

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра біофізики та біоінформатики

Затверджено
на засіданні кафедри
біофізики та біоінформатики
біологічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 19 від 05.04 2023 р.)

Завідувач кафедри,
д.б.н., проф.



Андрій БАБСЬКИЙ

Силабус із навчальної дисципліни
«Біофізика м'язів»,
що викладається в межах ОПП Біофізика
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 091 – Біологія та біохімія

Назва курсу	Біофізика м'язів
Адреса викладання курсу	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	біологічний факультет, кафедра біофізики та біоінформатики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	09 Біологія. 091 – Біологія та біохімія.
Викладачі дисципліни	Гарасим Наталія Петрівна, канд. біол. наук, доцент, доцент кафедри біофізики та біоінформатики
Контактна інформація викладачів	nataliya.harasym@lnu.edu.ua https://bioweb.lnu.edu.ua/employee/harasym-n-p
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Щочетверга, 11:00–13:00 год (вул. Грушевського 4, ауд. 325)
Сторінка дисципліни	https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=5683
Інформація про курс	Дисципліна «Біофізика м'язів» є нормативною дисципліною з спеціальності 091 – Біологія та біохімія для освітньо-професійної програми «Біофізика», яка викладається в 1 семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, обов'язкові для того, щоб вміти аналізувати роботу різних типів м'язів, виходячи із позицій їхньої структурної організації. Тому у дисципліні представлено як огляд концепцій дослідження розвитку м'язів в онтогенезі, рецепторів м'язів, допоміжного апарату, іннервацію м'язів, звертається увага на детальну будову і функціонування різних типів м'язів, на механіку і енергетику м'язів, методи вивчення стану м'язової тканини.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення нормативної дисципліни «Біофізика м'язів» є навчити студентів біофізичних аспектів функціонування різних типів м'язів. Звернути увагу на роботу скелетних, гладеньких та серцевого м'язів, сформувані уявлення про принципи нем'язової форми рухливості для оволодіння сучасними підходами та інструментами щодо вивчення молекулярної організації та динаміки, механізмів руху.
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура Ш.С., Мірошніченко М.С., Лшуба М.Ф. Біофізика. – Київ: Видавництво «ВПЦ Київський університет», 2008. – 567 с. 2. Біофізика і біомеханіка [Текст]: підручник. / В.С. Антонюк, М.О. Бондаренко, В.А. Ващенко, Г.В. Канашевич, Г.С. Тимчик, І.В. Яценко. – Київ: Політехніка, 2012. – 344 с. 3. Клевець М. Ю., Манько В. В. , Гальків М. О. та ін. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем): підручник: [для студ. вищ. навч. закл.] – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 312 с. 4. Костерін С.О., Бабіч Л.Г., Шликов С.Г. та ін. Біохімічні властивості та регуляція Ca^{2+} -транспортувальних систем мембранних структур гладеньком'язевих клітин. – К.: Наук. думка,

	<p>2017.</p> <p>5. Костерін С., Цимбалюк О. Механокінетика вісцеральних гладеньких м'язів та її модуляція наноматеріалами. – Київ: Наукова думка, 2020. – 200 с.</p> <p>6. Краснобокий Ю. М. Основи фізики з елементами біофізики : (навчальний посібник) / Ю. М. Краснобокий, О. В. Підгорний, І. А. Ткаченко. – Бровари : АНФ ГРУП, 2020. – 356 с.</p> <p>7. Салєєва А.Д., Семенець В.В., Носова Т.В., Василенко І.М., Басв П.О., Корнєєв С.В., Литвиненко О.М., Карпенко І.В., Чернишова І.М., Кабаненко І.В. Біомеханічні основи протезування та ортезування: навчальний посібник / А.Д. Салєєва, В.В. Семенець, Т.В. Носова, І.М. Василенко, П.О. Басв, С.В. Корнєєв, О.М. Литвиненко, І.В. Карпенко, І.М. Чернишова, І.В. Кабаненко. Харків: ХНУРЕ, 2022. – 352 с.</p> <p>8. Протезування та штучні органи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / І. Ю. Худецький, Ю. В. Антонова-Рафі, Г. В. Мельник, Є. В. Сніцар ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 21,124Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 184 с.</p> <p>9. Загальні питання травматології та ортопедії: навчально – методичний посібник. 2- е видання видання (переглянуто та доповнено) - Головаха М.Л., Нерянов Ю.М., Івченко Д.В. та ін. – Запоріжжя, 2016. – 200 с.</p> <p>10. Диференційна діагностика та лікування нервово-м'язових захворювань : навч. посібник для лікарів-інтернів за спеціальностями «Неврологія», «Психіатрія», «Загальна практика - сімейна медицина» / О. А. Козьолкін, С. О. Медведкова, А. В. Ревенько, А.А. Кузнецов, А.О. Дронова. – Запоріжжя : ЗДМУ, 2020. – 134 с.</p> <p>11. Федірко Н.В. Анатомія та еволюція нервової системи. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2023. – 384 с.</p> <p>Додаткова література:</p> <p>1. Paul Davidovits Physics in Biology and Medicine. 2008. British Library. 352 p.</p> <p>2. Syn Schmitt, Michael Günther, Daniel F. V. Häußl The dynamics of the skeletal muscle: A systems biophysics perspective on muscle modeling with the focus on Hill-type muscle models // GAMM - Mitteilungen. –2019;42:e201900013. wileyonlinelibrary.com/journal/gamm1of12https://doi.org/10.1002/gamm.201900013. DOI:10.1002/gamm.201900013</p>
Тривалість курсу	Один семестр.
Обсяг курсу	120 годин. З них 32 години лекцій, 16 годин практичних, 72 години самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знати молекулярну організацію м'язів, механізми скорочення, типи патологій м'язів; - вміти, використовуючи дані електронної мікроскопії, на основі теоретичних знань визначати тип м'язових волокон. Застосовуючи препаративні методи отримувати м'язові препарати для реєстрації скорочення та дослідження впливу різноманітних чинників на нього. Застосовуючи методики реєстрації м'язового скорочення,

	<p>взаємозв'язок між вивільненням іонів кальцію, потенціалом дії та скороченням. Вміти пояснювати роботу штучних кінцівок на основі функціонування наявних м'язів та їхньої іннервації.</p> <p>Курс забезпечує набуття таких компетентностей та програмних результатів навчання:</p> <p>ФК01. Здатність користуватися новітніми досягненнями біології, необхідними для професійної, дослідницької та/або інноваційної діяльності.</p> <p>ФК02. Здатність формулювати задачі моделювання, створювати моделі об'єктів і процесів на прикладі різних рівнів організації живого із використанням математичних методів й інформаційних технологій.</p> <p>ФК04. Здатність аналізувати і узагальнювати результати досліджень різних рівнів організації живого, біологічних явищ і процесів.</p> <p>ФК07. Здатність діагностувати стан біологічних систем за результатами дослідження організмів різних рівнів організації.</p> <p>ФК11. Розуміння біофізичних та молекулярних механізмів функціонування різних видів клітин, субклітинних структур, тканин, органів та організму в цілому за нормальних умов та патологічних станів, та за впливу зовнішніх чинників.</p> <p>ПРН02. Використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних, інтернет ресурси для пошуку необхідної інформації.</p> <p>ПРН06. Аналізувати біологічні явища та процеси на молекулярному, клітинному, організменному, популяційно-видовому та біосферному рівнях з точки зору фундаментальних загальнонаукових знань, а також за використання спеціальних сучасних методів досліджень.</p> <p>ПРН07. Описувати й аналізувати принципи структурно-функціональної організації, механізмів регуляції та адаптації організмів до впливу різних чинників.</p> <p>ПРН13. Дотримуватися основних правил біологічної етики, біобезпеки, біозахисту, оцінювати ризики застосування новітніх біологічних, біотехнологічних і медико-біологічних методів та технологій, визначати потенційно небезпечні організми чи виробничі процеси, що можуть створювати загрозу виникнення надзвичайних ситуацій.</p> <p>ПРН14. Дотримуватись норм академічної доброчесності під час навчання та провадження наукової діяльності, знати основні правові норми щодо захисту інтелектуальної власності.</p> <p>ПРН16. Критично осмислювати теорії, принципи, методи з різних галузей біології для вирішення практичних задач і проблем.</p> <p>ПРН17. Встановлювати та аргументувати нові залежності та закономірності між параметрами та характеристиками складних біофізичних систем.</p> <p>ПРН18. Аналізувати відомі принципи та механізми структурно-функціональної організації, регуляції та адаптації організмів.</p>
Ключові слова	М'яз, саркомер, ендомізій, епімізій, інтрафузальні, екстрафузальні м'язові волокна.
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, практичних занять, консультації для кращого розуміння тем.

Теми

Класифікації типів м'язових волокон і скелетних м'язів: фазні і тонічні, швидкі і повільні, окиснювальні і гліколітичні. Функції та класифікація м'язових тканин з морфо-функціонального і гістогенетичного принципів. Різниця в будові і функціонуванні поперечносмугастих та гладеньких м'язових клітин. Основні критерії класифікації типів м'язових волокон: характер скорочення, швидкість скорочення, тип окиснювального обміну. Структура рухової одиниці.

Сполучнотканинні оболонки м'язових тканин. Допоміжний апарат м'язових тканин. Структура, функції та біомеханічне значення ендомізю, перемізю, ендотендію, перітендію, епітендію та апоневрозів. Допоміжний апарат м'язів у функціонуванні м'язової системи. Структура, функціонування та біомеханічна роль фасцій, синовіальних сумок, фіброзних і синовіальних піхв сухожиль, м'язових блоків і сесамовідних кісток.

М'язові рецептори. Будова м'язового веретена. Інтрафузальне м'язове волокно з ядерною сумкою, ланцюжково-ядерні інтрафузальні м'язові волокна. Види м'язових рецепторів. Будова та функціонування інтрафузальних м'язових волокон: двох типів волокон з ядерною сумкою (динамічних і статичних) і волокон з ядерним ланцюжком. Будова м'язового веретена. Різниця в функціонуванні та сенсорній рецепції різновидів сумчасто-ядерних інтрафузальних м'язових волокон з великою та малою швидкодією реакції. Фізіологічна роль коротких та довгих ланцюжково-ядерних інтрафузальних м'язових волокон в сприйнятті інформації про рівень імовірного процесу зміни довжини м'яза.

Аферентна та еферентна іннервація інтрафузальних м'язових волокон. Нервово-сухожильне веретено. Вільні нервові закінчення. Контроль стану скелетних м'язів зі сторони ЦНС. Нервово-м'язове з'єднання. Коркові мотонейрони. Соматотопічна організації первинної та вторинної моторної зони кори. Функціонування клітин Беца. Функціональна класифікація нейронів по положенню в рефлекторній дузі та в залежності від товщини, наявності мієлінової оболонки і швидкості поширення збудження. Будова нейронів та роль конусу зростання нервової клітини. Характеристики нервово-м'язового з'єднання та моторних бляшок, міжнейронних синапсів і нервово-м'язових з'єднань. Функції чутливого спинномозкового вузла, альфа- і гамма- мотонейронів в системі контролю м'язової активності. Пряме постсинаптичне гальмування альфа-мотонейронів і непряме пресинаптичне гальмування альфа-мотонейронів. Функціонування першого та другого типу нервових волокон, що іннервують м'язові веретена. Функції γ -кінцевих пластинок та γ -кущовидних нервових закінчень. Функціонування γ ,D-мотонейронів, та γ ,L-мотонейронів. Зв'язок екстрафузальних та інтрафузальних м'язових волокон з аксонами мотонейронів спинного мозку. Морфологічна будова, іннервація і функція нервово-сухожильного веретена. Функції інкапсульованих та вільних нервових закінчень в контролі стану м'язової системи.

Механіка, енергетика та регуляція скорочення. Молекулярні механізми м'язового скорочення. Амплітудно-часова характеристика скорочення. Структурна основа пружності м'язу. Активні і пасивні механічні характеристики поперечносмугастого

	<p>м'язу. Ізометричне скорочення, зв'язок довжина–напруження. Тетанус. Ізотонічне скорочення. Залежність між навантаженням і довжиною м'язу. Енергетика скорочення, рівняння Хілла. Параметри потенціалу дії тонічних та фазних волокон. Взаємозв'язок між збудженням і скороченням.</p> <p>Скелетний м'яз. Будова. Дані електронної мікроскопії. Розміщення актинових та міозинових філаментів. Основні структурні елементи м'язового волокна: поздовжнє розміщення товстих і тонких протофібрил, поперечний розріз саркомера в різних ділянках. Білки поперечносмугастого м'язу. Гіпотези м'язового скорочення. Регуляція взаємодії товстих та тонких філаментів.</p> <p>Тонічні та фазні м'язові волокна. Взаємозв'язок між вивільненням іонів Ca^{2+}, потенціалом дії та скороченням. Участь тропоніну С та іонів кальцію в регуляції скорочення.</p> <p>Серцевий м'яз. Особливості структурно-функціональної організації. Структурні особливості міокарда. Електричні властивості міокарда. Біомеханіка й енергетика скорочення серцевого м'язу.</p> <p>Гладенькі м'язи. Нем'язова форма рухливості. Будова гладеньком'язової клітини. Потенціал дії гладеньких м'язів. Зв'язок між збудженням і скороченням. Регуляція скорочення – розслаблення гладеньких м'язів. Приклади нем'язової форми рухливості. Рухомість прокаріотичних організмів, еукаріотичних клітин, амебоїдний рух.</p> <p>Розлади роботи м'язів. Типи міопатій. Розриви та пошкодження м'язів. Робота м'язів при ураженні хребта. Ушкодження м'язів під час бойових дій.</p> <p>Протезування військових. Біонічні протези. Міоелектричні протези.</p> <p>Див. табл. 1.</p>
Підсумковий контроль, форма	Іспит у кінці I семестру. Іспит – усний.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з хімії, біохімії, цитології, гістології, фізіології людини достатніх для сприйняття категоріального апарату дії біологічно активних сполук на організм, зокрема, на м'язи, розуміння механізму регуляції м'язового скорочення.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми, проектор.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> практичні: 16 % семестрової оцінки; захист однієї практичної роботи оцінюється у 2 бали, який передбачає оцінювання теоретичних знань та практичних умінь з теми (всього 8 занять); на кожне практичне заняття студент повинен підготувати доповідь у вигляді презентації; максимальна кількість балів – 16;

	<ul style="list-style-type: none"> • контрольні заміри (модулі): 34 % семестрової оцінки; передбачається два модулі у вигляді тестових завдань; на один модуль відводиться 17 балів; одне тестове завдання оцінюється в 1 бал; максимальна кількість балів – 34. • Іспит: 50 % семестрової оцінки. Максимальна кількість балів – 50. Іспит усний. У білеті наявні три питання (по 15 балів). Крім білету, студент повинен відповісти ще на 5 додаткових запитань. Кожне додаткове запитання оцінюється по 1 балу. <p>Академічна доброчесність: очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвочасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до екзамену</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Загальні відомості про м'яз. 2. Рухова одиниця м'яза. 3. Типи м'язів. 4. Критерії класифікації типів м'язових волокон. 5. Властивості м'язів. 6. Характеристика швидкоскоротливих волокон. 7. Характеристика повільноскоротливих волокон. 8. Характеристика двох груп поперечно-посмугованих волокон. 9. Сполучнотканинні оболонки м'язових тканин. 10. Допоміжний апарат м'язових тканин. 11. Характеристика фасцій. 12. Характеристика фіброзних каналів і синовіальних сумок. 13. М'язові рецептори. 14. Будова м'язового веретена.

15. Інтрафузальне м'язове волокно з ядерною сумкою.
16. Ланцюжково-ядерні інтрафузальні м'язові волокна.
17. Будова сухожильних органів.
18. Аферентна інервація інтрафузальних м'язових волокон.
19. Еферентна інервація інтрафузальних м'язових волокон.
20. Характеристика кори головного мозку.
21. Будова та функції нейронів.
22. Характеристика нервових волокон.
23. Поняття про нервові закінчення і синапси.
24. Поняття про рефлекс.
25. Розвиток і ріст нейрона.
26. Характеристика моторних зон кори головного мозку.
27. Соматотопічна організація первинної та вторинної моторної зони кори головного мозку.
28. Нервово-м'язове з'єднання.
29. Забезпечення довільних рухів.
30. Провідні шляхи головного і спинного мозку.
31. Нервово-м'язові з'єднання в поперечно-посмугованих м'язах.
32. Нервово-м'язові з'єднання в гладких м'язах.
33. Сенсорна функція спинного мозку в регуляції рухів.
34. Рефлекторна функція спинного мозку в регуляції рухів.
35. Провідникова функція спинного мозку в регуляції рухів.
36. Будова та потенціал дії поперечно-посмугованих м'язів.
37. Залежність збудження і скорочення поперечно-посмугованих м'язів.
38. Характеристика саркоплазматичного ретикулулу поперечно-посмугованих м'язів.
39. Механіка скорочення поперечно-посмугованих м'язів.
40. Енергетика скорочення поперечно-посмугованих м'язів.
41. Рівняння Хілла.
42. Режими скорочення поперечно-посмугованих м'язів.
43. З яких елементів складається загальна зміна енергії в м'язі (при ізотонічному режимі скорочення)?
44. Міозинові філаменти.
45. Актинові філаменти.
46. Процес скорочення м'язового волокна (поперечно-посмугованих м'язів).
47. Структурні характеристики міокарду.
48. Функціональні характеристики міокарду.
49. Автоматизм і провідна система серця.
50. Біомеханіка і енергетика серцевого скорочення.
51. Характеристика швидких потенціалів дії міокардіальних волокон.
52. Характеристика повільних потенціалів дії міокардіальних волокон.
53. Закон Франка-Старлінга.
54. Коефіцієнт корисної дії серцевого м'язу.
55. Структурні параметри гладеньких м'язів.
56. Функціональні параметри гладеньких м'язів.
57. Активація скорочення в гладеньких м'язах.
58. Механіка скорочення гладенького м'яза.
59. Регуляція скорочення гладенького м'яза.

	<p>60. Рухливість прокаріотичних організмів. 61. Рухливість еукаріотичних клітин. 62. Війки. 63. Джгутики. 64. Характеристика мікротрубочок. 65. Амебоїдний рух. 66. Мікрофіламенти нем'язових клітин. 67. Гістамін та його вплив на гладку мускулатуру, серцевий м'яз. 68. Сигнальна дія G-білків. 69. Аденілатциклаза, протеїнкіназа А. 70. Протеїнкіназа С. 71. Роль протеїнкінази С в клітинній сигналізації. 72. Механічні властивості м'язової тканини. Моделювання м'язів. 73. Пружність, в'язкість, повзучість та релаксація м'язів. 74. Анатомо-фізіологічні фактори, що визначають механічні властивості м'язів. 75. Дія односуглобних і багатосуглобних м'язів. М'язова координація. 76. Розвиток м'язової системи у філогенезі. 77. Класифікація м'язів, групи м'язів. 78. Гіпертрофія м'язів. 79. Треновані м'язи. 80. Електроміографія. 81. Реакція м'язів на розтягіння. 82. Вікові зміни м'язів. 83. Кардіограма серця. 84. Значення активної м'язової діяльності для здоров'я. 85. Розлади роботи м'язів. 86. Типи міопатій. 87. Патологія м'язів при ураженні хребта. 88. Розриви м'язів. 89. Типи протезувань. 90. Біонічні протези. 91. Міоелектричні протези. 92. Яка різниця між біонічним і міоелектричним протезами.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1.

Схема курсу «Біофізика м'язів»

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1	Класифікації типів м'язових волокон і скелетних м'язів: фазні і тонічні, швидкі і повільні, окиснювальні і гліколітичні	Лекції – 2 год, самостійна робота – 3 год.	Основна література: 1, 3, 6. Додаткова література: 1	1 тиждень
2	Сполучнотканинні оболонки м'язових тканин. Допоміжний	Лекції – 2 год, самостійна робота –	Основна література:	1 тиждень

	апарат м'язових тканин.	3 год.	1, 3. Додаткова література: 1	
2	Участь кори головного мозку у руховій активності	Практична робота – 2 год, самостійна робота – 3 год.	Основна література: 1, 3, 11.	1 тиждень
3, 4	М'язові рецептори. Будова м'язового веретена. Інтрафузальне м'язове волокно з ядерною сумкою, ланцюжково-ядерні інтрафузальні м'язові волокна.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год.	Основна література: 1, 2, 3.	2 тижні
4	Поняття про рефлекс	Практична робота – 2 год, самостійна робота – 3 год.	Основна література: 1, 3, 11.	1 тиждень
5, 6	Аферентна та еферентна іннервація інтрафузальних м'язових волокон. Нервово-сухожильне веретено. Вільні нервові закінчення. Контроль стану скелетних м'язів зі сторони ЦНС. Нервово-м'язове з'єднання.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год.	Основна література: 1, 3, 11.	2 тижні
6	Забезпечення довільних рухів	Практична робота – 2 год, самостійна робота – 3 год.	Основна література: 1, 3, 11.	1 тиждень
7, 8	Механіка, енергетика та регуляція скорочення. Молекулярні механізми м'язового скорочення.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год.	Основна література: 1, 3. Додаткова література: 2.	2 тижні
8	Сенсорна, рефлекторна, провідникова функція спинного мозку в регуляції рухів.	Практична робота – 2 год, самостійна робота – 3 год.	Основна література: 1, 3, 11.	1 тиждень
9, 10	Скелетний м'яз. Будова. Дані електронної мікроскопії. Розміщення актинових та міозинових філаментів.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год.	Основна література: 1, 3. Додаткова література: 2	2 тижні
10	Розвиток м'язової системи у філогенезі. Гіпертрофія м'язів.	Практична робота – 2 год, самостійна робота – 3 год.	Основна література: 1, 3, 10.	1 тиждень
11, 12	Тонічні та фазні м'язові волокна. Взаємозв'язок між вивільненням іонів Са, потенціалом дії та скороченням.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год.	Основна література: 1, 3.	2 тижні

