МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра фізіології людини і тварин

Затверджено
на засіданні кафедри фізіології людини і тварин
біологічного факультету
Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08 20 20 р.)

Завідувач кафедри _____

Силабус з навчальної дисципліни

« Електрофізіологія і сигнальні системи клітин»
що викладається в межах ОНП ____Біологія_____
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти для здобувачів
зі спеціальності 091 Біологія

Львів 2020

Силабус курсу «Електрофізіологія і сигнальні системи клітин»
2020–2021 н.р.

Назва курсу	**Електрофізіологія і сигнальні системи клітин**
Адреса викладання курсу	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	біологічний факультет, кафедра фізіології людини і тварин
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	09 Біологія, 091 Біологія
Викладачі курсу	Доц. Остапів Р.Д.
Контактна інформація викладачів	roman.ostapiv@lnu.edu.ua
Консультації по курсу відбуваються	щосереди, 15:00–16:00 год (вул. Грушевського 4, ауд. 136)
Сторінка курсу	https://bioweb.lnu.edu.ua/course/syhnalni-systemy-klityn
Інформація про курс	Курс спрямований на ознайомлення здобувачів вищої освіти з сигнальними шляхами клітин, їх елементами, та взаємодією у забезпечення фізіологічних функцій на клітинному рівні, навчити аналізувати англомовну наукову літературу та створювати високоякісні концептуальні схеми сигнальних шляхів у форматі мультимедійних презентацій, представляти результати своєї науково-реферативної роботи.
Коротка анотація курсу	Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів: 1. Загальна характеристика сигнальних систем клітин. Сигналювання, що ініціюється рецепторами плазматичної мембрани. 2. Внутрішньоклітинне сигналювання. У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен: **знати** принципи організації та властивості сигнальних систем, рецептори плазматичної мембрани та їх внутрішньоклітинні каскади, вторинні посередники, міжклітинне сигналювання, внутрішньоклітинні сигнали цитоплазматичного походження, роль транскрипційних факторів у клітинному сигналюванні, епігенетичні сигнальні механізми; **вміти** вести літературний пошук на задану тему, в тому числі і з використанням сучасних комп'ютерних баз даних, критично аналізувати та систематизувати дані літератури, створювати схеми сигнальних шляхів клітин, створювати високоякісні мультимедійні презентації, представляти результати своєї науково-реферативної роботи, рецензувати роботу колег.
Мета та цілі курсу	ознайомити здобувачів вищої освіти із сучасними даними про різноманітні сигнальні системи клітин та їхньою роллю у забезпеченні клітинних функцій. Навчити самостійно шукати, аналізувати, систематизувати, оформляти та представляти наукові дані про сигнальні системи. Стимулювати

	співпрацю між студентами у їхній науковій роботі. Покращити знання студентів сучасної наукової лексики та термінології українською та англійською мовами
Література для вивчення дисципліни	**Основна література**: 1. Handbook of Cell Signaling (Second Edition) / Edited by:Ralph A. Bradshaw and Edward A. Dennis. – Academic press, 2010. – 3047 p. 2. Костюк П. Г., Зима В. Л., Магура Ш. С., Мірошниченко М. С., Шуба М. Ф. Біофізика. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2008. – 567 с. 3. Berridge M. J. Cell Signalling Biology. – www.cellsignallingbiology.org. – 2012. 4. Sherwood L. Human Physiology: From Cells to Systems : 7th ed. – Belmont : Cengage Learning, 2010. – 928 p. 5. Hille B. Ionic channels of excitable membranes : 3th ed. – Sunderland : Sinauer Associates, 2001. – 814 p. 6. Hammond C. Cellular and molecular neurophysiology : 3th ed. – Amsterdam: Elsevier, 2008. – 405 p. 7. Karp G. Cell and molecular biology: Concepts and experiments : 6th ed. – John Wiley & Sons, 2010. – 765 p. 8. Lodish H., Berk A., Matsudaira P. et al. Molecular cell biology : 5th ed. – 973 p. 9. Alberts B., Johnson A., Lewis J. et al. Molecular Biology of the Cell : 5th ed. – New York : Garland Science, 2007. – 1392 p. **Додаткова література**: 1. Ганонг В.Ф. Фізіологія людини. – Львів: БаК, 2002. – 784 с. 2. Шуба Я. М. Основи молекулярної фізіології іонних каналів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів. – К. : Наук. думка, 2010. – 446 с.
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 год, з яких 48 год аудиторних занять, з них 32 год лекцій, 16 год практичних занять та 42 год самостійної роботи
Ключові слова	Іонні канали, транспортери і помпи, рецептори плазматичної і внутрішньоклітинних мембран, внутрішньоклітинна трансдукція сигналу
Формат курсу	очний/заочний або дистанційний
	проведення лекцій, практичних/семінарських робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл. 1
Підсумковий контроль, форма	іспит наприкінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу аспіранти потребують базових знань із загальної фізіології людини і тварин, біохімії, біофізики, клітинної фізіології.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	лекції, презентація (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, розв'язування вправ і задач, дискусія
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальновживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор; матеріали і обладнання для виконання практичних робіт

Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • семінарські заняття: 50 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50; • контрольні заміри (модулі): 50 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50. Іспит аспірант отримує на підставі результатів виконання ним усіх видів робіт на практичних заняттях та контрольних замірів протягом семестру.
Питання до модульних контролів (замірів знань)	1. **Структура та завдання курсу. Поняття сигнальних систем клітини, принципи їх організації, класифікація.** Біологічні функції сигнальних систем клітини. Компоненти сигнальних систем клітин. Рецептори, трансдуктори, ефектори, мішені та термінатори сигналів. Взаємодія та підпорядкування компонентів. Прямі та зворотні зв'язки. Компартменталізація сигнальних молекул, сигнальні мікродомени. Основні принципи візуального представлення сигнальних систем клітини. Детальний аналіз сигнальної системи на прикладі регуляції сили скорочень кардіоміоцитів. 2. **Мембранний потенціал спокою.** Мембранний потенціал спокою. Методи вимірювання, величина, механізм генерування і фізіологічне значення. Асиметричний розподіл іонів між цитозолем і міжклітинним середовищем. Na^+-K^+-помпа плазматичної мембрани. Правило електронейтральності. Електрохімічний градієнт як рушійна сила дифузії іонів через мембрану. Рівняння Нернста. Рушійна сила транспорту іонів через мембрану. 3. **Потенціал дії, його фізіологічна роль та механізми генерації**. Фази потенціалу дії при внутрішньоклітинному відведенні. Дія фармакологічних препаратів на ПД. Зміни збудливості під час збудження. Іонні струми у відповідь на деполяризацію мембрани в умовах фіксації потенціалу, їхня ідентифікація та властивості. Ідентифікація, структура, властивості і класифікація потенціалкерованих натрієвих каналів і потенціалкерованих калієвих каналів. Роль зворотних зв'язків між різними подіями в ході генерації ПД. 4. **Механізм поширення потенціалів дії у мієлінованих і безмієлінових волокнах**. Класифікація нервових волокон за швидкістю поширення потенціалу дії. Залежність швидкості поширення потенціалу дії від сталої довжини мембрани. Визначення сталої довжини. Закони проведення потенціалів дії нервовими волокнами. 5. **Класифікація та характеристика рецепторів**. Канали з рецепторними структурами. Рецептори, зв'язані з G-білками. Рецептори-тирозинкінази. Імунні рецептори. Інтегрини. Цитоплазматичні рецептори. Ядерні рецептори. 6. **Рецептори, спряжені з G-білками.** Будова, механізм трансдукції. Класифікація рецепторів, спряжених з G-білками. Родопсин-подібні рецептори, секретинова родина рецепторів, метаботропні глютамінові рецептори, офлакторні рецептори. Класифікація G-білків. Цикл активності G-білків. Родопсин та механізм фототрансдукції. Механізми десенситизації рецепторів. Участь Бета-аррестину і GRK у десенситизації. Рецептори – "приманки". Сигналювання "з ухилом". Гетеродимеризація рецепторів, спряжених з G-білками. 7. **Системи трансдукції сигналу G-білків**. Gs, Gi та Gq білки. Аденілатциклази. цАМФ-залежне сигналювання. Фосфодиестерази. Протеї-

	нкіназа А. Протеїнфосфатази. Мішені цАМФ-залежного сигналювання. Інозитол-1,4,5-трифосфат та його сигнальний шлях. Фосфоліпаза С, протеїнкіназа С та їх мішені. 8. **Системи Ca^{2+}-сигналювання**. Класифікація молекул, що беруть участь у Ca^{2+}-сигналюванні. Потенціал-керовані, рецептор-керовані Ca^{2+}-канали. Ca^{2+}-помпи плазматичної мембрани та ендоплазматичного ретикулуму. Na^{+}-Ca^{2+}-обмінник плазматичної мембрани. Канали вивільнення Ca^{2+} ендоплазматичного ретикулуму. Ca^{2+}-індуковане вивільнення Ca^{2+}. Ca^{2+}-транспортувальні системи мітохондрій. Мітохондріально-асоційовані мембрани та їх участь у Ca^{2+}-сигналах. Роль Ca^{2+} у регуляції мітохондріального окиснення. Взаємодія Ca^{2+}-транспортувальних систем у поширенні та обмеженні Ca^{2+}-сигналів. EF-hand білки. Депо-керований вхід Ca^{2+}. 9. **Рецептори цитокінів та горизонтальне сигналювання.** Класифікація рецепторів: рецептори-тирозникінази, рецептори серин-треонінкінази, рецептори без ензиматичної активності. Приклад сигнального шляху VEGF та інсулінового рецептора. Механізм активації рецепторів, пов'язаних з JAK-кіназами. Родина фактору некрозу пухлин. Сигнальний шлях рецепторів серин-треонінкіназ на прикладі Трансформуючого фактору росту пухлин. Мітоген-активовані протеїнкінази. Шлях PI3K/AKT. 10. **Рецептори плазматичної мембрани, специфічні для імунокомпетентрих клітин.** Fc-рецептори. Т-клітинні рецептори. MHC – рецептори. Взаємодія Т-клітинних рецепторів з MHC класу I. Імунні синапси між Т-клітинам та антиген-презентуючими клітинами. Ко-стимуляторні та ко-інгібіторні рецептори Т-клітин. Сигнальні шляхи рецептору PD-1. Рецептори природних кіллерів. Рецептори розпізнавання паттренів: TLR, CLR, NOD-like, RIG-like та їх сигнальні шляхи. Розпізнавання компонентів патогенних грибів. Галектини, дектини, рецептор хітину. 11. **Рецептори плазматичної мембрани, що беруть участь у взаємодії з сусідніми клітинами та міжклітинним матриксом.** Сигналювання інтегринів. Сигнальний шлях рецепторів Notch. Класичні та нові шляхи **Wnt**/dishwelled. 12. **Газове сигналювання.** Газоподібні месенджери NO, CO, H_2S та їх сигнальні шляхи. 13. **Ліпідне сигналювання.** Фосфоліпази та їх класифікація. Шляхи синтезу ліпідних месенджерів. Простагландини, простацикліни, тромбоксан – сигнальні шляхи і функції. Лейкотрієни. PAF-сигналювання. Ендогенні канабіноїди. Лізофосфатидна кислота, сфінгозин-1-монофосфат та їх сигналювання. Естери жирних кислот (FAHFA) та їх роль у гомеостазі глюкози та ліпідів. 14. **Сигнали, що ініціюються рецепторами в цитоплазмі**. Регуляція клітинного циклу. Цикліни, циклін-залежні кінази, чекпоінт-кінази. Шляхи запуску апоптозу. Каспази, апоптосома. Шляхи, що регулюють автофагію. Шлях mTOR. Регуляція холдингу в ЕПР. Відповідь на не згорнуті білки. Рецептори IRE1a, PERK, ATF6 та їх сигнальні каскади. Регуляція вмісту холестерину у клітині. Шлях SREBP. Сигнальна взаємодія між мітохондріями і цитозолем. Ретроградне мітохондріальне сигналювання. Мітохондріальна динаміка.

	15. **Транскрипційні фактори і ядерні рецептори**. Класифікація транскрипційних факторів. Роль та сигнальні шляхи транскрипційних факторів AP-1, CREB, Stat, NF-kB, SMAD, NFAT, FOXO. Механізми ядерного сигналювання стероїдних гормонів: статеві гормони, кортикостероїди. Рецептори до тиреоїдних гормонів та ретиноєвої кислоти. 16. **Сигналювання мікроРНК та епігенетична регуляція.** Синтез та дозрівання мікроРНК. Участь мікроРНК у регуляції трансляції білків-елементів сигнальних систем на прикладі сигнальних каскадів TLR-4 і гіпертрофічних сигналів кардіоміоцитів. Епігенетичне сигналювання. Ацетилювання, деацетилювання, метилювання, фосфорилювання, SUMO-ляція пістонів. Метилювання ДНК.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Електрофізіологія і сигнальні системи клітин»

Тиждень	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1, 2	Структура та завдання курсу. Поняття сигнальних систем клітини, принципи їх організації, класифікація. Мембранний потенціал спокою.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 5 год		2 тижні
3, 4	Потенціал дії і його фізіологічна роль. Механізм поширення потенціалів дії у мієлінованих і безмієлінових волокнах	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 5 год		2 тижні
5, 6	Класифікація та характеристика рецепторів. Рецептори, спряжені з G-білками.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 5 год		3 тижні
7, 8	Системи трансдукції сигналу G-білків. Системи Ca^{2+}-сигналювання	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 5 год		3 тижні
9, 10	Рецептори цитокінів та горизонтальне сигналювання.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 5 год		2 тижні

	Рецептори плазматичної мембрани, специфічні для імунокомпетентрих клітин			
11, 12	Газове сигналювання. Ліпідне сигналювання	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 5 год		2 тижні
13, 14	Сигнали, що ініціюються рецепторами в цитоплазмі. Транскрипційні фактори і ядерні рецептори. Сигналювання мікроРНК та епігенетична регуляція.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год		2 тижні
15, 16	Транскрипційні фактори і ядерні рецептори. Сигналювання мікроРНК та епігенетична регуляція	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год		2 тижні

Автор Роман Остапів

"Погоджено"

Голова методичної ради
біологічного факультету

_____ Віталій Гончаренко

"25" травня 2020 р.

Гарант ОНП

_____ Андрій Бабський

"25" 05 2020 р.