سایر باکتری‌ها طی می‌کند باید به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرد.

به جز این، بررسی ریخت‌شناسی باکتریوفاژها نیز بسیار حائز اهمیت است. در گذشته یک نوع تقسیم‌بندی برای مورفولوژی باکتریوفاژها وجود داشت که براساس آن فقط سه فرم مورفولوژیک اصلی برای باکتریوفاژها در نظر گرفته می‌شد؛ که البته اکنون منسوخ شده است. در این تقسیم‌بندی فاژها به سه خانوادهٔ پودوویریده، میوویریده و سیفوویریده تفکیک می‌شدند و بر اساس آن باکتریوفاژهای عضو خانوادهٔ پودوویریده دارای کپسید و یک دم بسیار کوتاه بودند، اعضای خانوادهٔ میوویریده یک کپسید و یک دم با اندازهٔ متوسط داشتند و باکتریوفاژهای دارای دم بلند در خانوادهٔ سیفوویریده قرار می‌گرفتند. حال این موضوع که دم عملکرد انقباضی دارد یا نه بحث دیگری بود. در سال ۲۰۲۲ و مصادف با حضور من در دانشگاه Leuven، یکی از زیرمجموعه‌های کمیتهٔ بین‌المللی طبقه‌بندی ویروس‌ها (ICTV) که به طور اختصاصی به تاکسونومی باکتریوفاژها می‌پردازد، در طی جلسه‌ای این تقسیم‌بندی را منسوخ اعلام کرد. در حال حاضر و بر اساس تقسیم‌بندی جدید ۴۷ خانواده برای باکتریوفاژها معرفی شده است.

یکی از کارهای ضروری دیگر برای مطالعهٔ باکتریوفاژها، بررسی مورفولوژی آن‌ها از با استفاده از میکروسکوپ الکترونی است تا بتوان ویژگی‌هایی نظیر شکل، اندازه، طول دم و قطر کپسید را مورد ارزیابی قرار داد. همچنین می‌توان پس از هضم کپسید و شکستن پروتئین‌های ساختاری آن، با استفاده از روش طیف‌سنجی وزنی (Mass Sprectrospcopy) و به طور دقیق پروتئین‌های ساختاری موجود در آن را شناسایی نمود.

قدم بعدی مشخص کردن دامنهٔ میزبان فاژ است. به صورت یک اصل کلی گفته می‌شود که یک فاژ به صورت اختصاصی عمل می‌کند؛ اما در واقع ممکن است اختصاصیت بسیاری از فاژها از حد جنس و گونه فراتر رود؛ برای مثال یکی از فاژهایی که ما شناسایی کردیم و به نام آرش نام‌گذاری گردید، علاوه بر اثر بر روی سویه‌ای از سالمونلا، روی سویه‌ای از اشریشیا کلی نیز اثر انهدامی داشت. اطلاع از دامنهٔ میزبان فاژها برای اهدافی نظیر درمان بیماری‌های عفونی انسانی، دامی و بعضاً آگیاهی و کنترل زیستی پاتوژن‌ها در مواد غذایی اهمیت بسیاری دارد.

یکی از ویژگی‌های نامطلوب فاژها که باید در فرایند توالی‌یابی به آن توجه نمود این است که فاژهای شناسایی شده با یکدیگر تفاوت دارند، به بررسی ویژگی‌های عملکردی آن‌ها مشغول شد م.

منظور از بررسی ویژگی‌های عملکردی فاژها چیست و این فرایند چه اهمیتی دارد؟

در فاژشناسی باید ویژگی‌های ساختاری و عملکردی فاژها به خوبی شناسایی شده و مورد بررسی قرار گیرد؛ زیرا ممکن است فاژها رفتارهای متفاوتی نسبت به یکدیگر داشته باشند. یافتن پاسخ مناسب برای سؤالاتی نظیر اینکه چقدر طول می‌کشد تا فاژ وارد باکتری شده و در آن تکثیر شود، مکانیسم تکثیر فاژ در باکتری به چه صورت است و آیا فاژ جداشده اصلا در باکتری تکثیر می‌شود یا این‌که وارد چرخه‌های متابولیک و ژنوم باکتری شده و با هر تقسیم باکتری تکثیر می‌گردد، می‌تواند به شناخت بهتر فاژها کمک کند.

به طور کلی در مورد فاژها دو فاز لیتیک و فاز لیزوژنیک تعریف می‌شود. برخی از فاژها چندان برای کاربردهای درمانی مناسب نیستند؛ زیرا این دسته از فاژها پس از ورود به فاز لیتیک در ژنوم باکتری جای گرفته و همراه با هر تقسیم باکتری تکثیر می‌گردند. این گروه از فاژها غالباً برای حوزهٔ بیوتکنولوژی و مطالعاتی مناسب هستند که هدف آن‌ها وارد کردن یک قطعهٔ ژنی به درون یک باکتری به قصد تولید فراوردهٔ حاصل از بیان آن ژن می‌باشد. بنابراین فاژهایی که وارد فاز لیزوژنیک می‌شوند برای اهداف درمانی مناسب هستند؛ زیرا پس از ورود به باکتری با روش‌های پیچیده‌ای که توضیح آن‌ها در این مصاحبه نمی‌گنجد، به فاژها می‌توانند ژن‌های نامطلوبی مانند ژن‌های مربوط به مقاومت آنتی‌بیوتیکی، فاکتورهای حدت و توکسین‌ها را از محیط دریافت کنند. توالی‌یابی ژنومی به ما کمک می‌کند تا در ابتدا درمورد طول ژنوم، DNA یا RNA و تک‌رشته‌ای یا دورشته‌ای بودن ژنوم و درصد نوکلئوتیدهای GC موجود در آن اطلاعاتی به دست آوریم و در گام مهم بعدی ایمن بودن فاژ را مورد بررسی قرار دهیم. بدیهی است اگر فاژی دارای ژن‌های نامطلوب باشد برای استفاده‌های درمانی ایمن نیست. این چکیده‌ای از فاز اول کار من بود که به لطف خدا در کشور بلژیک با موفقیت انجام شد.

پس از بازگشت به کشور فازهای بعدی به چه صورت ادامه یافت؟

پس از بازگشت به ایران وارد فاز حیوانی شدیم. در این مرحله عفونت با سالمونلا تیفی‌موریوم را در تعدادی موش صحرایی القا کرده و سپس فاژدرمانی را به صورت خوراکی انجام دادیم که بخش‌هایی از این فاز با موفقیت و بخش‌های دیگری از آن با شکست مواجه شد.

طبیعتا هر پژوهش علمی صحیحی جنبه‌های مثبت و منفی مختلفی دارد که در مقاطعی باعث حرکت رو به جلو و در زمان‌هایی هم موجب ثابت ماندن و حتی بازگشت به عقب و تجدید نظر در رویکردها می‌شود.

یکی از موارد جالب توجه در پژوهش شما، نامی بود که برای یکی از فاژهای کشف شده در این پژوهش انتخاب شد که البته حاشیه‌هایی را نیز به همراه داشت. آیا چنین نام‌گذاری‌هایی برای فاژها سابقه داشته است؟

ابتدا لازم است مقدمه‌ای را در رابطه با نام‌گذاری فاژها عرض کنم. در گذشته ICTV قاعده‌ای برای نام‌گذاری فاژها داشت و بر اساس آن یک نام مخفف برای هر فاژ انتخاب می‌شد. این روش نام‌گذاری، کارامدی مطالعه بر روی فاژها و سهولت بحث در رابطه با آن‌ها را با چالش روبه‌رو می‌کرد. پس از برگزاری جلسهٔ کمیتهٔ بین‌المللی و منسوخ اعلام شدن روش قدیمی تقسیم‌بندی فاژها، طی صحبتی که با اساتید خارجی همکار داشتم پیشنهاد شد که باید قواعد تاکسونومی و نام‌گذاری قدیمی و دست‌وپاگیر که سهولت کار را از بین می‌برند کنار گذاشته شوند و از نام‌های ساده‌تر و روان‌تری که به نوعی بازتاب‌دهندهٔ اقلیمی که فاژ از آن جدا شده و یا گروهی که بر روی آن کار کرده است می‌باشند استفاده گردد. البته ما نخستین گروهی نبودیم که از این نوع نام‌گذاری برای باکتریوفاژها استفاده کردیم. پروفسور لوبن و دکتر «یغون واغمانس» که در دانشگاه Leuven با آن‌ها کار می‌کردم تجربه‌های جالبی در زمینهٔ نام‌گذاری فاژها داشتند؛ برای مثال در طی پژوهش‌هایی که با همکاری گروه‌های ایتالیایی و یونانی انجام داده بودند چند مورد از فاژهای کشف شده را به نام اسطوره‌های ایتالیایی و یونانی نام‌گذاری کرده بودند. ما نیز بر همین اساس و با توجه به سابقهٔ این کار در جهان یکی از فاژهای کشف شده در پژوهش‌مان را به نام یکی از اسطوره‌های ایرانی یعنی آرش کمان‌گیر نام‌گذاری کردیم.

در این جا لازم می‌دانم در رابطه با نام‌گذاری آرش‌ویروس کمی بیش‌تر توضیح بدهم؛ زیرا ممکن است به دلیل عدم وجود آگاهی کافی نسبت به این موضوع در سطح جامعه، برخی از افراد دچار سوء برداشت شوند. همان‌طور که پیش‌تر عرض کردم درست است که فاژها ویروس هستند اما ویروس‌های مفیدی که می‌توان از آن‌ها برای درمان بیماری‌ها استفاده نمود و نه ویروس‌هایی که باعث ایجاد بیماری در انسان‌ها و حیوانات می‌شوند.

همان‌طور که آنتی‌بیوتیک‌ها و داروهای دیگر به عنوان فراورده‌های مهمی برای درمان بیماری‌ها در نظر گرفته می‌شوند و نام‌گذاری آن‌ها به نام دانشمندان، اساطیر و یا اقلیمی که در آن کشف شده‌اند گوشهٔ خاطر کسی را مکدر نمی‌سازد، نام‌گذاری یک باکتریوفاژ مفید به نام یکی از اساطیر ایرانی نیز نباید باعث ایجاد تلقی منفی در ذهن برخی افراد شود. شاید در نگاه اول این موضوع برای برخی افراد برخورنده باشد اما باید به این نکته توجه نمود که برای کدام ویروس و باکتری و بر اساس چه خصوصیاتی این نام انتخاب شده است. مگر باکتری‌های مولد لاکتیک اسید که شیر را به ماست تبدیل می‌کنند و یا مخمرهایی که در فرایند تولید نان از آن‌ها استفاده می‌شود مضر هستند؟ در رابطه با باکتریوفاژها که ویروس‌های مفیدی در نظر گرفته می‌شوند نیز به همین صورت است و نام‌گذاری آن‌ها بر اساس سنتی که در سال‌های اخیر در جهان شکل گرفته هیچ مشکلی ندارد.

ضمن اینکه چون بسیاری از فاژهای کشف شده در این پژوهش از اقلیم ایران جدا شده بودند و بیشتر افراد دخیل در این مطالعه ایرانی بودند، علاقه‌مند بودیم که از نام‌های ایرانی برای نام‌گذاری فاژها استفاده کنیم. همچنین برای باکتریوفاژهایی که

عکس یادگاری با جمعی از دانشجویان دانشگاه Leuven. دکتر یوسفی در سمت راست تصویر حضور دارند.

همان‌طور که آنتی‌بیوتیک‌ها و داروهای دیگر به عنوان فراورده‌های مهمی برای درمان بیماری‌ها در نظر گرفته می‌شوند و نام‌گذاری آن‌ها به نام دانشمندان، اساطیر و یا اقلیمی که در آن کشف شده‌اند گوشهٔ خاطر کسی را مکدر نمی‌سازد، نام‌گذاری یک باکتریوفاژ مفید به نام یکی از اساطیر ایرانی نیز نباید باعث ایجاد تلقی منفی در ذهن برخی افراد شود.

در پایان‌نامهٔ دانشجویان دیگری -کـه من افتخار داشـتم نمونه‌هـای آن‌هـا را بـا خود به بلژیک برده و توالی‌یابی کنم- کشـف شـدند نیز نام‌هـای بسیار زیبایی انتخاب شـد. بـرای مثـال در پژوهش خانم دکتـر شریفی کـه بـا راهنمـایی دکتـر حسـین‌زاده انجـام گردیـد، دو فاژ هما و سیمرغ کـه اختصاصی باکتـری اسـتافیلوکوکوس اورئـوس هسـتند کشـف شـدند و مقالـهٔ آن هـم در یکـی از مـجلات معتبـر ویروس‌شناسـی بـه چـاپ رسید. پیـش از آن نیـز از نمونـهٔ مربـوط بـه پژوهش یکـی از دانشـجویان رشتـهٔ بهداشـت و ایمنی مواد غذایی دانشگاه علوم پزشـکی شیراز به نام آقای رحیم آذری، مجموعه‌ای از فاژهـای هم‌خانـواده کـه اختصاصـی باکتـری سـالمونلا اینتریتیدیـس بودند جدا گردیـد و روی کل ایـن مجموعه نام رستم نهاده شـد. مـورد اخیر هم کـه مربوط بـه پایان‌نامـهٔ اینجانب بود به نـام آرش نام‌گـذاری گردید.

نکته‌ای کـه بایـد بـه آن توجه شـود این اسـت که توالی‌یـابی علاوه بـر مشـخص کـردن ویژگی‌هـای ژنتیکـی و ارائـهٔ اطلاعاتـی در زمینـهٔ ایمـن بـودن باکتریوفاژهـا بـرای کاربردهـای درمانـی، بیـان می‌کنـد کـه آیـا باکتریوفـاژ جدا شـده پیـش از این شناسـایی شـده اسـت یـا خیر. جالـب اسـت بدانید اگر باکتریوفاژی که پیش از این کشـف شـده اسـت در اقلیـم جدیدی شناسـایی شـود، بر اسـاس روش جدیـد نام‌گـذاری، می‌تـوان در سـطح سـویه نـام جدیـدی بـر روی آن گذاشـت؛ زیرا تفـاوت جزئی در چنـد نوکلئوتیـد نیـز می‌تواند سـبب بـروز رفتارهای متفاوتـی در سـویه‌های مختلـف مربـوط بـه یـک جنـس و گونـه شـود. البتـه روش‌هایی ماننـد SNP بـرای یافتـن تفاوت‌هـای جزئـی نوکلئوتیدهـای سـویه‌های مختلـف وجـود دارد.

بـا توجه به توضیحات شـما آیـا نام‌گذاری آرش در سـطح سـویه انجام شـده یا یک جنس جدیدی تلقی می‌شود؟

بـه دلیـل این‌که پیـش از ایـن هیچ فاژ مشـابهی با آرش در جهـان کشـف و ثبـت نشـده بـود، لازم بـود جنس جدیـدی بـرای این فـاژ تأسیس شـود. البته درمـورد خانـواده بـه این صـورت نبـوده و در یکی از خانواده‌های موجود دسـته‌بندی می‌شد اما در رابطه بـا جنـس کاملاً جنس جدیـدی تلقی می‌گـردد. لازم به ذکر اسـت تمامی ایـن نتایج بر مبنـای داده‌های پایگاه‌هـای معتبر جهانـی نظیـر PATRIC و NCBI بـه دسـت آمـده و مـورد بررسـی قـرار گرفته اسـت. همان‌طـور که عـرض کردم چون هیچ فـاژی در دنیا مشابه آرش نبود می‌بایست جنس جدیدی برای آن تأسـیس می‌شـد. بـه دلیل اینکـه علاقه‌منـد بودیم کـه نام ایـن ویروس آرش باشـد، نـام آرش‌ویروس را برای جنس آن پیشـنهاد دادیـم و این چنین جنس آرش‌ویـروس و گونـهٔ آرش کشـف شـد. البتـه شـاید نتـوان به ایـن موضـوع به عنـوان یک کشـف و در معنـای کلاسیک آن نگاه کرد امـا به هر حال عنوانی اسـت کـه بـه آن اطلاق می‌شـود و بـدون منطق هم نیسـت؛ زیرا ویروسـی بـوده کـه در هیچ جـای دنیا محققـی آن را از محیط جداسـازی نکـرده و چون ما اولیـن گروهـی بودیـم کـه به ایـن مهم دسـت پیدا کردیـم تأسیس جنس هم توسـط ما صورت گرفته است.

شما در مـورد تغییـر اسـاس نام‌گـذاری فاژهـا در جهـان و مسـبوق بـه سـابقه بـودن نام‌گـذاری آن‌هـا بـه نـام اسـاطیر کشـورهای مختلـف مطالبی را بیـان کردیـد. حـال سـؤالی کـه پیـش می‌آیـد ایـن اسـت کـه چـرا از میـان اسـاطیر متعـددی کـه در تاریـخ و ادبیـات ایران وجـود دارند، نـام آرش کمان‌گیر را بـرای این فاژ برگزیدیـد؟ آیـا انتخـاب این نـام به دلیـل علاقهٔ خودتـان بـه شـخصیت آرش بـوده یـا دلایـل دیگـری داشـته اسـت؟

در پاسـخ بـه این سـؤال بایـد چند نکتـه را خدمت شـما عرض کنـم. اول این‌کـه عوامل متعـددی در تصمیم‌گیـری بـرای نـام ایـن فـاژ دخیـل بودنـد. اگـر بخواهـم مشـخصا درمـورد نـام آرش صحبت کنـم، بایـد بگویم کـه همان‌طـور که مسـتحضرید آرش، کمانـدارِ اسطوره‌ای ماسـت و بسـیار بـه آن علاقه‌منـدیم و همیـن ویژگی کمـان‌دار و کمان‌گیر بـودن آرش می‌تواند با کاری که فـاژ انجام می‌دهد مشـابه باشـد. همان‌طـور کـه پیش‌تـر گفتـم فـاژ بـا هدف‌گیـری یـک باکتـری خـاص بـه صـورت اختصاصـی عمـل می‌کنـد؛ بنابرایـن ماننـد گلولهٔ تانک نیسـت کـه با برخـورد بـه هدف، گستره‌ای وسیـع را تخریـب کنـد. شـاید بتوانیـم عملکـرد آنتی‌بیوتیک‌هـا را بـه گلولـهٔ تانـک تشـبیه کنیـم؛ امـا فـاژ مانند یـک کمـان‌دار و تک‌تیرانـداز هدفی مشـخص را نابـود می‌کنـد. در رابطـه بـا نکتـهٔ دوم هم بایـد بگویم چنیـن نام‌گذاری‌هـایی به تقویت روحیـهٔ ملی مـا و ایجـاد کنجکاوی جامعـهٔ جهانی نسـبت بـه اسـامی ایرانی کمـک می‌کند؛ بـرای آن محققـی کـه در آلمان، ژاپـن و یا هر کشـور دیگری مقالـهٔ مـا را مطالعـه می‌کنـد آگاهـی از فلسـفهٔ نام‌گـذاری ایـن فـاژ می‌تواند جالـب باشـد و از این طریـق می‌توانـد بـا شـخصیت آرش کمان‌گیـر و فرهنـگ و ادبیـات ایران آشـنا شـود.

مـورد دیگـری کـه دغدغـهٔ فـردی شـخص خودم بـود بـه میـدان گازی مشـترک آرش ارتبـاط دارد. البتـه مـن از جزئیات مسـئله مطلع نیسـتم اما گویا کشـورهای عربستان سـعودی و کویت سـهم ایران از ایـن میـدان گازی مشـترک را نادیـده می‌گیرنـد. البتـه حسـن هم‌جـواری و روابـط دوسـتانه و توأم بـا احـترام متقابل با همسـایگان همیشـه از اصول کشـور ما بوده و هسـت؛ امـا منافع ملی مـا هم باید در نظـر گرفته شـود. به همیـن دلیل تأکیـد من بر نـام آرش شـاید کمـی ناشـی از آن بـود که دوسـت داشـتم نـام ایـن میـدان گازی در جهان برجسـته شـود. همان‌طور که ما حسـاسیت خاصـی روی نام خلیـج فـارس داریم به تبـع باید همین حسـاسیت را روی مسـائل دیگری مانند میـدان گازی آرش نیز داشـته باشیم.

آرش، کمانـدارِ اسطوره‌ای ماسـت و بسـیار به آن علاقه‌منـدیم و همین ویژگی کمان‌دار و کمان‌گیر بودن آرش می‌تواند با کاری که فاژ انجام می‌دهد مشابه باشد. همان‌طور که پیش‌تر گفتم فاژ با هدف‌گیری یک باکتری خاص به صورت اختصاصی عمل می‌کند؛ بنابراین مانند گلولهٔ تانک نیست که با برخورد به هدف، گستره‌ای وسیع را تخریب کند. شاید بتوانیم عملکرد آنتی‌بیوتیک‌ها را به گلولهٔ تانک تشبیه کنیم؛ اما فاژ مانند یک کمان‌دار و تک‌تیرانداز هدفی مشخص را نابود می‌کند.

با توجـه بـه کاربردهـای وسـیع فاژهـا در صنعـت و درمـان بیماری‌هـا، آیـا برنامـهٔ مشـخصی بـرای اسـتفاده از فاژهای جدا شـده در ایـن پژوهش در زمینه‌هـای صنعتی و درمانی دارید؟

امـروزه در دنیـا از فاژهـا در سـاحت‌های مختلفـی ماننـد درمـان بیماری‌های انسـانی و دامـی، کنترل زیسـتی مـواد غـذایی، آبزی‌پـروری، کشـاورزی و مقابله بـا بیماری‌هـای گیاهی بـا منشـاء باکتریایی اسـتفاده می‌شـود. همچنین مراکزی در کشـورهای مختلف وجـود دارند که مشـغول تولید محلول‌های حـاوی فاژ بـرای مصـارف گوناگون هسـتند. یکی از مراکـز مهمـی که در ایـن زمینـه فعالیـت می‌کند در کشـور گرجسـتان واقع شـده و تجربهٔ بسـیار موفقی در حـوزهٔ فاژهـا داشـته اسـت. ایـن مرکـز یـک مرکز درمانی محسـوب می‌شـود که برای فاژدرمانی بیمار می‌پذیرد و تولیداتی نیـز در این زمینه دارد. علی‌رغم ویژگی‌های مثبت بسـیار زیاد فاژها، هنـوز این حوزه نوپا محسـوب شـده و دارای ابعاد ناشناخته و بررسی نشـدهٔ قابـل توجهی می‌باشـد. یکـی از مشـکلات و دغدغه‌هـای موجـود در ایـن مسیر، امـکان انتقال ژن‌های نامطلوب بـه باکتریوفاژهاسـت که پیش‌تر عرض شـد. از این رو در تمام دنیا هنوز سیاست‌های ملـی و بین‌المللـی محکم و سـخت‌گیرانه‌ای در این حـوزه وجـود نـدارد و اسـتانداردهای اختصاصـی و قوانیـن مدونـی بـرای آن شـکل نگرفتـه اسـت. همچنیـن در کنار حجم قابل توجهـی از پژوهش‌ها و مطالعاتـی کـه ایمن بـودن فاژها برای سـلول‌های انسـانی را تأییـد می‌کننـد، مطالعـات معـدودی نیز بر سـمیت محـدود فاژها برای سـلول‌های انسـانی تأکید دارند.

فعالیـت در جنبه‌هـای مختـلف کار بـا فـاژ در کشـورهایی مانند ایـران که در خط مقـدم این حوزه حضور ندارند دشـوار اسـت؛ اما هم‌زمان یک فرصت بالقـوه نیز به شـمار می‌رود. البته بـه دلیل نوپا بودن ایـن حوزه، حتی در کشـورهای پیشـرفته‌تر نیز مراکز محدودی بـه فعالیت در این زمینه مشـغولند. برای مثال اگر اشـتباه نکنم از میان تمامی دانشـگاه‌های آمریـکا فقـط در دانشـگاه سـن دیه‌گـو یـک مرکز تخصصـی بـرای مطالعـه بـر روی فاژها وجـود دارد و یـا در روسـیه فقط چند مرکز در حال کار هسـتند؛ اما بـه دلیل این‌که ایـن مراکز ماهیـت صنعتی پیدا کرده‌انـد و در مراحـل تحقیقاتـی تولیـد محصـولات قرار دارند، اطلاعات کمی از آن‌ها در دسـترس اسـت و خبـر موفقیت‌هـا و پیشـرفت‌های ایـن مراکـز بـه طـور محـدود مخابره می‌شـود. بدون شـک اگر این مراکـز بـه فرمولاسیون‌های نهایی دسـت پیدا کنند، بـرای بازاریـابی و فـروش بیشـتر بایسـتی اطلاعات گسـترده‌تری را در دسـترس عمـوم قـرار دهنـد. در بلژیـک هم یکی از اسـاتید بنده با چند شـرکت فعال در ایـن زمینه همکاری داشت.

در مجموع زمینه‌های اسـتفاده از فاژها بسیار متنوع اسـت و می‌تـوان از آن‌هـا بـرای کاهش بـار میکروبی فاضلاب‌هـای صنعتـی، روان‌آب‌هـا و اسـتخرهای آبزی‌پـروری و همچنیـن در بسـیاری از حوزه‌هـای دیگر نظیر کشـاورزی، پزشـکی، دامپزشـکی، صنایع غـذایی و... بهـره برد. دامنـهٔ فعالیت در ایـن زمینه بسیار وسیع اسـت اما ما هنـوز در دنیا در بخش‌های میانی مسیر هسـتیم.

به عنـوان سـؤال پایانـی، پتانسـیل دانشـکدهٔ دامپزشـکی دانشـگاه شیراز در زمینهٔ پژوهـش و مطالعـه بـر روی فاژهـا را چگونـه ارزیـابی می‌کنید؟

پتانسـیل دانشـکدهٔ مـا و بخـش بهداشـت مـواد غـذایی، به ویژه بـا محوریت آقای دکتـر حسین‌زاده که از سـال‌ها قبل این پژوهش را آغـاز کرده‌اند بسیار بالاسـت. طبیعتاً بنده شـروع‌کنندهٔ این مسیر نبودم و مسـئولیتی بـود کـه بـرای رسـاله‌ی تخصـص به انجام رسـاندم؛ اما آقـای دکتر حسین‌زاده از سـال‌ها پیش با همکاری دانشـجویان دیگـری در این حوزه کار کرده‌انـد و تجربیـات بسـیار خـوبی در این زمینه دارنـد. تیمی کـه در حال حاضر در بخش بهداشـت مواد غذایی با تعدادی از دانشـجویان شکل گرفته و آقایان دکتر حسین‌زاده و دکتر شـکرفروش به عنوان راهنما و مشـاور در کنـار آن‌ها حضور داشـته و دارند، تجربهٔ ارزشـمندی را تاکنون رقم زده اسـت.

البتـه در دانشـگاه‌های دیگـر کشـور نیـز کارهـای پراکنـده‌ای صـورت گرفتـه و روزبـه‌روز مطالعات فاژ در کشـور در حال رشد می‌باشـد؛ اما بخش بهداشت مـواد غـذایی دانشـکدهٔ مـا در ایـن حـوزه یکـی از پیشروترین‌ها بوده اسـت. بنده ظرفیت بسیار بالایی را در ایـن بخش و در دانشـگاه شـیراز می‌بینم و اگر در آینـده ارتباطـی با صنعت برقرار شـود، این بخش با دانشـی کـه تاکنون در ایـن زمینه به دسـت آورده اسـت می‌توانـد اتفاقات مهمـی را رقم بزنـد؛ هرچند که بدون شـک این حجم از مطالعات کافی نیسـت و بـه دلیـل نوپا بـودن این حـوزه کارهـا و مطالعات بیشـتری باید انجام شـود.

هنوز ابعاد ناشناختهٔ بسیار زیادی در زمینهٔ فاژها وجود دارد که باید بررسی‌های گسترده‌ای روی آن‌ها صورت گیرد تا در آینده بتوان کلکسیونی که در حال حاضر از فاژها به دست آمده است را برای پاتوژن‌های بیشتری توسعه داد. ما در حال حاضر در بخش بهداشت و مواد غذایی دانشکده توانسته‌ایم فاژهایی برای باکتری‌های سالمونلا، استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا کلی شناسایی کنیم؛ اما لازم است در آینده این مطالعات به حوزهٔ باکتری‌های فسادزا هم کشیده شود و فاژهایی برای این باکتری‌ها شناسایی گردد. همچنین باید ارتـباطات بخش بهداشـت مواد غذایـی با سایر بخش‌های دانشگاه شیراز و دانشگاه‌های دیگر گسترش یابد تا بتوانیم یک هاب علمی را در دانشکده تشکیل بدهیم. یکی از مشکلاتی که در این مسیر همواره گریبان‌گیر ما بوده موضوع کمبود تجهیزات مناسب است. برای مثال ما در ایران برای توالی‌یابی با مشکل مواجهیم و ناچاریم نمونه‌ها را با هزینه‌های گزاف به خارج از کشور ارسال کنیم. با برداشته شدن این موانع، مسیر انجام پژوهش هموارتر می‌شود.

هنوز ابعاد ناشناخته‌ی بسیار زیادی در زمینهٔ فاژها وجود دارد که باید بررسی‌های گسترده‌ای روی آن‌ها صورت گیرد تا در آینده بتوان کلکسیونی که در حال حاضر از فاژها به دست آمده است را برای پاتوژن‌های بیشتری توسعه داد. ما در حال حاضر در بخش بهداشت و مواد غذایی دانشکده توانسته‌ایم فاژهایی برای باکتری‌های سالمونلا، استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا کلی شناسایی کنیم؛ اما لازم است در آینده این مطالعات به حوزهٔ باکتری‌های فسادزا هم کشیده شود و فاژهایی برای این باکتری‌ها شناسایی گردد.

پروفسور راب لوین.

از اینکـه پاسـخگوی پرسـش‌های‌مان بودید از شـما سپاسـگزاریم. در پایان اگر نکته‌ای به عنـوان سـخن پایانـی دارید بفرمایید.

در پایان می‌خواهـم توصیـه‌ای به دانشـجـویان دکترای عمومـی دامپزشـکی داشته باشـم. چه در دوران پیش از اینترنتی و چه در زمان نوشتن پایان‌نامه سعی کنند موضوعی را برای پژوهش انتخاب نمایند که بتواند مشکلی از مشکلات کشور را حل کند؛ زیرا اگرچه انجام کارهای تئوریک و چاپ مقاله در جای خودش ارزشمند است اما در حال حاضر دنیا از موضوعات تئوریکی که صرفاً به درد چاپ مقاله در نشریات علمی می‌خورند عبور کرده است و باید به دنبال موضوعات کاربردی بود؛ به ویژه در رشته‌ای مانند دامپزشکی که ارتباط تنگاتنگی با صنعت دارد و می‌تواند آوردهٔ مالی مناسبی داشته باشد. بنابراین توصیه‌ام به دانشجویان عزیز این است که به دنبال موضوعی باشند که بتواند مشکلی از مشکلات این حوزه را حل کند و اگر قصد ادامهٔ تحصیل در مقطع تخصص را دارند همان مسیر را در مقطع بالاتر ادامه دهند؛ زیرا ثبات در مسیر و متمرکز شدن بر روی یک موضوع می‌تواند به صاحب‌نظر شـدن فرد در یک زمینـه و دستیابی به توفیقـات فردی و اجتماعی کمک کند.

در پایان نیز از شما و تمامی همکاران‌تان در نشریهٔ وزین وهومـن برای ترتیـب دادن این گفـت‌وگو و نیز زحمات بسیار ارزشمند شما طی سالیان اخیر قدردانی می‌نماییم و برای شما و همراهان و مخاطبان این مجله توفیقات روزافزون و افتخارآفرینی‌های ملی و بین‌المللی در مسیر تعـالی و بالندگی علـمی کشور عزیزمان آرزومندم.

به پایان آمد این دفتر...

تصویر روی جلد این شماره از نشریهٔ وهومن را با ترکیب موش (یک حیوان آزمایشگاهی) و لاماسو یا گاو بالدار، نماد پیوند میان‌گونه‌ای در دنیای علم ساخته‌ایم. در این شماره از نشریهٔ وهومن، پروندهٔ حیوانات آزمایشگاهی به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است و در صفحهٔ «خارج از گود»، مقاله‌ای تخصصی را در رابطه با پیوند میان‌گونه‌ای برای شما تدارک دیده‌ایم.

وهومن