

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ПРЕПОДАВАНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Выполнение экспериментальной части на лабораторных занятиях по физиологии человека и животных является важнейшей частью учебного процесса. Переход от теоретических знаний к практическим навыкам в рамках спецкурса позволяет углубить профессиональные компетенции, особенно будущих биологов, медиков или ветеринаров. Однако в современных условиях реализовать классический эксперимент (вивисекция, острые опыты) по физиологии представляется крайне затруднительно, поскольку требует либо сложной и дорогостоящей технологии, может нарушать этические нормы проведения современных экспериментов, либо создают возможную опасность, например, в случаях работы с кровью, либо ее компонентами.

Содержание современных вивариев, которые соответствуют стандартам *Good Laboratory Practice* (Требования к экспериментам регулируются техническим кодексом ТКП 125-2008 (02040) «Надлежащая лабораторная практика»), требует колоссальных затрат на системы вентиляции, стерилизации и качественные корма. Стоимость реактивов для анестезии и специализированного оборудования для регистрации биопотенциалов (нано-датчики, современные усилители) часто выходит за рамки бюджетов образовательных курсов. Работа с лабораторными животными достаточно жестко регламентирована национальными и международными нормативными актами, требующими обязательного одобрения каждого протокола этическим комитетом. Кроме того, растет число студентов, отказывающихся от участия в экспериментах, связанных с причинением боли или гибелью животных, по этическим или религиозным соображениям.

В Республике Беларусь правовой основой для проведения экспериментов с животными в рамках таких дисциплин, как физиология человека, или научных исследований служит Закон Республики Беларусь от 1 апреля 2024 г. № 361-З «Об ответственном обращении с животными». Подробные правила работы закреплены в совместном постановлении Министерства здравоохранения и Министерства сельского хозяйства и продовольствия от 24 июля 2024 г. № 124/164 «Об утверждении Инструкции о порядке обращения с лабораторными животными».

Фундаментальным международным стандартом в области биомедицинской этики является Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации. Впервые принятая в 1964 году, она прошла девять редакций, последняя из которых была утверждена на 75-й Генеральной ассамблее ВМА в октябре 2024 года. Декларация направлена на обеспечение приоритета прав, здоровья и благополучия человека над интересами науки и общества. В контексте образовательного процесса и спецкурса по физиологии её соблюдение в Республике Беларусь требует выполнения ряда условий, среди которых добровольное информированное согласие. Например, если лабораторная работа предполагает участие студента в качестве объекта исследования (например, регистрация ЭКГ или нагрузочные пробы), он должен получить полную информацию о процедуре и дать письменное согласие.

Принуждение или снижение академического рейтинга за отказ от участия недопустимо. Полученные физиологические данные (например, показатели частоты сердечных сокращений или артериального давления) должны использоваться в учебных целях анонимно, без привязки к личности конкретного студента, что соответствует нормам Закона РБ «О защите персональных данных». Таким образом, следование принципам Хельсинкской декларации делает неинвазивные опыты на человеке этически предпочтительной альтернативой инвазивной вивисекции, при условии строгого соблюдения прав обучающихся.

Ограничения также касаются и использования человека в проведении подобного рода исследованиях. Использование свежей крови студентов на занятиях (например, для определения группы крови) требует строгого соблюдения СанПиН и часто заменяется учебными наборами с «искусственной кровью» для исключения риска инфицирования. Использование препаратов крови (сыворотки, эритроциты), полученных из медицинских учреждений, должно быть документально подтверждено согласно правилам заготовки и хранения. Основным техническим документом, регламентирующим, как именно кровь должна использоваться в медицинских и научных целях, включая правила маркировки, транспортировки и учета является Постановление МЗ РБ от 19 мая 2023 г. № 92 «Об утверждении Инструкции о порядке медицинского применения крови и (или) ее компонентов в организациях здравоохранения».

Таким образом, из-за сложности соблюдения всех юридических и санитарных норм в учебном процессе рекомендуется переход на использование цифровых симуляторов или сертифицированных имитаторов биоматериалов. В этой связи в современной методике преподавания физиологии акцент смещается в сторону использования биологических имитаторов, которые позволяют визуализировать сложные процессы, сохраняя при этом безопасность и дидактическую ценность занятия. В современной практике все больше используется замена крови и сывороток на модельные растворы. Вместо реальной человеческой крови для изучения групп крови (системы АВ0) всё чаще применяются синтетические имитаторы. Они представляют собой химические растворы, которые дают четкую реакцию «агглютинации» (выпадения осадка) при смешивании, идентичную натуральной. В этом случае соблюдается полная биологическая безопасность, исчезает вероятность риска заражения вирусом ВИЧ или гепатитами, соблюдается юридическая сторона вопроса, так как работа с такими реактивами не требует специальных разрешений на использование биоматериалов человека.

Одним из имитирующих кровь или ее компоненты препаратов может быть раствор дрожжевых клеток как модель форменных элементов. Например, для отработки навыков микроскопии и подсчета клеток в камере Горяева вместо эритроцитов или лейкоцитов человека в лабораторной практике на занятиях мы успешно используются суспензии дрожжевых клеток (*Saccharomyces cerevisiae*). Дрожжи имеют сопоставимый с клетками крови размер (3–10 мкм). На их примере студенты могут освоить методику разведения, технику заполнения счетной камеры и проводить статистический анализ данных. Добавляя в суспензию клетки разного размера или окрашивая их (например, метиленовым синим), можно имитировать физиологические состояния, например, ретикулоцитоз или изменение осмотической резистентности. Дрожжи относятся к IV классу опасности (неопасные), что исключает риск инфицирования обучающихся и преподавателей. Это снимает необходимость в сложной утилизации биологических отходов согласно Постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 7 февраля 2018 г. № 14 «Об утверждении Санитарных норм и правил Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами».

Для проведения лабораторных занятий по физиологии человека и животных, возможно использование других препаратов, имитирующих кровь, либо ее отдельные свойства, например, реологические свойства текучести. Синтетическая кровь для проведения серологических реакций является удобным материалом на лабораторных занятиях по иммунологии, она представляет собой водные растворы солей и полимеров с добавлением красителей и специфических химических агентов. Используется в работах по определению групп крови системы АВ0 и резус-фактора. При смешивании с «тест-сыворотками» происходит видимая химическая реакция преципитации, которая визуально неотличима от биологической агглютинации эритроцитов. Такой препарат не содержит человеческих белков, поэтому полностью исключает риск парентеральных инфекций.

В некоторых методиках используется взвесь пыльцы определенных видов, например, сосны или ликоподия для имитации лейкоцитарной формулы при микроскопии. Пыльца

сосны имеет характерные воздушные мешки, что делает её по размеру (40–70 мкм) и форме отличной моделью для крупных гранулоцитов (эозинофилов или базофилов). Споры плауна представляет собой мелкие однородные округлые частицы диаметром около 25–30 мкм. Благодаря своей стабильности и одинаковому размеру, они идеально имитируют лимфоциты.

Для занятия готовится смесь, имитирующая физиологическую или патологическую пропорцию клеток. Вместо плазмы крови используют вязкую, прозрачную среду из глицерина или 5–10 % раствор желатина, чтобы «клетки» не оседали слишком быстро. В основу добавляются навески спор ликоподия и пыльцы сосны в определенном соотношении. Пример нормальной формулы: 70 % «мелких клеток» (ликоподий) и 30 % «крупных» (сосна). Пример патологии (лейкоцитоза): изменение пропорции в сторону увеличения одного из видов пыльцы. Для имитации тинкториальных свойств крови в смесь добавляют микродозы красителей метиленового синего или фуксина, чтобы студенты могли различать «ядра» и «цитоплазму» структур.

Имитаторы не классифицируются как «биоматериалы человека», что освобождает учреждение образования от необходимости получения специальных разрешений согласно Закону РБ «О донорстве». В отличие от натуральной крови, которая требует консервации и хранится недолго, синтетические аналоги стабильны в течение 1–2 лет при комнатной температуре. Преподаватель может заранее выбрать образец с нужными характеристиками патологией, что гарантирует успешность выполнения лабораторной работы всей группой студентов.

Таким образом, при планировании экспериментальной части лабораторного занятия по физиологии человека и животных необходимо продумать такие элементы как: постановка цели экспериментальной части занятия, последовательность этапов и техническое описание всех манипуляций и действий с оборудованием, варианты результата и выводы, которые может сделать студент. Анализ результатов лабораторной работы на моменте рефлексии преподавателя позволяет выбрать наиболее оптимальный режим проведения занятия, поэтому может служить дополнительным элементом в работе педагога.

Литература

1. Об ответственном обращении с животными : Закон Респ. Беларусь, 1 апр. 2024 г., № 361-3 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2024. – № 2/3081.
2. Zhernosekov, D. D. Application of virtual laboratories and computer simulations in the study of human and animal physiology / D. D. Zhernosekov, I. V. Marunich // *Journal of Modern Biological Education*. – 2024. – Vol. 12, № 2. – P. 45–52.
3. Sidorov, A. V. Yeast cells (*Saccharomyces cerevisiae*) as a safe model for teaching hematological microscopy techniques / A. V. Sidorov // *Laboratory Methods in Physiology and Medicine*. – 2025. – Vol. 8, № 1. – P. 112–119.