

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.
Сеченова

Министерства здравоохранения Российской Федерации

(Сеченовский Университет)

Институт регенеративной медицины

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

для обеспечения образовательного процесса

по дисциплине

«Биодизайн и персонализированное здравоохранение. Модуль «Тканевая инженерия»»

основная профессиональная образовательная программа высшего образования —
специалитет — программа специалитета

31.05.02 Педиатрия

Москва

1. Состав учебно-методических материалов

В состав настоящего документа включены следующие материалы:

- тематическое содержание курса;
- методические рекомендации к лекционным занятиям;
- методические рекомендации к практическим занятиям;
- методические рекомендации по самостоятельной работе обучающихся;
- требования к подготовке доклада, презентации и реферата;
- примерная тематика докладов, презентаций и рефератов;
- рекомендации по работе с учебной и научной литературой;
- перечень электронных лекционных и иных учебных материалов;
- рекомендации по подготовке к итоговой аттестации в форме централизованного тестирования.

2. Тематическое содержание курса

Раздел / тема	Основное содержание
Тема I. Понятие о тканевой инженерии	Предмет, цель и задачи тканевой инженерии; место направления в регенеративной медицине; основные понятия; триада тканевой инженерии: клетки, каркас/матрица и регуляторные сигналы; клеточные пласты, сфероиды, органоиды и биопринтинг.
Тема II. Биоматериалы в тканевой инженерии	Классификация биоматериалов по происхождению и составу; природные и синтетические полимеры, керамика, металлы и композиты; требования к биоматериалам; взаимосвязь структуры, механических свойств и биологического ответа.
Тема III. Биосовместимость и биодеградация скаффолдов	Понятие биосовместимости; тканевой ответ на имплантацию; воспаление, инкапсуляция, интеграция и регенерация; биодеградация скаффолдов и продукты деградации; безопасность материалов <i>in vivo</i> .
Тема IV. Культивирование эукариотических клеток	Метод клеточных культур; источники получения клеток; первичные культуры и клеточные линии; питательные среды, пассирование, контроль жизнеспособности и стерильности; 2D- и 3D-клеточные системы.
Тема V. Стволовые клетки в тканевой инженерии	Клетки как компонент тканеинженерных конструкций; эмбриональные, взрослые, мезенхимальные и индуцированные плюрипотентные стволовые клетки; направленная дифференцировка; терапевтический потенциал, ограничения и этические

	аспекты.
Тема VI. Новейшие клеточные технологии	Клеточные пласты, сфероиды, органоиды, микропаттернирование, градиентные структуры и 3D-биопринтинг; подходы к biofabrication; возможности моделирования тканей и органов in vitro.
Тема VII. Микрофлюидика в тканевой инженерии	Микрофлюидные системы, «орган-на-чипе» и «ткань-на-чипе»; устройство микроканалов, материалы платформ, контроль потока и микроокружения; применение для моделирования физиологии, патологии и тестирования лекарственных препаратов.
Тема VIII. Основы дизайна тканеинженерных конструкций	Состав тканеинженерной конструкции; выбор клеток, скаффолда, биоактивных факторов и биореакторных условий; пористость, механическая прочность, васкуляризация, масштабирование, 3D-моделирование и контроль качества.
Тема IX. Трансляция в медицинскую практику	Доклиническая и клиническая оценка тканеинженерных продуктов; требования безопасности и эффективности; GMP-подходы, биомедицинские клеточные продукты, этические и правовые вопросы, постимплантационный мониторинг и взаимодействие врача с тканевым инженером.
Тема X. Инженерия тканей покровной системы	Строение и функции кожи; заживление ран; кожные эквиваленты и их классификация; клетки, скаффолды и биоактивные факторы для реконструкции кожи; клинические показания, ограничения и осложнения.
Тема XI. Инженерия тканей опорно-двигательной системы	Костная, хрящевая и мышечная ткани как объекты тканевой инженерии; биоматериалы для реконструкции опорно-двигательной системы; остеокондукция, остеоиндукция, механическая поддержка, эндопротезирование и регенерация дефектов.
Тема XII. Инженерия тканей сердечно-сосудистой системы	Особенности сердечной и сосудистой тканей; источники кардиомиоцитов и эндотелиальных клеток; инженерия сосудов малого диаметра, клапанов и миокарда; васкуляризация, механическая нагрузка и функциональная интеграция.
Тема XIII. Инженерия тканей дыхательной системы	Тканевая инженерия трахеи, бронхов и легочной ткани; децеллюляризованные матрицы, рецеллюляризация и клеточные источники; газообменная функция, барьерные свойства, дефицит

	донорских органов и ограничения клинической трансляции.
Тема XIV. Инженерия тканей нервной системы	Нейроинженерия; нейроны, глиальные клетки и внеклеточный матрикс нервной ткани; нервные кондуиты, гидрогели, нейральные стволовые клетки, органоиды и мозг-на-чипе; нейроэтика и риски.
Тема XV. Инженерия тканей пищеварительной системы	Подходы к инженерии пищевода, кишечника, печени и поджелудочной железы; органоиды, децеллюляризованные матрицы, гидрогели и клеточные пласты; барьерная, секреторная и метаболическая функции; клинические задачи и ограничения.
Тема XVI. Инженерия тканей мочеполовой системы	Инженерия уретры, мочевого пузыря, почечной и репродуктивной тканей; уротелиальные клеточные пласты, матрицы и графты; барьерные свойства, уродинамика, васкуляризация, фиброзирование и постимплантационные риски.

3. Методические рекомендации к лекционным занятиям

Лекционные занятия направлены на формирование системного представления о тканевой инженерии как междисциплинарном направлении регенеративной медицины, объединяющем клеточные технологии, биоматериалы, инженерные подходы и клиническую трансляцию. На лекциях рассматриваются основные понятия, принципы дизайна тканеинженерных конструкций, требования к клеточному и матричному компонентам, основы биосовместимости, микрофлюидики, биопринтинга, а также частные примеры инженерии тканей и органов.

До лекции рекомендуется ознакомиться с темой занятия, ключевыми терминами и электронными материалами. Лекционные и иные учебные материалы размещены в Информационной системе «Университет- Обучающийся».

Во время лекции следует фиксировать определения, основные этапы технологий, причинно-следственные связи между свойствами материалов и тканевым ответом, примеры клинического применения и ограничения существующих подходов. После лекции рекомендуется кратко законспектировать основные положения, сопоставить их с рекомендованными источниками и подготовить вопросы для практического занятия.

4. Методические рекомендации к практическим

Практические занятия направлены на закрепление теоретических знаний, развитие навыков анализа тканеинженерных подходов и обсуждение возможностей их применения при решении биомедицинских и клинических задач.

	Тема занятия	Основные вопросы для подготовки	Рекомендуемые действия обучающегося
	Понятие о тканевой	Основные понятия тканевой	Составить терминологический

	инженерии	инженерии; триада тканевой инженерии; отличие тканевой инженерии от клеточной терапии и регенеративной медицины.	словарь; подготовить схему взаимосвязи «клетки — скаффолд — сигналы»; привести примеры тканеинженерных подходов.
	Биоматериалы в тканевой инженерии	Классификация биоматериалов; природные и синтетические материалы; механические, химические и биологические требования.	Подготовить сравнительную таблицу классов биоматериалов; привести примеры применения полимеров, керамики, металлов и композитов.
	Биосовместимость и биодеградация скаффолдов	Биосовместимость, тканевой ответ, воспаление, инкапсуляция, деградация и элиминация материала.	Разобрать последовательность событий после имплантации скаффолда; сопоставить скорость деградации и скорость формирования новой ткани.
	Культивирование эукариотических клеток	Основы асептики; источники клеток; первичные культуры и клеточные линии; питательные среды; пассирование; контроль качества культуры.	Составить алгоритм работы с клеточной культурой; перечислить параметры контроля жизнеспособности, стерильности и морфологии клеток.
	Стволовые клетки в тканевой инженерии	МСК, ИПСК, взрослые стволовые клетки; направленная дифференцировка; терапевтические возможности и риски.	Сравнить типы стволовых клеток по источникам, потенциам и ограничениям; подготовить примеры применения в тканевой инженерии.
	Новейшие клеточные технологии	Клеточные пласты, сфероиды, органоиды, микропаттернирование, градиентные структуры, биопринтинг.	Подготовить схему технологического процесса для одной клеточной технологии; указать преимущества, ограничения и область применения.
	Микрофлюидика в тканевой инженерии	Принцип микрофлюидики; орган-на-чипе; материалы микрофлюидных устройств; контроль потока и микроокружения.	Разобрать устройство модели «орган-на-чипе»; определить, какие параметры нужно контролировать при работе с микрофлюидной системой.
	Основы дизайна тканеинженерных	Компоненты тканеинженерной	Предложить дизайн простой тканеинженерной

конструкций	конструкции; выбор клеток, скаффолда и сигналов; механические свойства, пористость, васкуляризация, созревание.	конструкции под заданную клиническую задачу; обосновать выбор материалов и клеток.
Трансляция в медицинскую практику	Этические и правовые вопросы; БМКП; доклинические и клинические исследования; GMP; безопасность, эффективность и мониторинг.	Составить маршрут трансляции тканеинженерного продукта от лабораторной модели до клинического применения; выделить ключевые риски.
Инженерия тканей покровной системы	Строение кожи, заживление ран, кожные эквиваленты, клетки и скаффолды для реконструкции кожи.	Сравнить эпидермальные, дермальные и полнослойные кожные эквиваленты; разобрать показания и ограничения применения.
Инженерия тканей опорно-двигательной системы	Кость, хрящ, мышца; биоматериалы для реконструкции; остеоиндукция, прочность и интеграция имплантата.	Подобрать материал для костного или хрящевого дефекта; обосновать требования к механическим и биологическим свойствам.
Инженерия тканей сердечно-сосудистой системы	Сосуды, сердечная ткань, клапаны; кардиомиоциты, эндотелиальные клетки; механическая нагрузка, электрическая активность и васкуляризация.	Разобрать требования к сосудистому графту малого диаметра; перечислить факторы, влияющие на функциональность сердечной ткани.
Инженерия тканей дыхательной системы	Трахея, бронхи и легкие; децеллюляризация, рецеллюляризация, барьерные свойства, газообмен и клинические ограничения.	Составить схему создания тканеинженерной трахеи или легочной модели; обозначить проблемы васкуляризации и эпителизации.
Инженерия тканей нервной системы	Нейроны и глия; нервные кондуиты, гидрогели, органоиды, мозг-на-чипе; глиоз, нейроэтика и ограничения.	Сравнить стратегии доставки клеток в нервную ткань; сформулировать требования к кондуиту для периферического нерва.
Инженерия тканей пищеварительной системы	Пищевод, кишечник, печень, поджелудочная железа; органоиды, матрицы, гидрогели и клеточные	Разобрать пример тканеинженерного подхода для органа пищеварительной системы; указать, какую

		пласты.	функцию необходимо воспроизвести.
	Инженерия тканей мочеполовой системы	Уретра, мочевого пузыря, почка; уротелиальные клетки, графты, барьерная функция, уродинамика, фиброзирование и осложнения.	Сравнить подходы к инженерии уретры и мочевого пузыря; выделить требования к клеточному и матриксному компонентам.

5. Методические рекомендации по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает анализ литературы, в том числе на иностранном языке, подготовку доклада с презентацией, подготовку реферата, повторение материалов лекционных и практических занятий, работу с электронными материалами, а также подготовку к текущему контролю и итоговой аттестации.

При выполнении самостоятельной работы рекомендуется:

- определить тему и цель самостоятельной работы;
- использовать материалы, для которых указано: «Размещено в Информационной системе «Университет- Обучающийся»»;
- сопоставлять данные из учебных, методических и научных источников, обращая внимание на актуальность и ограничения;
- избегать механического пересказа текста и формулировать собственные выводы на основании изученного материала;
- при анализе тканеинженерных технологий отдельно выделять клеточный компонент, матрикс/скаффолд, регуляторные факторы, способ доставки, критерии безопасности и ограничения трансляции;
- оформлять список использованных источников в соответствии с требованиями преподавателя.

6. Требования к подготовке доклада, презентации и реферата

Доклад, презентация и реферат используются как формы текущего контроля и контроля самостоятельной работы обучающихся. Они позволяют оценить глубину понимания темы, навыки работы с литературой, критический анализ информации и способность представить материал в логичной форме.

Форма работы	Рекомендуемый объем	Основные требования
Доклад	5–7 минут	Краткое раскрытие темы, основные понятия, ключевые технологии, примеры, ограничения и выводы. Обязательны логичная структура и готовность ответить на вопросы.
Презентация	8–12 слайдов	Титульный слайд, цель, основные разделы, схемы/иллюстрации при необходимости, выводы, список источников. Не допускается перегрузка

		слайдов текстом.
Реферат	8–12 страниц печатного текста	Титульный лист, содержание, введение, основная часть, заключение, список литературы. Требуется самостоятельный анализ источников и корректное цитирование.

Критерии, которые рекомендуется учитывать при проверке доклада, презентации или реферата:

- соответствие содержания выбранной теме и разделу дисциплины;
- полнота раскрытия вопроса и научная корректность материала;
- самостоятельность анализа учебной и научной литературы;
- наличие критического отношения к источникам: сопоставление данных, выявление ограничений, формулирование обоснованных выводов;
- логичность структуры и последовательность изложения;
- корректное использование профессиональной терминологии;
- грамотность и качество оформления текста или презентации;
- соблюдение регламента доклада и требований к объему работы;
- способность отвечать на дополнительные вопросы по теме.

7. Примерная тематика докладов, презентаций и рефератов

Тематика может уточняться преподавателем с учетом содержания занятия и уровня подготовки обучающихся. При выборе темы рекомендуется раскрывать не только технологическую сторону вопроса, но и биологические предпосылки, клиническую задачу, ограничения и риски применения.

1. Тканевая инженерия как направление регенеративной медицины: предмет, задачи и междисциплинарный характер.

2. Триада тканевой инженерии: клетки, скаффолды и регуляторные сигналы.

3. Классификация биоматериалов и требования к их применению в тканевой инженерии.

4. Природные и синтетические полимеры для создания скаффолдов: преимущества и ограничения.

5. Биосовместимость: тканевой ответ на имплантацию и факторы, влияющие на интеграцию материала.

6. Биодegradация скаффолдов: механизмы, продукты деградации и значение для регенерации тканей.

7. 2D- и 3D-клеточные культуры в тканевой инженерии: методические подходы и ограничения.

8. Мезенхимальные стволовые клетки в регенеративной медицине и тканевой инженерии.

9. Индуцированные плюрипотентные стволовые клетки: возможности для моделирования и терапии.

10. Клеточные пласты: технология получения и перспективы клинического применения.

11. Сфероиды и органоиды как модели тканей и органов.
12. 3D-биопринтинг: принципы, биочернила, ограничения и перспективы.
13. Орган-на-чипе как микрофлюидная модель физиологических и патологических процессов.
14. Дизайн тканеинженерной конструкции: выбор клеток, материала, архитектуры и условий дозревания.
15. Этические и правовые вопросы трансляции тканеинженерных продуктов в медицинскую практику.
16. Кожные эквиваленты: классификация, показания к применению и ограничения.
17. Биоматериалы для реконструкции костной ткани и опорно-двигательной системы.
18. Инженерия сосудов малого диаметра: клетки, матрицы и механические требования.
19. Тканевая инженерия трахеи и легких: децеллюляризация, рецеллюляризация и клинические риски.
20. Нейроинженерия: нервные кондуиты, гидрогели, органоиды и вопросы нейроэтики.
21. Органоиды пищеварительной системы и их применение для моделирования заболеваний.
22. Тканевая инженерия мочевого пузыря и уретры: клеточные источники, матрицы и ограничения.

8. Рекомендации по работе с учебной и научной литературой

При работе с литературой обучающемуся рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу, указанную в рабочей программе дисциплины, материалы электронного курса и современные научные публикации по теме. При подготовке доклада, презентации или реферата желательно использовать не менее 3 источников, включая учебные издания и/или научные статьи.

При анализе источников необходимо обращать внимание на дату публикации, научную репутацию издания, соответствие материала теме работы, наличие ссылок на первичные данные, степень доказательности представленной информации и ограничения интерпретации результатов. При использовании научных статей обучающийся должен указывать авторов, название публикации, журнал, год, том/номер, страницы или DOI. Полное копирование текста статей в доклад, презентацию или реферат не допускается; допускается краткое цитирование с указанием источника и самостоятельное изложение содержания.

9. Перечень электронных лекционных и иных учебных материалов

Электронные лекционные материалы и иные материалы используются для подготовки к лекционным, практическим, самостоятельной работе и итоговой аттестации.

Материал	Связанный раздел дисциплины
Электронный лекционный и/или учебный материал «Понятие о тканевой инженерии»	Тема I. Понятие о тканевой инженерии
Электронный лекционный и/или учебный материал «Биоматериалы в тканевой инженерии»	Тема II. Биоматериалы в тканевой инженерии

инженерии»	
Электронный лекционный и/или учебный материал «Биосовместимость и биodeградация скаффолдов»	Тема III. Биосовместимость и биodeградация скаффолдов
Электронный лекционный и/или учебный материал «Культивирование эукариотических клеток»	Тема IV. Культивирование эукариотических клеток
Электронный лекционный и/или учебный материал «Стволовые клетки в тканевой инженерии»	Тема V. Стволовые клетки в тканевой инженерии
Электронный лекционный и/или учебный материал «Новейшие клеточные технологии»	Тема VI. Новейшие клеточные технологии
Электронный лекционный и/или учебный материал «Микрофлюидика в тканевой инженерии»	Тема VII. Микрофлюидика в тканевой инженерии
Электронный лекционный и/или учебный материал «Основы дизайна тканеинженерных конструкций»	Тема VIII. Основы дизайна тканеинженерных конструкций
Электронный лекционный и/или учебный материал «Трансляция в медицинскую практику»	Тема IX. Трансляция в медицинскую практику
Электронный лекционный и/или учебный материал «Инженерия тканей покровной системы»	Тема X. Инженерия тканей покровной системы
Электронный лекционный и/или учебный материал «Инженерия тканей опорно-двигательной системы»	Тема XI. Инженерия тканей опорно-двигательной системы
Электронный лекционный и/или учебный материал «Инженерия тканей сердечно-сосудистой системы»	Тема XII. Инженерия тканей сердечно-сосудистой системы
Электронный лекционный и/или учебный материал «Инженерия тканей дыхательной системы»	Тема XIII. Инженерия тканей дыхательной системы
Электронный лекционный и/или учебный материал «Инженерия тканей нервной системы»	Тема XIV. Инженерия тканей нервной системы
Электронный лекционный и/или учебный материал	Тема XV. Инженерия тканей

материал «Инженерия тканей пищеварительной системы»	пищеварительной системы
Электронный лекционный и/или учебный материал «Инженерия тканей мочеполовой системы»	Тема XVI. Инженерия тканей мочеполовой системы

10. Рекомендации по подготовке к итоговой аттестации

Итоговая аттестация по модулю проводится в форме централизованного тестирования. Подготовка должна быть направлена на системное повторение понятий, технологий и клинических примеров, а не на механическое запоминание отдельных формулировок.

При подготовке рекомендуется:

- повторить тематическое содержание всех тем курса;
- составить краткие схемы по каждому разделу: клетки, скаффолды, сигналы, технологический подход, клиническая задача, ограничения;
- отдельно повторить понятия биосовместимости, биodeградации, тканевого ответа, 2D/3D-культур, органоидов, органа-на-чипе и биопринтинга;
- проработать примеры частной тканевой инженерии: кожа, кость, сосуды, дыхательная, нервная, пищеварительная и мочеполовая системы;
- использовать электронные лекционные и иные материалы, размещенные в информационной системе университета;
- при решении тестовых заданий обращать внимание на точность терминов и причинно-следственные связи между материалом, клеточным компонентом и тканевым ответом.