

## **Введение**

На сегодняшний день невозможно представить себе лабораторные испытания без участия животных. Они являются заключительным и ключевым этапом любого медико-биологического исследования в экспериментальной медицине, использующихся для оценки эффективности и безопасности новых лекарственных средств, биологически активных добавок и методик лечения. Зачастую в такого рода исследованиях, используют в роли лабораторных животных грызунов (мышей, крыс, морских свинок), свиней, голых землекопов, в некоторых случаях даже птиц. В последние годы в число часто используемых животных входят приматы.

Филогенетически обезьяны являются более близкими человеку, чем другие лабораторные животные, в следствие этого оказываются привлекательнее для моделирования и изучения различных заболеваний человека и лекарственных средств.

## **Основная часть**

Одним из популярных объектов в лабораторном исследовании являются макаки-резусы. По причине анатомо-физиологического сходства приматы в общем и макаки-резусы в частности считаются лабораторными двойниками человека. Это позволяет достаточно просто экстраполировать данные, полученные на макаках-резусах, на людей, чего нельзя сказать о других видах лабораторных объектах, например грызунах.

Макаки-резусы относятся к отряду Приматы (Primates), подотряду обезьяны (сухоносые приматы, Haplorhini), инфраотряду обезьянообразные (высшие обезьяны, Simiiformes), парвотряду узконосые обезьяны, или приматы Старого Света (Cathartina), надсемейству собакоголовые (Cercopithecoidea), семейству мартышковые или низшие узконосые обезьяны (Cercopithecidae): макаки, павианы, мартышки и др.  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Приматы>

Макаки-резусы как китайского, так и индийского происхождения, имеют окрас от пыльно-коричневого до каштанового, седалищные наросты имеют ярко-красную окраску. У самца хвост загнут вверх, у самки опущен. Его средняя длина от 20 до 23 см. Самцы и самки имеют половой диморфизм, как и другие виды макак. Макака-резус в среднем имеет средние размеры и плотное телосложение. Как правило вес самцов составляет около 7,7 кг, при длине тела в 53 см. Вес самки составляет около 5,3 кг при длине тела 47 см.  
<https://primate.wisc.edu/primate-info-net/pin-factsheets/pin-factsheet-rhesus-macaque/>

Из лабораторных животных жизненный цикл обезьян в наибольшей мере сходный с жизненным циклом человека. Кроме того, существуют достаточно обширные исследования, направленные на детальное изучение эмбриогенеза, гемопоэза [3], желудочно-кишечного тракта, органов-анализаторов, нервной и иммунной систем [5], эндокринной системы [4],

системы интерферонов [6], что делает макак-резусов весьма перспективным и незаменимым, в отдельных случаях, модельным объектом.

Например, у новорожденных детенышей обезьян в селезеночных лимфатических фолликулах и лимфатических узлах отсутствуют светлые центры, а в печени, селезенке и лимфатических узлах сохранен миелопоэз. К концу первого года жизни у обезьян почти все органы и ткани достигают совершенного уровня и их гистологическое строение весьма близко к структурным особенностям органов и тканей человека.

Чаще всего после 20 лет у обезьян наступает период старения, который характеризуется выраженными изменениями и атрофическими процессами, особенно в лимфатической системе, костно-мышечном аппарате. Масса тела и многих внутренних органов обезьян в этот период жизни снижается. Склеротические процессы артерий сочетаются во многих случаях с атеросклеротическими отклонениями и похожи на такие же процессы человека. Кроме того, у обезьян старших возрастных периодов возникают признаки атрофии слизистой оболочки, явления эмфиземы легких. В поджелудочной железе отмечаются образование кист, гиалиноз панкреатических островков, процессы склероза.

У человека и обезьян установлена идентичность аминокислотной последовательности цитохрома С, миоглобина и ряда других белков, а также большое структурное сходство ДНК, альбумина, церулоплазмينا и многих других белковых соединений.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8012290/> , <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4950986/> , <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4950988/> ,  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17903312/> .

У обезьян более существенно, чем у человека, выражена суточная ритмика газообмена, который в значительной степени зависит от инсоляции, голодания и других факторов. При голодании расход белка на энергетические затраты понижен по сравнению с человеком.

Помимо этого у низших обезьян детально изучается состав крови. У самок клинически здоровых низших обезьян бета-глобулинов почти в два раза больше, чем у самцов. Содержание альбуминов в сыворотке крови макак-резусов подвержено значительным колебаниям (от 31,1 до 78,5 % у самцов и от 28,4 до 72,7 % у самок), что связано, вероятно, с нарушением белкового обмена. <https://search.rsl.ru/ru/record/01005990829> Так же изучались точное количество других форменных элементов крови макак - резусов.

При моделировании гипергликемии у макак-резусов, необходимо учитывать их некоторые физиологические особенности. Гипергликемия, вызываемая инъекциями адреналина у обезьян удерживается короче, чем у человек. Помимо этого, скорость утилизации внутривенно вводимой глюкозы у низших обезьян в 2-3 раза выше, чем у человека. Пероральные сахарные нагрузки у обезьян почти не вызывают гипергликемии. В зимний период года содержание сахара в крови меньше, а уровень холестерина, АТФ - выше,

чем летом. В дневное время количество сахара, холестерина, АТФ в крови обезьян выше, чем ночью.

Содержание. Обезьяны значительно более требовательны к условиям содержания по сравнению с другими лабораторными животными. Некоторых обезьян необходимо в зимнее время года содержать в отапливаемых помещениях, например зеленых-мартышек. Более выносливыми в этом плане являются макаки-резусы.

Разработаны две системы содержания обезьян - клеточная и вольерная. Размеры клеток зависят от вида и массы обезьян. Изготавливаются они преимущественно из металла.

В клетках проводится ежедневно влажная уборка, дезинфекция всего инвентаря, поддонов и кормушек. Клеточная система содержания более пригодна для подрастающего молодняка и обезьян небольших размеров.

Взрослых обезьян целесообразнее содержать в вольерах с бетонными стенками высотой до 4,5 м. Площадь пола на одну взрослую обезьяну в среднем 20-30 м<sup>2</sup>, а площадь на одного малыша должна быть около 10 м<sup>2</sup>.

Вблизи клетки или вольера необходимо иметь домики площадью 25-30 м<sup>2</sup>, сообщающиеся с вольером или клеткой через специальные люки. Во время плохой погоды или в сильные морозы обезьяны пребывают в домике.

Такое содержание более удобно и с экономической стороны, поскольку меньше затрачивается рабочей силы на обслуживание обезьян. Недостатком вольерного содержания является то, что в них трудно вылавливать обезьян. Для отлова обезьян можно пользоваться специальными прижимиными клетками.

Во время хронических экспериментов на обезьянах их необходимо содержать в специальныхдомиках или в отдельных клетках, размещенных в домике.

Оптимальная температура помещений, где находятся приматы, 18-20 °С, влажность воздуха 65 - 70 %, должна быть хорошая вентиляция.

Световой режим для обезьян имеет важное значение, особенно для молодняка. Использование ультрафиолетовых установок улучшает качественный состав света и удлиняют короткий в осенне-зимний период года световой день.

Основными кормами обезьян являются хлеб, орехи, овощи (морковь, капуста, картофель, столовая свекла) и различные фрукты. Кормятся они также и молоком. Обезьяны очень чувствительны к недостатку витаминов. Во время хронических опытов обезьян можно кормить специальными синтетическими диетами, обогащенными витаминами.

Брикетируемый рацион для низших обезьян имеет преимущества над обычным рационом своей экономичностью, научной обоснованностью и попускает в течение ряда

месяцев и лет содержать животных на полноценном стандартном корме, что крайне необходимо для постановки научного эксперимента. [ДЖВЮШНЫЙ ФАЙЛ](#)

При проведении научного эксперимента в естественно-научной дисциплине, необходимо наличие лабораторных животных, среди которых используют и макак-резусов.

Макак-резусов как лабораторных животных используют для изучения вопросов этиологии, патогенеза, профилактики и лечения инфекционных заболеваний, например брюшного и возвратного тифов, пастереллеза, листереллеза, бациллярной дизентерии, малярии, полиомиелита, лейшманиозов, орнитозов, венерические заболеваний и других заболеваний. В настоящее время широкое распространение получила апробация лекарственных средств (биоаналогов, генериков), вакцинных препаратов (грипп, коклюш, краснуха) на приматах. <https://labanimalsjournal.ru/ru/2618723x-2019-04-10> Существуют заболевания, которые возможно воспроизвести и достоверно экстраполировать результаты на человека только на обезьянах. К ним относятся: микоплазменные инфекции, шигеллез, паратиф В, брюшной тиф, краснуха, корь, ветряная оспа, болезнь Альцгеймера, гепатит А и многие другие. [Лапин Б.А., Джикидзе Э.К., Фридман Э.П. Руководство по медицинской приматологии. М.: Медицина, 1987: 192 с.](#)

Так же заболевания, связанные с сердечно-сосудистой системой (гипертоническая болезнь, стенокардия, инфаркт миокарда), эндокринной системой, злокачественные новообразования исследуются на макаках. [Моделирование инфекционных заболеваний человека на лабораторных приматах / Лапин Б. А., Джикидзе Э. К., Шевцова З. В., Стасилевич З. Н. - Сочи : Стерх, 2011. - 225 с](#)

Следует отметить, что обезьяны незаменимы при изучении работы головного мозга. Достижения в нейробиологии были достигнуты благодаря многочисленным исследованиям, проведенным на обезьянах, которые приблизили ученых к пониманию дисфункции головного мозга, способов лечения патологий и травм у пациентов. Научные труды в этой сфере позволили разработать эффективные тест-системы для терапии болезни Паркинсона, Альцгеймера, рассеянного склероза. Без этих работ было бы проблематичнее и с меньшей достоверностью оценивать клинические последствия, характерные для пациентов с этими заболеваниями, которые включают в себя нарушение походки, равновесия, осанки, ригидность. [https://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab\\_animals/pdf/Scheer\\_may2017.pdf](https://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/pdf/Scheer_may2017.pdf)

В недавнем исследовании по трансгенезу, результаты которого были опубликованы в 2001 году, смогли ввести ген свечения медузы в ДНК макак-резусов. По результатам работы был получен детеныш - одна трансгенная макака ЭНДи, в каждой клетке которой был введен ген медузы. <file:///C:/Users/mur20/Downloads/geneticheskaya-inzheneriya-kak-innovatsionnyy-rezultat-vekovogo-razvitiya-nauki.pdf>

Данное исследование считается символическим, т.к. впервые получилось создать трансгенное животное - примат, к отряду которого относится сам человек. После успеха с

ANDi ученые стремятся внести генетические изменения, позволившие бы изучать и лечить такие заболевания, как СПИД, диабет, нейродегенерации, с помощью трансгенетики, что может быть вполне перспективным направлением.

### **Заключение**

Приматы являются незаменимыми модельными объектами в экспериментальной биологии и медицине. Несмотря на активное развитие биоэтических конвенций, существуют такие области науки, где еще долго невозможно будет обойтись с помощью альтернативных моделей, методов *in vitro* и *in silico*.

### **Литература**