

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра біохімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан біологічного факультету


Ігор ХАМАР

«15» серпня 2023 р.

Ухвалено Вченою радою
біологічного факультету

від «15» 03 2023 р.

Протокол № 10/33

ПРОГРАМА КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ

Спеціальність 091 Біологія

ОПП «Біохімія»

Другий (магістерський) рівень вищої освіти

Львів – 2023

Програма кваліфікаційного екзамену здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОПП «Біохімія» спеціальності 091 – Біологія

розглянута на засіданні кафедри біохімії

Протокол № 17 від «28» березня 2023 р.

Завідувач кафедри біохімії

Н. Сибірна проф. Наталія СИБІРНА

«28» березня 2023 р.

Схвалено методичною радою біологічного факультету

Протокол № 3 від «15» 02. 2023 р.

Голова Віталій Гончаренко доц. Віталій ГОНЧАРЕНКО

«15» 02. 2023 р.

Кваліфікаційний екзамен – обов'язковий компонент атестації набуття компетентностей, визначених стандартом вищої освіти та достатніх для професійної діяльності за спеціальністю 091 – Біологія.

Кваліфікаційний екзамен для здобувачів ОПП «Біохімія» другого (магістерського) рівня вищої освіти буде проведено у грудні 2023 року.

Формат проведення – очний.

Екзаменаційна робота складається з 25 тестових завдань, що мають по чотири варіанти відповіді, з яких лише один правильний. На виконання тесту відводиться 60 хв.

Програма кваліфікаційного екзамену здобувачів ОПП «Біохімія» спеціальності 091 – Біологія складається з таких розділів:

1. Проблемні питання сучасної біології
2. Біоінформатика
3. Регуляція обміну речовин
4. Молекулярно-клітинні основи імунітету
5. Функціональна біохімія
6. Моніторинг продуктів харчування та лікарських препаратів (англ. Мовою)
7. Молекулярні механізми міжклітинної комунікації
8. Методологія наукових досліджень у біохімії

Програма складена співробітниками кафедри біохімії біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка.

1. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ СУЧАСНОЇ БІОЛОГІЇ

Головні етапи в становленні сучасної біології. Характеристика взаємовідносин між окремими «оміками». Структурна організація живої матерії. Інтерактоміка: взаємодії білок-ДНК і білок-білок. Ген-регуляторні мережі клітини. Біоінформатика: головні методичні підходи, роль у сучасній біології.

Клітинний цикл: структура. Структура клітинного циклу, рестрикційні точки у клітинному циклі та їх біохімічний зміст. Синхронізація клітинного циклу в популяції клітин. Роль Cdk-циклінових комплексів у регуляції клітинного циклу. Визначення і загальна характеристика цитокінів.

Поліпептидні фактори росту (цитокіни) – головні регулятори проліферації і диференціації клітин тварин і людини. Родина інсуліноподібних факторів росту. Родина епідермального фактора росту. Родина тромбоцитарного фактора росту. Родина фактора росту фібробластів. Родина трансформуючого фактора росту бета-типу.

Спряження рецепторів з регуляторними системами клітини. Структура плазматичної мембрани та мембранних рецепторів. Специфічні рецептори поліпептидних факторів росту. Інтерналізація ліганд-рецепторних комплексів та її біологічна роль. Внутрішньоклітинна сигналізація. Рецептори та G-білки плазматичної мембрани: спряження між ними та роль у механізмах дії цитокінів. Протеїнкіназні каскади та їх роль у передачі регуляторних сигналів у клітину: сигнальний шлях Ras/MAPK. Сигнальні функції продуктів розщеплення фосфоліпідів. Участь протеїнкіназ A і C у передачі регуляторних сигналів у клітині. Сигнальний шлях JAK/STAT у тваринних клітинах. Роль білків Smad у передачі регуляторних сигналів цитокінами родини трансформуючого фактора росту бета-типу. Транскрипційні фактори (на прикладі NF-карра B). Механізми руйнування білків у клітинах. Роль та механізми функціонування протеасом. Роль білків-шаперонів у клітині. Механізми транслокації білків у клітині та механізми, які визначають локалізацію білків у клітині. Секретовані та мембранні білки – практичне застосування скерованої локалізації білків.

Молекулярні механізми канцерогенезу. Хімічний та вірусний канцерогенез. Протоонкогени та онкогени. Молекулярні механізми дії білкових продуктів протоонкогенів. Внутрішньоклітинна локалізація та біологічні властивості білкових продуктів протоонкогенів. Зв'язок продуктів онкогенів із поліпептидними факторами росту. Антионкогени – гени-супресори пухлинного росту. Молекулярні механізми дії антионкогенів. Основні фенотипічні характеристики злякисних клітин. Автокринна регуляція. Фенотипові ознаки злякисних і трансформованих клітин. Особливості регуляції проліферації клітин під час злякисного росту. Втрата контактного інгібування росту клітин. Автокринна регуляція клітинних функцій. Зміни у структурі і функціях мембранних рецепторів клітин під час злякисного росту. Зміни у механізмах передачі регуляторних сигналів від рецепторів на плазматичній мембрані до внутрішньоклітинних молекулярних мішеней. Зміни в експресії специфічних генів під час злякисного росту. Теорія багатостадійного канцерогенезу та її суть. Молекулярні механізми дії канцерогенів. Промотори та ініціатори канцерогенезу. Хімічний та вірусний канцерогенез: загальна характеристика. Структура та функції ретровірусів. Білок p53 і канцерогенез.

Молекулярні механізми старіння і загибелі клітин. Фізіологічна смерть клітин у багатоклітинних еукаріотичних організмів. Запрограмована смерть клітин. Апоптоз: цитоморфологічна і біохімічна характеристика. Індуктори апоптозу. Супресори апоптозу. Автофагія. Незапрограмована (випадкова смерть клітин, некроз).

Молекулярні механізми поширених захворювань. Діабет і ожиріння. Патогенетичні аспекти діабету. Молекулярно-генетичні механізми, які лежать в основі розвитку діабету.

Атеросклероз і серцево-судинні захворювання. Цитокіни і паракринно-автокринна регуляція при атеросклерозі. СНІД та автоімунні захворювання. Спадкові захворювання.

Генна інженерія. Генна терапія. Механізми виникнення резистентності до ліків. Клонування живих організмів. Стовбурові клітини. Трансгенні організми. Біовектори. Біоінженерія. Молекулярні механізми формування імунологічної різноманітності. Т-клітинний та В-клітинний імунітет. Гібридомна біотехнологія та моноклональні антитіла. Прокаріотичні та еукаріотичні клітинні біореактори у біотехнологіях. Посттрансляційна модифікація білків: біологічне значення. Регуляція експресії генів під час процесів розвитку у тварин і диференціації їх клітин. Критичні для морфогенезу періоди в ембріогенезі тварин та їхній вплив на розвиток. Поняття про генетичну і епігенетичну інформацію під час процесів біологічного розвитку. Джерела і методи отримання стовбурових клітин. Біомедичні та етичні проблеми отримання і використання стовбурових клітин.

Нанобіотехнології і наноматеріали для біології і медицини. Наноматеріали, «розумні» матеріали, їх використання для доставки лікарських субстанцій і генетичних матеріалів. Біосенсори: принципи створення і застосування.

Біоетика: порушення етичних норм наукової діяльності. Наукова ідея, стаття, проект. Проблеми захисту інтелектуальної власності в науці. Екологічні проблеми: глобальне потепління, загроза біорізноманіттю, забруднення довкілля. Енергетичні проблеми. Відновлювані джерела енергії. Біопаливо. Об'єктивна біоетика: біозброя, біотероризм, клонування організмів, трансгенні організми, трансплантація тканин і органів, отримання ембріональних стовбурових клітин. Суб'єктивна біоетика: порушення етичних норм наукової діяльності. Наукова ідея, стаття, проект – шлях до матеріально-технічного забезпечення наукової діяльності та науково-технічного прогресу людства. Проблеми захисту інтелектуальної власності в науці.

2. БІОІНФОРМАТИКА

Вступ до біоінформатики. Що таке ДНК і білок. Центральна догма молекулярної біології ХХ століття, її сучасне тлумачення з точки зору епігенетики й теорії інформації. Біоінформатика як синтез методів молекулярної біології, генетики, інформатики і статистики. Маргарет О. Дейгоф і перші моделі еволюції НАП. Теорія прийнятних точкових мутацій (РАМ) М. Дейгоф. Нуклеотид, кодон, амінокислотний залишок – елементарні одиниці інформації, якими оперує біоінформатика. Типи даних, що генерують геномні, транскриптомні і протеомні методи досліджень. Інтерактом. Системний аналіз. Роль біоінформатичних методів у біологічних дослідженнях. Журнал *Nucleic Acids Research* – провідник у світі біоінформатики. Біоінформатичні сервіси на веб-порталі NCBI – PubMed, GenBank, Genome, Taxonomy, GEO datasets. Національний центр біотехнологічної інформації США (NCBI) – структура і функції.

Математичні моделі НАП – концептуальні засади. Біологічна модель – на прикладі абетки і мови. Що таке інформація? Символьне повідомлення. Що таке частота, імовірність та вірогідність події? Імовірність (частота) трапляння підпоследовності (слова) у последовності (тексті) – моделі Бернуллі і Маркова. Поняття Байєзової статистики стосовно аналізу НАП. Окремі випадки використання елементів Байєзової статистики, вірогідності і різноманітних розподілів імовірності до розв'язання біологічних питань.

Математичні моделі еволюції нуклеотидних последовностей. Моделі еволюції нуклеотидних последовностей як приклад параметризованих моделей. Модель Джакса-Кімури JC69, її параметри. Теорія молекулярного годинника, її практичне застосування. Типи матриць заміщення – одиничні, емпіричні, параметризовані. Райони низької складності в НАП та повтори.

Повтори – кількісно домінуюча форма організації генетичного матеріалу. Неструктуровані білки як приклад послідовностей з низькою складністю.

Порівняння НАП – концептуальні засади. Еволюційна спорідненість (гомологія) як концептуальна основа порівняння НАП. Гомологічність, подібність, ідентичність. Локальне і глобальне вирівнювання. Підпослідовності, прогалини, штрафи, рахунок вирівнювання. Еволюція НАП як процес Маркова. Моделі Маркова в аналізі генетичних послідовностей. Матриці мутаційних даних PAM. Матриці BLOSUM. Емпіричні матриці кодонних заміщень і їхнє застосування в оцінці еволюції НАП.

Попарне вирівнювання НАП. Принцип графічного ілюстрування попарного вирівнювання НАП. Типи перебудов НАП, які можна виявляти за допомогою дотплот-аналізу – повтори, повні і часткові інверсії. Поняття “вікна” вирівнювання. Приклади програм відкритого типу для дотплот-аналізу на рівні окремих генів і геномів. Методи динамічного програмування у вирівнюванні НАП. Алгоритм локального вирівнювання Сміта-Уотермана з використанням унітарної матриці заміщень. Алгоритм глобального вирівнювання Нідельмана-Ванча. Порівняння рахунків вирівнювання НАП на основі унітарної матриці та BLOSUM62.

Веб-сервіс BLAST. Евристичні модифікації алгоритму локального попарного вирівнювання, що лежать в основі BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) – “засівні слова порівняння”, афінні штрафи, пороги подібності. Статистична оцінка результатів BLAST – e , p , $bits$, $gaps$. Родина програм BLAST – blastn, blastp, blastx, tblastn. PSI-BLAST – метод порівняння “профілів” білків. Структура початкової сторінки BLAST, її параметри за замовчуванням і можливості налаштування відповідно до мети дослідження. Структура сторінки результатів BLAST. Приклади вирівнювання високоподібних і віддалених НАП.

Множинне вирівнювання НАП. Концепція множинних вирівнювань НАП. Прогресивний принцип множинного вирівнювання. Інформація, яку надає множинне вирівнювання НАП. Глобальні і локальні множинні вирівнювання. Веб-сервіси, що надають послугу множинного вирівнювання – CLUSTAL W2/Ω, MUSCLE, T-COFFEE. Ілюстрування множинних вирівнювань.

Узагальнюючі моделі множинних вирівнювань – консенсусний рядок, паттерни. Синтаксис паттернів. PROSITE. Прості профілі, паттерни і позиційно-специфічні матриці (PSSM/PSWM). Поняття зваженого рахунку позиції вирівнювання і псевдорахунку. Бази PSSM – CDD. Алгоритм PSI-BLAST.

Приховані моделі Маркова. Генералізовані профілі. Концепція стану ознаки. Видимий шлях символів і прихований шлях станів. Принцип побудови й функціонування прихованої моделі Маркова (HMM) на прикладі аналізу 5'-ділянки екзон-інтронного переходу. Сервіси на основі HMM – HNPred, TMHMM, GeneMark, Pfam тощо. Вступ до філогенетичного аналізу. Вибір даних і моделі еволюції. Наявні онлайн-сервіси для вибору моделі еволюції (IQ-Tree) Письмовий контроль (модуль) за змістом перших 9 лекцій курсу.

Молекулярна філогенетики – засади. Концепція філогенетичного дерева, її біологічний зміст. Основні терміни – клада, нода, корінь, аутгруп, шкала дивергенції. Філогенетичний сигнал. Матеріал для аналізу – нуклеотидні, кодонні чи амінокислотні послідовності? Стратегії вибору масиву даних для філогенетичного аналізу й тлумачення результатів. Гомологи, паралоги, ортологи. Еволюційна модель у філогенетиці.

Молекулярна філогенетика і філогеноміка. Дистанційні і позиційні методи філогенетичного аналізу. Метод “з’єднання сусідів” (NJ). Метод максимальної вірогідності (ML). Статистична оцінка достовірності отриманих філогенетичних дерев – метод бутстрап-аналізу для методу NJ і aLRT – для ML. Філогеномний аналіз і систематика життя. Значення філогенетичних підходів у популяційній генетиці і судовій практиці. Аналіз 16S рРНК. Філогенетичний веб-

сервер Phylogeny.fr. Філогенія у межах одного виду/популяції – концептуальні відмінності від філогенії видів. Коалесцентна теорія. Фіксовані мутації між видами і поліморфізм у межах виду. Філогенетична реконструкція у вірусних популяціях, на прикладі вірусу імунодефіциту людини (HIV). Особливості біології HIV. Маркерні гени HIV. Філогенетична реконструкція HIV – глобальний рівень, між популяціями, у межах популяції, в одній особі. Про що свідчить топологія і довжина гілок дерева HIV? Практичне застосування філогенії HIV.

Ідентифікація кодувальних і операторних послідовностей. Моделі прокариотичного і еукаріотичного гена – і біологічна дійсність. Ген, відкрита рамка зчитування (orf), кодує послідовність, кодон. Виявлення кодуєчих послідовностей за гомологією – BLAST. Виявлення кодуєчих послідовностей *ab initio* – за рахунок порівняння частот вживання кодонів у досліджуваному гені і певному референтному геномі; за рахунок аналізу вживання нуклеотидів у третій позиції кодона. Врахування даних транскриптоміки у виявленні кодуєчих послідовностей. Програми GeneMark. PRODIGAL. GLIMMER. Пошук операторних послідовностей – програми RegPredict. MEME. Бази даних операторних послідовностей – TransFac тощо.

Аналіз білкових структур. Класифікація білків. Поняття родини і фолду. Бази даних Pfam, SCOP. Тривимірні моделі білків – яку інформацію вони містять? PDB. Програма пошуку структурної гомології – HHpred. Веб-сервер ExPaSy для визначення основних параметрів білкових послідовностей та імовірних ділянок їхнього протеазного розщеплення і посттрансляційної модифікації. Програми для моделювання третинної структури білків і докінгу малих молекул. Веб-сервер STRING для аналізу функції гена у всій сукупності зв'язків з сусідніми генами і спорідненими геномами. KEGG. AlphaFold.

Аналіз РНК. Виявлення рРНК й тРНК у геномах. Аналіз даних RNAseq. Бази даних тРНК. Передбачення вторинної структури РНК та оцінка її стабільності. Бази даних рРНК для потреб молекулярної таксономії. Бази даних некодуєчих РНК. Бази даних виявлення CRISPR-елементів у геномах бактерій.

3. РЕГУЛЯЦІЯ ОБМІНУ РЕЧОВИН

Загальна структура метаболізму багатоклітинного організму. Зовнішнє та внутрішнє середовище організму. Обмін речовин між зовнішнім та внутрішнім середовищем. Компартменталізація рідин організму. Гомеостаз. Негативний зворотний зв'язок при контролі гомеостазу.

Загальні закономірності обміну речовин та енергії. Синтез, використання та зберігання енергії; енергетичний баланс. Швидкість метаболізму. Метаболічна роль АТФ. Регулювання енергетичного балансу та маси тіла. Ожиріння. Метаболічний синдром. Цукровий діабет. Зміни метаболізму при цукровому діабеті.

Ключові принципи метаболізму в багатоклітинному організмі. Ключові принципи організації метаболічних шляхів. Еволюція метаболічних шляхів. Типи метаболічних реакцій. Роль вітамінів у регуляції метаболізму.

Клітинний мембранний транспорт. Фактори, що впливають на напрямок транспорту. Інтенсивність транспорту. Пасивний транспорт: проста дифузія, полегшена дифузія, дифузія через канали. Активний транспорт: первинний активний транспорт, вторинний активний транспорт, фактори, що впливають на швидкість активного транспорту. Співіснування активного та пасивного транспорту у клітинах. Транспорт речовин між мембранними компартментами: транспорт молекул у клітини шляхом ендоцитозу, транспорт молекул з клітин шляхом екзоцитозу. Епітеліальний транспорт - рух молекул через дві мембрани: структура епітелію,

епітеліальний транспорт розчинених речовин, епітеліальний транспорт води, трансцитоз. Транспорт глюкози, амінокислот, жирних кислот, холестеролу, малих полярних молекул, води та гліцеролу.

Клітинні механізми, залучені в метаболічну регуляцію. Інтеграція метаболізму вуглеводів, ліпідів і білків у нормі. Метаболічна регуляція в окремих тканинах. Компартменталізація та інтраорганний метаболізм. Фермент-опосередкований контроль метаболічних шляхів. Аlostерична регуляція ферментів. Ковалентна модифікація у регуляції ферментів. Індукція та репресія синтезу ензимів. Гормони та коротко-тривалий контроль активності ферментів. Довготривалий контроль активності ензимів. Гормони та довготривалий контроль активності ензимів (інсулін, стероїди та тиреоїдні гормони). Принципи контролю транскрипції (функції регуляторних білків ; лактозний оперон).

Хімічна характеристика макронутрієнтів, їхній метаболізм. Нутрієнти та контроль експресії генів. Цикл харчування / натще. Стратегія засвоєння (вуглеводів, ліпідів, білків та амінокислот). Вплив кишкової мікробфоти на метаболізм. Метаболізм вуглеводів (постабсорбтивний стан, метаболізм вуглеводів після сніданку). Метаболізм ліпідів (неестерифіковані жирні кислоти плазми, триацилгліцерол плазми, постабсорбтивна фаза). Метаболізм амінокислот і білків (замінні та незамінні амінокислоти, інші метаболічно важливі групи амінокислот, амінокислоти з розгалуженим радикалом та метаболізм амінокислот у м'язах, аланін і глютамін; контроль синтезу та розпаду білків). Зв'язок між метаболізмом вуглеводів, ліпідів та амінокислот. Шляхи метаболізму ліпопротеїдів (екзогенний шлях метаболізму хіломікронів; метаболізм ліпопротеїнів низької щільності та дуже низької щільності, метаболізм ліпопротеїнів високої щільності). Регуляція метаболізму ліпопротеїнів (Метаболізм інсуліну та триацилгліцеролі). Гомеостаз холестеролу.

Метаболізм води та іонів. Осмос: пасивний транспорт води через мембрани : Осмолярність, Осмотичний тиск, Тонічність. Регуляція водного й електролітного балансу. Порушення водного й електролітного балансу. Метаболізм натрію, калію та хлориду. Метаболізм кальцію, фосфору та магнію. Метаболізм сульфуру. Метаболізм мікромінералів.

Нервова система та метаболізм. Вплив нервової систем на метаболізм. Ефекти адренергічної стимуляції (стимули для активації симпатичної нервової системи та мозкового шару наднирників; циркуляторні ефекти адренергічної активації; метаболічні ефекти катехоламінів). Ефекти автономної нервової системи на секрецію гормонів.

Зміни метаболізму за екстремальних умов. Етанол порушує метаболізм енергії у печінці. Депо енергії в організмі (вуглеводи ; ліпіди ; амінокислоти). Зміни метаболізму за голодування. Зміни метаболізму за фізичних навантажень. Зміни метаболізму за забруднення навколишнього середовища. Терморегуляція. Температурний баланс. Метаболічна відповідь або адаптація на зміни температури навколишнього середовища (тепловий стрес, холодний стрес) Лихоманка.

4. МОЛЕКУЛЯРНО-КЛІТИННІ ОСНОВИ ІМУНІТЕТУ

Загальні уявлення. Місце імунології серед інших наук. Історія розвитку імунології. Неімунні механізми захисту організму. Еволюційне виникнення імунної системи. Імунна система та загальна схема розвитку імунної відповіді. Фази імунної відповіді.

Антигени. Будова антигенних детермінант. Антигени. Класифікація антигенів. Поняття антигенності та імуногенності. Поняття антигенної детермінанти або епітопа.

Антитіла, їх будова і властивості. Хімічна природа антитіл. Загальна будова антитіл. Фрагментація імуноглобулінів. Структура імуноглобулінів. Різні класи імуноглобулінів та їхні функції. Методи вивчення активного центру антитіл.

Гени імуноглобулінів. Будова генів імуноглобулінів. Механізм диверсифікації імуноглобулінів. Алейне виключення. Переключення класів імуноглобулінів. Біосинтез антитіл.

Взаємодія антиген-антитіло та методи її вивчення. Процесінг і представлення антигену. Дихотомія клітинної і гуморальної відповіді. Методи імунохімічного аналізу. Преципітація. Аглотинація. Аналіз антигенів та антитіл за допомогою мітки.

Головний комплекс гістосумісності. Процесінг і представлення антигену. Будова генів МНС та їх продуктів. Біосинтез білків МНС I. Біосинтез білків МНС II.

Рецептори T- і B-лімфоцитів, що розпізнають антиген. Антиген-специфічний рецептор B-лімфоцитів. Антиген-специфічний рецептор T-лімфоцитів. Передача сигналу з поверхні всередину клітини. Система месенджерів. Тирозинові кінази в імунних клітинах. Корцептори. Костимуляторні молекули та цитокіни. Цитокіни і регуляція імунної відповіді.

Розвиток імунних клітин. Механізми апоптозу. Активація та механізм дії ЦТЛ. Нормальні (природні) кілери. Апоптоз. Використання механізмів апоптозу для контролю за життєдіяльністю клітин. Утворення $\gamma\delta$ -T лімфоцитів. Позитивний відбір. Негативний відбір T і B лімфоцитів.

Анатомія імунної системи. Будова лімфоїдних органів. Міграція лімфоцитів. Молекули адгезії.

Загальні імунологічні феномени. Протиінфекційний імунітет: Відповідь на бактеріальні інфекції; Відповідь на вірусні інфекції; Відповідь на паразитарні інфекції. Вакцини. Алогенні реакції організму.

Патології імунної системи. Неадекватні реакції імунної системи: анафілаксія та алергія. Гуморальні цитотоксичні імунні реакції. Патологічні імунні реакції, опосередковані клітинами – гіперчутливість сповільненого типу; аутоенсибілізація, зумовлена антитілами. Аутоімунні захворювання. Імунодефіцити.

Система комплементу. Визначення та структура системи комплементу. Головні функції комплементу. Шляхи активації комплементу: а) класичний; б) альтернативний; в) лектиновий.

Синдром набутого імунодефіциту (СНІД). Механізм попадання вірусу в клітину. Механізми зниження імунної відповіді. Складність отримання вакцини до ВІЛ. Шляхи альтернативні до вакцинування, що запобігають інфікуванню ВІЛ.

5. ФУНКЦІОНАЛЬНА БІОХІМІЯ

Водно-електролітний обмін. Водний баланс. Види порушень водного балансу. Структура і функції аквапоринів. Осмолярність і склад водних секторів організму. Гормональна регуляція водно-електролітного балансу. Порушення водно-електролітного обміну (порушення обміну натрію, калію та кальцію).

Біохімія нирки. Структурно-функціональна організація нирки. Особливості метаболізму в корі та мозковій речовині нирки. Юктагломерулярний апарат. Клубочкова фільтрація. Ефективний фільтраційний тиск. Кліренс. Механізми сечоутворення: каналцева реабсорбція та секреція. Механізми розведення та концентрування сечі. Роль нирок у підтриманні кислотно-основної рівноваги. Гуморальна регуляція функціонального стану нирок. Калікреїн-кінінова система. Біохімічні механізми дії сечогінних препаратів. Склад сечі у нормі та при патології.

Біохімія печінки. Структурно-функціональна характеристика гепатоцитів і синусоїдальних клітин печінки. Обмін речовин у печінці. Обмін жовчних пігментів. Біохімія жовтяниць. Біохімічні аспекти деяких патологічних станів печінки.

Біохімічні аспекти токсикології. Реакції першої фази біотрансформації. Основні ферменти мікросомальних електронтранспортних ланцюгів. Біологічна роль цитохрому P450 у реакціях біотрансформації. Кон'югація – друга фаза метаболізму ксенобіотиків та ендогенних токсинів. Біотрансформація лікарських засобів та етанолу у печінці.

Біохімія м'язового скорочення. Структурно-функціональна організація скелетних м'язів. Хімічний склад м'язів. Будова товстих і тонких філаментів м'язового волокна. Міозиновий тип регуляції скоротливої активності. Актиновий тип регуляції м'язового скорочення. Механізми енергозабезпечення у м'язовій тканині. Структурно-функціональні особливості гладеньких м'язів. Структурно-функціональні особливості серцевого м'язу. Біохімічні зміни в міокарді у разі ішемічної хвороби серця. Біохімічні зміни у м'язах при патології.

Біохімія міжклітинного матриксу і сполучної тканини. Особливості структурної організації колагену. Етапи синтезу і дозрівання колагену. Захворювання, пов'язані з порушенням синтезу та дозрівання колагену. Особливості структурної організації еластину. Етапи синтезу та фібрилогенезу еластину. Спеціалізовані білки міжклітинного матриксу. Молекули клітинної адгезії, їхня роль у міжклітинній комунікації. Глікозаміноглікани і протеоглікани. Їхня роль у формуванні міжклітинного матриксу. Структурна організація базальних мембран. Міжклітинні взаємодії у міокарді, гладеньких м'язах, нервовій системі у нормі та при патології.

Біохімія нервової системи. Особливості амінокислотного складу головного мозку. Нейроспецифічні білки. Ліпіди ЦНС. Структура і функції мієліну. Особливості енергетичного обміну у головному мозку. Нейромедіатори, нейромодулятори та комедіатори. Нейрорецептори. Класифікація і біологічна активність нейропептидів. Холінорецептори. Ефекти ацетилхоліну обумовлені зв'язуванням з мускариновими та нікотиновими холінорецепторами. Адренергічні рецептори. Основні ефекти зв'язування адреналіну і норадреналіну з адренорецепторами. Нейромедіатори гальмівної дії. Нейромедіатори збуджувальної дії. Лікарські препарати, що впливають на нервову систему. Маркери порушень функціонування нервової системи.

6. МОНІТОРИНГ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ТА ЛІКАРСЬКИХ ПРЕПАРАТІВ (АНГЛ. МОВОЮ)

Принципи взаємодії лікарських препаратів та продуктів харчування. Взаємодія лікарських препаратів та поживні речовини в його широкому розумінні. Класифікація лікарських речовин та нутрієнтів. Підходи до виявлення, запобігання та керування взаємодією лікарських речовин.

Розподіл лікарських засобів та реакція на них. Основні принципи фармакокінетики, пов'язані з поглинанням, розподілом, метаболізмом, виведенням ліків та поживних речовин. Фактори, які можуть впливати на ці процеси. Основні принципи фармакодинаміки та кількісної оцінки ефекту лікарських засобів та поживних речовин. Потенційні фармакокінетичні та фармакодинамічні сайти взаємодії лікарських та поживних речовин.

Транспортери лікарських засобів. Транспортування та виведення хімічних речовин для знешкодження та підтримки нормального фізіологічного гомеостазу. Основні транспортери поглинання та відтоку, які беруть участь у поглинанні, розподілі у тканинах, і екскреція ендобіотичних та екзобіотичних сполук. Тканинно-специфічна експресія, перекриття та розподілу транспортерів, що мають важливе значення для розподілу лікарських речовин. Участь транспортерів лікарських засобів для взаємодій лікарський засіб - лікарський засіб, лікарський засіб - поживна речовина та побічні ефекти, опосередковані ліками. Генетична неоднорідність генів-транспортерів лікарських речовин.

Ферменти, що метаболізують лікарські засоби. Різні суперродини, підродини та окремі ферменти, що метаболізують лікарські речовини та їх тканинна експресія у людини. Роль основних ферментів, що метаболізують лікарські речовини, у розподіленні ліків та інших ксенобіотиків. Індукція або гальмування основних метаболізуючих ферментів.

Розподіл нутрієнтів та реакція на них. Механізми, які контролюють споживання їжі та травлення. Основні принципи поглинання, розподілу, зберігання та виведення поживних речовин та вплив патологічних станів на ці процеси.

Вплив білково-калорійного нестачі на метаболізм лікарських засобів. Недоїдання здорових та хворих людей. Вплив неправильне харчування на поглинання, розповсюдження, виведення та ефект лікарських засобів. Приклади впливу неправильного харчування на фармакодинаміку окремих препаратів.

Вплив зайвої ваги та ожиріння на метаболізм лікарських засобів. Вплив ожиріння на всмоктування, розподіл, виведення та ефект лікарських засобів. Приклади впливу ожиріння на фармакодинаміку окремих препаратів

Поглинання лікарських засобів разом з продуктами харчування. Фактори, що беруть участь у пероральній абсорбції лікарських речовин та вплив на ці фактори нутрієнтів. Роль BCS або BDDCS у передбаченні впливу їжі на пероральна біодоступність препарату.

Вплив конкретних продуктів харчування та дієтичних компонентів на метаболізм лікарських засобів. Основні дієтичні компоненти, які, змінюють метаболізм ліків. Особливості вивчення взаємодії нутрієнтів та ліків.

Позитивні взаємодії лікарських та поживних речовин. Взаємодії лікарський засіб – продукти харчування та лікарські речовина - нутрієнт, що призводять до посилення позитивного ефекту лікарської речовини. Механізми позитивних взаємодій взаємодію лікарський засіб – продукти харчування та лікарські речовина – нутрієнт. Специфічні для пацієнта клінічні стани, для терапії яких можна використати позитивні взаємодії лікарський засіб – продукти харчування та лікарські речовина - нутрієнт ліків – їжі.

Взаємодія натуральних продуктів з медикаментами та поживними речовинами. Виробництво дієтичних добавок. Поширеність вживання харчових добавок. Найпоширеніші харчові добавки та можливість їх взаємодії з лікарськими препаратами

Індуковані лікарськими речовинами зміни харчового статусу. Препарати, що індукують зміну ваги та їх подальший вплив на ріст. Різні механізми зміни відчуття смаку та їх вплив на споживання їжі. Механізми дії лікарських засобів або їх побічні ефекти та різні харчові ускладнення, які вони можуть викликати.

Вплив серцево-судинних препаратів на харчовий статус. Вплив їжі на всмоктування серцево-судинних препаратів. Взаємодію серцево-судинних препаратів з поживними речовинами. Ефекти серцево-судинних препаратів на метаболізм конкретних поживних речовин

Вплив неврологічних препаратів на харчовий статус. Потенційні харчові ризики, пов'язані з хронічною протиепілептичною терапією. Можливі взаємодії продуктів харчування у важкохворих пацієнтів, які потребують агресивної фармакологічної терапія. Потенційні стратегії лікування, щоб запобігти негативним наслідкам для здоров'я, пов'язаним із цим специфічні взаємодії лікарських речовин з поживними речовинами у пацієнтів з неврологічним порушенням.

Взаємодія лікарських та поживних речовин у немовлят та дітей. Вплив стану харчування на ріст та розвиток дітей. Загальні закономірності взаємодії лікарських засобів, поживних речовин та харчових добавок, включаючи вітаміни. Способи застосування лікарських препаратів для уникнення небажаних взаємодій.

Взаємодія лікарських та поживних речовин у літніх людей. Фактори ризику взаємодії лікарських речовин та поживних речовин у літніх людей. Опишіть приклади взаємодії лікарських речовин та поживних речовин у літніх людей.

7. МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ МІЖКЛІТИННОЇ КОМУНІКАЦІЇ

Вступ до молекулярних основ міжклітинної комунікації. Вимоги до сигналів, що надходять до клітини.

Екстраклітинні сигнали. Типи первинних месенджерів. Первинні месенджери: гормони, цитокіни (інтерлейкіни, інтерферони, фактори некрозу пухлин, хемокіни), ростові фактори, нейрорансмітери, феромони, пурини.

Рецептори сигнальних молекул. Механізми дії на клітину-мішень первинних месенджерів. Типи рецепторів. Ензими як рецептори для газоподібних сигнальних молекул.

Рецепція/трансдукція фізичних сигналів. Рецепція та трансдукція фізичних та деяких хімічних сигналів: світлових, нюхових, звукових, теплових, радіаційних, магнітних, електромагнітних, гравітаційних, тиск, фізичне коливання середовища, осмос, тургор, парціальний тиск газів тощо. Рецепція хвиль, полів тощо.

Фосфорилування білків. Білкові взаємодії як основа передачі сигналу в клітині. Домени та сайти міжбілкової взаємодії (SH2, SH3, пролін-багаті послідовності тощо). Механізм фосфорилування білків. Каскади сигналювання. Кінази. Фосфатази. Інші ковалентні модифікації білків як спосіб передачі внутрішньоклітинних сигналів. Убіквітинювання/протеоліз та регульований синтез як два процеси регуляції сигналювання.

Участь циклічних нуклеотидів у трансдукції сигналу всередині клітини. цАМФ утворення та участь у контролі метаболізму глікогену. Родина гетеротримерних G-білків. Гуанілатциклази: розчинні та мембранозв'язані гуанілатциклази. Фосфодіестерази. Компарменталізація нуклеотидного сигналювання. Надродина GTPаз: функції мономерних G білків.

Метаболізм інозитолфосфатів. Метаболізм інозитол-1,4,5-трифосфату та участь інозитолфосфатів у клітинному сигналюванні. Роль диацилгліцеролу в клітинному сигналюванні. Похідні ліпідів, як сигнальні молекули.

Активні форми кисню та нітрогену та редокс сигналювання. Оксид нітрогену, як сигнальна молекула. Редокс сигналювання та молекулярні механізми передачі сигналу за участю гідроген пероксиду. Участь монооксиду карбону в передачі внутрішньоклітинних сигналів.

Роль кальцію у сигналюванні. Участь градієнту концентрації кальцію у передачі сигналу. Участь сфінгозин-1-фосфату в вивільненні кальцію. Циклічна ADP-рибоза та NAADP+ (нікотинат аденін динуклеотидфосфат).

Роль порушення трансдукції сигналу у розвитку захворювань. Роль міжклітинного сигналювання в розвитку організму. Транскрипційні фактори. Трансформуючий фактор росту β . Передача сигналу за участю Notch-рецепторів. Wnt-сигналювання. Передача внутрішньоклітинного сигналу за участі Toll-подібного рецептора. Порушення трансдукції сигналу, як молекулярний механізм розвитку патологій (онкології, дисфункції імунної системи, дисфункції статевої системи), старіння організму людини.

8. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У БІОХІМІЇ

Поняття наукового дослідження. Наука як система знань. Основні поняття науки. Поняття наукового дослідження: основні ознаки та характеристики. Вимоги до визначення наукових досліджень. Основні види наукових досліджень

Поняття методології наукових досліджень та її види. Методологія дослідження. Фундаментальна або філософська методологія. Загальнонаукова методологія. Загальнонаукові принципи дослідження. Конкретнонаукова методологія. Методи і техніка дослідження.

Емпіричні методи наукового дослідження. Поняття та загальна характеристика емпіричних методів наукового дослідження. Спостереження як емпіричний метод наукового дослідження. Емпіричні методи: вимірювання, порівняння, узагальнення. Експеримент. Інші емпіричні методи дослідження.

Теоретичні методи наукового дослідження. Сутність теоретичних методів наукового дослідження. Характеристика основних теоретичних методів наукового дослідження. Особливості логічного та хронологічного підходів при проведенні теоретичних досліджень.

Зміст та складові науково-дослідного процесу. Алгоритм науково-дослідного процесу. Організаційна стадія науково-дослідного процесу. Дослідна стадія науково-дослідного процесу. Завершальна стадія науково-дослідного процесу.

Форми відображення результатів наукових досліджень. Ефективність наукових досліджень. Форми викладу матеріалів дослідження та наукові видання. Форми висвітлення підсумків наукової роботи та відображення результатів НДР. Усна передача інформації про наукові результати. Вимоги до написання наукових публікацій і науково-дослідних проєктів. Обговорення найпоширеніших помилок при написанні наукових статей і науково-дослідних проєктів.

ШКАЛА ОЦІНКИ ЗНАНЬ

Оцінювання знань студента здійснюється за 100-бальною шкалою:

Оцінка ECTS	Оцінка в балах	За національною шкалою	
		Оцінка	
Диференційований залік			
A	90 – 100	5	Відмінно
B	81-89	4	Дуже добре
C	71-80		Добре
D	61-70	3	Задовільно
E	51-60		Достатньо

ЛІТЕРАТУРА

Проблемні питання сучасної біології

1. Дубінін С. І., Пілюгін В.О., Ваценко А.В., Улановська-Циба Н.А., Передерій Н.О. Сучасні проблеми молекулярної біології. Підручник. Полтава, 2016. 395 с.
2. Основи глікобіології: монографія [Н.О. Сибірні, А.І. Шевцова, Г.О. Ушакова, І.В. Бродяк, І.Ю. Письменецька]; за ред. проф. Н. О. Сибірної. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 492 с.
3. Стойка Р.С. Методичні вказівки до навчального курсу “Методи клітинної біології”. Львівський державний університет, Львів, 1996. 79 с.
4. Фільченков О.О., Стойка Р.С. Апоптоз і рак: від теорії до практики. Тернопіль: УкрМедКнига. 2006. 524 с.

5. Angeli J.P.F., Shah R., Pratt D.A., Conrad M. Ferroptosis Inhibition: Mechanisms and Opportunities. *Trends in Pharmacological Sciences*. 2017. 38(5). 489–498.
6. Cao J.Y., Dixon S.J. Mechanisms of ferroptosis. *Cell. Mol. Life Sci*. 2016. 73. 2195–2209.
7. Conrad M., Kagan V.E., Bayir H. et al. Regulation of lipid peroxidation and ferroptosis in diverse species. *Genes Dev*. 2018. 32. 602–619.
8. Cooper G. M. *The Cell. A Molecular Approach*. 2nd Edition. ASM Press, Sinauer Associates, Inc. 2000. 689 p.
9. Goldberg A. L. Protein degradation and protection against misfolded or damaged proteins. *Nature*. 2003. 426, N 6968. P. 895–899.
10. Hunter T. The age of crosstalk: phosphorylation, ubiquitination, and beyond. *Mol. Cell*. 2007. 28(5). P. 730–738.
11. Jankowski M., Broderick T.L., Gutkowska, J. The Role of Oxytocin in Cardiovascular Protection. *Frontiers in Psychology*. 2020. 11. 2139. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02139>
12. Karp G. *Cell and Molecular Biology. Concepts and Experiment*. 2nd Edition. John Wiley and Sons, Inc. 1999. New York et al., 816 p.
13. Kerem L., Lawson E.A. The Effects of Oxytocin on Appetite Regulation, Food Intake and Metabolism in Humans. *International J. Molecular Sciences*. 2021. 22(14), 7737. <https://doi.org/10.3390/ijms22147737>
14. Kucuksezer U.C., Ozdemir C., Cevhertas L., Ogulur I., Akdis M., Akdis C.A. Mechanisms of allergen-specific immunotherapy and allergen tolerance. *Allergology International*. 2020. doi:10.1016/j.alit.2020.08.002
15. Lee G.Y., Han S.N. The Role of Vitamin E in Immunity. *Nutrients*. 2018. 10(11):1614.
16. Lewin B. *Genes VII*. Oxford University Press. 2000. Oxford. 990 p.
17. Liguori I., Russo G., Curcio F., Bulli G., Aran L., Della-Morte D., Gargiulo G., Testa G., Cacciatore F., Bonaduce D., Abete P. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*. 2018. 13, 757–772. <https://doi.org/10.2147/cia.s158513>
18. Lodish H., Berk A., Zipursky S.L., Matsudaira P., Baltimore D., Darnell J. *Molecular Cell Biology*. 4th Edition. W.H. Freeman and Company. 2000. New York. 1084 p.
19. Lushchak V. I. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. *Chemico-Biological Interactions*. 2014. 224. 164–175. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2014.10.016>
20. Magtanong L., Dixon S.J. Ferroptosis and Brain Injury. *Dev. Neurosci*. 2018. 40. 382–395.
21. Mascellino M.T., Di Timoteo F., De Angelis M., Oliva A. Overview of the Main Anti-SARS-CoV-2 Vaccines: Mechanism of Action, Efficacy and Safety. *Infect Drug Resist*. 2021. 14. 3459–3476.
22. Mendelsohn J., Howley P.M., Israel M.A., Liotta L.A. *The Molecular Basis of Cancer*. 2nd Edition. W.B. Saunders Company. 2001. Philadelphia et al. 691 p.
23. Niu J., Tong J., Blevins, J.E. Oxytocin as an Anti-obesity Treatment. *Frontiers in Neuroscience*. 2021. 15, 743546. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.743546>
24. Orłowski R.Z., Kuhn D.J. Proteasome inhibitors in cancer therapy: lessons from the first decade. *Clin. Cancer Res*. 2008. 14(6). P. 1649–1657.
25. Pickart C.M. Back to the future with ubiquitin. *Cell*. 2004. 116(2). P. 181–190.
26. Pizzino G., Irrera N., Cucinotta M., Pallio G., Mannino F., Arcoraci V., Squadrito F., Altavilla D., Bitto A. Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
27. Poprac P., Jomova K., Simunkova M., Kollar V., Rhodes C.J., Valko M. Targeting Free Radicals in Oxidative Stress-Related Human Diseases. *Trends in Pharmacological Sciences*. 2017. 38(7). 592–607. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2017.04.005>

28. Rosini R., Nicchi S., Pizza M., Rappuoli R. Vaccines Against Antimicrobial Resistance. *Front Immunol.* 2020. 11: 1048.
29. Tang R., Xu Z. Gene therapy: a double-edged sword with great powers. *Molecular and Cellular Biochemistry.* 2020. doi:10.1007/s11010-020-03834-3
30. Wirth T., Parker N., Ylä-Herttuala S. History of gene therapy. *Gene.* 2013. 525(2), 162–169. doi:10.1016/j.gene.2013.03.137
31. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553112/>
32. <https://www.who.int/publications/m/item/recombinant-dna-annex-4-trs-no-987>
33. http://www.who.int/cardiovascular_diseases/en/
34. <https://www.pdr.net/drug-summary/Fluvirin-influenza-virus-vaccine-452#:~:text=Mechanism%20of%20Action,which%20the%20vaccine%20was%20prepared>
35. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9963/>
36. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1002946/?page=2>
37. <http://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1602/zloyakisne-novoutvorennya>
38. <https://unci.org.ua/protyvopuhlynni-vaktsyny/>
39. <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/7104-diabetes-mellitus-an-overview>
40. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7791288/>
41. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1392256/>
42. <https://www.nature.com/scitable/topicpage/epigenetic-influences-and-disease-895/#>
43. <https://viva.clinic.ua/stati-vrachey/metabolicheskiy-sindrom-vzglyad-akusher-ginekologa/>
44. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4518692/>
45. <https://www.health.harvard.edu/mind-and-mood/oxytocin-the-love-hormone>
46. <https://uahistory.co/pidruchniki/ostapchenko-biology-and-ecology-10-class-2018-standard-level/49.php>
47. <https://www.rheumatology.kiev.ua/wp/wp-content/uploads/magazine/8/150.pdf>
48. <https://www.csdlab.ua/analyzes/hipotalamo-hipofizarno-nadnyrnykova-systema/insulinopodibnyy-faktor-rostu-1-somatomedyn-s>

Біоінформатика

1. Осташ Б.О. Біоінформатика: аналіз генетичних послідовностей. Електронний підручник. Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2022, 232 стор. ISBN 978-617-10-0729-1. Доступ онлайн: <http://dspace.lnlibrary.lviv.ua/handle/123456789/169>
2. Allman ES, Rhodes JA. *Mathematical Models in Biology. An Introduction.* Cambridge University Press, Cambridge, 2003. 386 p.
3. *Bioinformatics: a practical guide to the analysis of genes and proteins, 2nd Ed / AD Baxevanis, BFF Ouellette.* – New York: John Wiley & Sons, 2001. – 455 p.
4. Borodovsky M, Ekisheva S. *Problems and Solutions in Biological Sequence Analysis.* Cambridge University Press, Cambridge, 2006. 362 p. ISBN-13 978-0-521-61230-2
5. Durbin R, Eddy S, Krogh A, Mitchison G. *Biological Sequence Analysis. Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids.* Cambridge University Press, Cambridge, 1998. 371 p. ISBN-13 978-0-521-62971-3
6. Higgs PG, Attwood TK. *Bionformatics and Molecular Evolution.* Blackwell Publishing, Oxford, 2005. 398 p. ISBN 1–4051–0683–2.
7. Pevsner J. *Bioinformatics and functional genomics. 3rd edition.* Wiley Blackwell, London. – 2015-1116 p. ISBN 978-1-118-58178-0.

Регуляція обміну речовин

1. Функціональна біохімія : підручник: [для студ. вищ. навч. закл.] / [Н. О. Сибірна, Г. Я. Гачкова, І. В. Бродяк, К. А. Сибірна, М. Р. Хохла, М. В. Сабадашка] ; за ред. проф. Н. О. Сибірної. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 644 с. – (Серія «Біологічні Студії»).
2. Biochemistry [4th Edition] / R. H. Garrett, C. M. Grisham. – Boston, MA : Brooks/Cole, 2010. – 1184 p.
3. Biochemistry [5th Edition] / R. A. Harvey, D. R. Ferrier. – Philadelphia, PA : Lippincott Williams & Wilkins, 2011. – 520 p.
4. Biochemistry [7th Edition] / D. R. Ferrier. – Pekin, China : Wolters Kluwer, 2017. – 1706 p.
5. Encyclopedia of Cell Biology. Volume 1 Molecular Cell Biology / R. Bradshaw, P. D. Stahl. – Waltham, MA : Academic Press is an imprint of Elsevier, 2016. – 2969 p.
6. Enzyme Regulation in Metabolic Pathways / Lloyd Wolfenbarger, Jr. – Pondicherry, India : John Wiley & Sons, Inc., 2017. – 177 p.
7. Essential Biochemistry / C. W. Pratt, K. Cornely. – NJ, USA : John Wiley and Sons, Inc., 2004. – 681 p.
8. Essential Physiological Biochemistry : An organ-based approach / S. Reed. – Singapore : Markono Pte. Ltd, 2009. – 330 p.
9. Essentials of biochemistry [2nd Edition] / P. Naik. – New Delhi, India : Jaypee Brothers Medical Publishers, 2017. – 506 p.
10. Function and Regulation of Cellular Systems / A. Deutsch, J. Howard, M. Falcke, W. Zimmermann. – Basel, Switzerland : Springer Basel AG, 2004. – 447 p.
11. Metabolic Regulation: A Human Perspective [3rd Edition] / K. N. Frayn. – New Delhi, India ; AptaraR Inc., 2010. – 371 p.
12. Principles of Biochemistry [5th Edition] / L. A. Moran, H. R. Horton, K. G. Scrimgeour, M. D. Perry. – Glenview, IL : Pearson Education, Inc., 2012. – 786 p.
13. Principles of Human Physiology [6th Edition] / C. L. Stanfield. – Vivar, Malaysia : Pearson Education Limited, 2017. – 812 p.
14. Textbook of Biochemistry with Clinical Correlation [5th Edition] / T. M. Devliv. – NY : John Wiley & Sons, Inc., 2002. – 1216 p.

Молекулярно-клітинні основи імунітету

1. Ганнонг В. Ф. Фізіологія людини. – Л.: Бак, 2002. – 784 с.
2. Маслянюк Р. П. Основи імунології. – Л.: Вертикаль, 1999. – 471 с.
3. Пастер Є. У., Овод В. В., Позур В. К., Віхоть М. Є. Імунологія: практикум. – Київ: Вища школа, 1989. – 304 с.
4. Скок М. В. Основи імунології. – Київ: Фітосоціоцентр, 2002. – 152 с.
5. Функціональна біохімія : підручник : [для студ. вищ. навч. закл.] / [Н. О. Сибірна, Г. Я. Гачкова, І. В. Бродяк, К. А. Сибірна, М. Р. Хохла, М. В. Сабадашка] ; за ред. проф. Н. О. Сибірної. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 644 с. – (Серія «Біологічні Студії»).
6. Res P., Spits H. Developmental stages in the human thymus Sem. // Immunol. 1999. – 11: 39–46.
7. Rodewald H. R. Pathways from hematopoietic stem cells to thymocytes // Curr. Opin. Immunol. – 1995. – 7: 176–187.
8. Zepp F., Knuf M., Habermehl P. et.al. Pertussis-specific cell-mediated immunity in infants after vaccination with a tricomponent acellular pertussis vaccine // Infect Immun. – 1996. – 10: 4078–4084.

9. Zielen S., Buhning I. Vaccination of chronically ill children // *Z. Arztl Fortbild Qualitatssich.* – 1997. – 91: 213–217.
10. Zimmerman R. K., Ruben F. L., Ahwesh E. R. Influenza, influenza vaccine, and amantadine/rimantadine // *J. Fam. Pract.* – 1997. – 45: 107–122.
11. Zinkernagel R. M., Bachmann M. F., Klindig T. M. et al. On immunological memory // *Ann Rev. Immunol.* – 1996. – 14: 333–367.
12. Zinkernagel R. M., Doherty P. C. The discovery of MHC restriction // *Immunol. Today.* – 1997. – 18: 14–17.

Функціональна біохімія

1. Анікєєва М. О., Гордієнко О. І. Клітинна адгезія: види, механізми, роль у функціонуванні живих систем // *Біофіз. вісник.* – 2012. – Вип. 28 (1). – С. 30–37.
2. Загайко А.Л., Вороніна Л.М., Волощенко М.В. та ін. Функціональна біохімія. – Харків: НФаУ, 2010. – 219 с.
3. Клінічна біохімія / За заг. ред. Г. Г. Лунової – Київ: Атіка. 2013. – 1156 с.
4. Молекулярні механізми міжклітинної комунікації : монографія за ред. проф. Г. О. Ушакової. – Дніпро: ЛІРА, 2018. – 216 с.
5. Основи глікобіології : монографія за ред. проф. Н.О. Сибірної. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2015. – 492 с.
6. Остапченко Л. І., Синельник Т. Б., Компанець І. В. Біологічні мембрани та основи внутрішньоклітинної сигналізації. Теоретичні аспекти : навч. посіб. К. : ВПЦ "Київський університет", 2016. 639 с.
7. Пасічніченко О.М., Макарчук М.Ю. Фізіологія нервів і м'язів. – Київ, 2020. – 157с.
8. Федірко Н. В. Анатомія та еволюція нервової системи: підручник для студ. вищ. навч. закл. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 384 с.
9. Функціональна біохімія: підручник / За ред. проф. Н.О. Сибірної. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 644 с.
10. Чайченко Г.М., Цибенко В.О., Сокур В.Д. Фізіологія людини і тварин: Підручник для біологічних спеціальностей вузів України / За ред. В.О. Цибенка. – К.: Вища шк., 2003. – 463с.
11. Abel L. N. S., Vizi S. E. Handbook of Neurochemistry and Molecular Neurobiology. Neurotransmitter Systems. 3rd ed. Springer, 2008. – 465 p.
12. Brady S. T., Siegel G. J., Albers R. W., Price D. L. Basic neurochemistry principles of molecular, cellular and medical neurobiology: 8th ed. Elsevier Inc., 2012. – 1096 p.
13. Bugyi B. Control of actin filament treadmilling in cell motility / B. Bugyi, M.F. Carlier // *Annu. Rev. Biophys.* – 2010 – Vol. 39. – P. 449–470.
14. Cadwallader A., Torre X., Tieri A., Botre F. The abuse of diuretics as performance-enhancing drugs and masking agents in sport doping: pharmacology, toxicology and analysis // *British J. of Pharmacology.* – 2010. – Vol. 161. – P. 1–16.
15. Carlier M. Actin-based motility: cellular, molecular and physical aspects / M. Carlier // *Springer.* – 2010. – 97. – P. 121.
16. Geiger B., Yamada K. M. Molecular architecture and function of matrix adhesions // *Cold Spring Harbor Perspect. Biol.* – 2011. – Vol. 3. – P. 1–21.
17. Hulpiau P. Molecular evolution of the cadherin superfamily // *Int. J. Biochem. Cell Biol.* – 2009. – Vol. 41, № 2. – P. 349–69.
18. Hynes R. O. Integrins: bidirectional allosteric signalling machines // *Cell.* – 2002. – Vol. 110. – P. 673–687.

19. Hynes R. O., Naba A. Overview of the matrisome – an inventory of extracellular matrix constituents and functions // Cold Spring Harbor Perspect. Biol. – 2012. – Vol. 1–4, № 1. – P. 1–16.
20. Lodish H., Berk A., et al. Section 22.1 Cell-Cell Adhesion and Communication // Molecular Cell Biology. 4th edition. New York: W. H. Freeman; 2000.
21. Lu's basic toxicology / Fundamentals, target organs and risc assessment. 7th ed., 2018. – 664.
22. Neuroscience / Ed by Dale Purves et al/ - Massachussetts: Sinauer Associates Inc, Publishers Sunderland, 2004. – 773 p.
23. Neurotransmitters, drugs and brain function / Ed. R.A. Webster. – Chichester: J. Wiley and Sons Ltd., 2004. – 480 p.
24. Sudhof T.C. Neurotransmitter release: the last millisecond in the life of a synaptic vesicle // Neuron 2013, Vol. 80.
25. Vander's Renal Physiology / 7th ed., 2009. – 213 p.

Моніторинг продуктів харчування та лікарських препаратів (англ. мовою)

1. Boullata J. I., Armenti V. T. Drug-nutrient interactions. Humana Press, a part of Springer ScienceюBusiness Media, LLC, 2010
2. Eleanor Schlenker, Joyce Ann Gilbert Williams' Essentials of Nutrition and Diet Therapy, Elsevier 2019
3. Fleet J. Zinc, Copper and Manganese. In Stipanuk MH, Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Philadelphia: WB Saunders 2000
4. Heimburger D., J. Ard Handbook of Clinical Nutrition 4th Edition Mosby 2006
5. Holt GA. Food & Drug Interactions. Chicago: Precept Press, 1998
6. Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy of Sciences. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington, DC: National Academy Press, 2000.
7. Stipanuk M. Biochemical, Physiological, and Molecular Aspects of Human Nutrition, 2nd ed. Philadelphia, PA: W.B. Saunders, 2006.
8. Trissel LA. Handbook on injectable drugs. 15th ed. Bethesda, MD: American Society of Health-System Pharmacists, 2009.
9. Zempleni J, Daniel H (eds). Molecular Nutrition. Cambridge, MA: CABI Publishing, 2003.

Молекулярні механізми міжклітинної комунікації

1. Кучеренко М. Є. Біохімія. – К.: ВПЦ “Київський університет”, 2002.
2. Остапченко Л. І. Гормональна регуляція обміну речовин і функцій організму. – К.: ВПЦ “Київський університет”, 2003.
3. Alberts B., Johnson A., Lewis J., Raff M., Roberts K., Walter P. Molecular biology of the Cell, 5th edition. – Garland Science, 2008.
4. Back M. Inflammatory Signaling Through Leukotriene Receptors in Atherosclerosis // Current Atherosclerosis Reports. 2008. Vol. 10. P. 244–251.
5. Extracellular and Intracellular Signaling. – Ed. by Adams J. D., Jr., Parker K. K.. – Missoula, MT, USA, 2011
6. Finkel T., Gutkind J. S. Signal transduction and human disease. – A John Wiley & Sons, inc., Publication, 2003. – 478 p.
7. Forman H. J., Fukuto J., Torres M. Signal transduction by reactive oxygen and nitrogen species: pathways and chemical principles. – Kluwer academic publishers New York, Boston, Dordrecht, London, 2004. – 432 p.

8. Frank D. A. Signal transduction in cancer. – Kluwer academic publishers New York, Boston, Dordrecht, London, 2004. – 366 p.
9. Futai M., Wada Y., Kaplan J. Handbook of ATPases – Biochemistry, Cell Biology, Pathophysiology. – Willey-VCH, 2004.
10. Gomperts B. D., Kramer I. M., Tatham P. E. Signal Transduction. – Academic Press, 2010.
11. Groner B. Targeted Interference with Signal Transduction Events. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. – 192 p.
12. Haga T., Takeda S. G protein-coupled receptors: structure, function, and ligand screening. – Taylor & Francis Group, LLC, 2006. – 332 p.
13. Halbach O., Dermietzel R. Neurotransmitters and Neuromodulators. – Willey-VCH. 2002.
14. Hancock J. T. Cell Signalling. – Oxford University Press, USA, 2011.
15. Helmreich E.J. M. (Ernst J. M.) The biochemistry of cell signalling. Academic Publishers, 2001.
16. Krauss G. Biochemistry of Signal Transduction and Regulation, 3rd edition. Willey-VCH 2003.
17. Levitzki A. Protein Tyrosine Kinase Inhibitors as Therapeutic Agents. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000. – 223 p.
18. Lodish H., Arnold B., Zipursky S. L. et al. Molecular cell biology. – New York, W. H. Freeman and company, 2000.
19. Stanfield C. L. Principles of Human Physiology, 6th edition. – Pearson Education, 2017.
20. Yawata Y. Cell Membrane – The Red Blood Cell as a Model. – Willey-VCH, 2003.

Методологія наукових досліджень у біохімії

1. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г. Методологія і організація наукових досліджень: навч. посіб. – К.: «Центр учбової літератури», 2014. – 142 с.
2. Демківський А.В. Основи методології наукових досліджень: навч. посібн. / А. В. Демківський, П. І. Безус. – К.: Акад. муніцип. упр., 2012. – 276 с.
3. Добронравова І. С., Сидоренко Л. І. Філософія та методологія науки: підручн. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 223 с.
4. Краус Н. М. Методологія та організація наукових досліджень: навч.-метод. посібн. / Н. М. Краус; Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтав : Оріяна, 2012. – 180 с. 7.
5. Крушельницька О. В. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посіб. – К.: Кондор, 2009. – 206 с.
6. Основи методології та організації наукових досліджень: Навч. посіб. для студентів, курсантів, аспірантів і ад'юнтів / за ред. А. Є. Конверського. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 352 с.
7. Палеха Ю. І., Леміш Н. О. Основи науково-дослідної роботи: навч. посіб. – К.: Ліра-К, 2013. – 336 с.
8. Cargill, Margaret. Writing Scientific Research Articles: Strategy and Steps. Writing Scientific Research Articles. [s.l.]: John Wiley & Sons Inc, 2013.
9. Day, R. A., and Barbara Gastel. How to Write and Publish a Scientific Paper. Westport, Conn: Greenwood Press, 2006.
10. Dharmapalan B. Scientific Research Methodology / B. Dharmapalan. – Alpha Science, 2012. - 250 p.
11. Ellison, Carol. McGraw-Hill's Concise Guide to Writing Research Papers. New York: McGraw-Hill, 2010.
12. Glasman-Deal, Hilary. Science research writing for non-native speakers of English. London: Imperial College Press, 2010

13. Hengl, Tomislav, and Mike Gould. *The Unofficial Guide for Authors: Or How to Produce Research Articles Worth Citing*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006.
14. Korner, A. M. *Guide to Publishing a Scientific Paper*. London: Routledge, 2008.
15. Mastellotto, Lynn. *Writing for Academic Publication: A Manual for Non-Native Speakers of English*. Ottawa: Centre for European Studies, Carleton University, 2015
16. Peat, Jennifer. *Scientific Writing: Easy When You Know How*. London: BMJ Books, 2010.
17. Prathapan K. *Research Methodology for Scientific Research*. / K. Prathapan. – Dreamtech Press, 2019. – 272 p.
18. Pringle, Chris. *How to get published in scientific journals*. [URL: http://www.phdacademy.org/phdc2011_files/PhDC-Writing-for-publication.pdf]
19. Rozakis, Laurie. *Schaum's Quick Guide to Writing Great Research Papers*, 2nd edition. New York: McGraw-Hill, 2007