Медична фізіологія

А.Л. Паламарчук /к.мед.н., доцент, завідувач кафедри Фізіології КМУ/
Д.В. Шестеріна /аспірант, викладач кафедри Фізіології КМУ/



«Пономаренко»
Черкаси – 2022

УДК 612
П 14

Рецензенти:
Янчій Р.І., доктор біологічних наук, професор, завідувач відділу імунофізіології Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України
Вознесенська Т.Ю., доктор біологічних наук, провідний науковий співробітник відділу імунофізіології Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України
Скрипнюк З.Д., доктор біологічних наук, професор кафедри фізіології медичної біології та біологічної фізики Київського медичного університету

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського медичного університету (протокол №2 від 6 листопада 2022 року)

П 14 Паламарчук А.Л., Шестеріна Д.В.
Медична фізіологія. Методичні аспекти: навчальний підручник / Паламарчук А.Л., Шестеріна Д.В., – Черкаси: Видавець Пономаренко Р.В., 2022.- 204 с.

ISBN: 978-966-2554-76-2

У підручнику представлено провідні теоретичні основи медичної фізіології відповідно до навчальної програми дисципліни фізіологія. Створюючи даний підручник ми прагнули включити як класичні відомості з різних галузей медицини, так і новітню інформацію, використовуючи іноземні джерела та електронну базу даних медичних і біологічних публікацій PubMed за останні 10 років. Розділи написані викладачами кафедри фізіології, медичної біології та біологічної фізики Київського медичного університету, які мають багаторічний досвід викладання фізіології та є експертами у своїх галузях. Ми обрали матеріал, який важливий для студентів, і виклали його у стислій, нескладній та зрозумілій формі. Ми навмисно уникали обговорення лабораторних методів дослідження та історичного матеріалу. Медична фізіологія для студентів забезпечує ретельний виклад тексту таким способом, що студенти медичного та стоматологічного факультетів могли легко опрацювати навчальний план протягом першого семестру навчання, а також знайти відповідний матеріал під час підготовки до підсумкового іспиту з фізіології. Текст про основні та прикладні аспекти фізіології людини вміло поєднаний, щоб студенти могли застосовувати свої знання в клінічних ситуаціях. Тематика різних систем поділена на шість розділів, і кожен розділ поділено на глави. Різні рівні заголовків, підзаголовків, жирний шрифт та курсив в тексті допоможуть швидко переглянути тему. Щоб ще більше підкреслити зрозумілість підручника, кожен розділ представлений у різному кольоровому форматі. Текст ілюстрований великою кількістю малюнків, які містять узгоджену схему. Червоний колір використовується для позначення побудливого ефекту, тоді як синій означає інгібуючий ефект. Узгоджена колірна схема також використовується для зображення транспортних систем. Наприклад- пори та канали сині, активні транспортери червоні, полегшений транспорт – фіолетовий, клітинні хімічні рецептори – зелені, ко - та контртранспортери – помаранчеві та напругозалежні транспортери – жовті, що додає рівень повчальності фігури.

Висловлюємо подяку Всеукраїнській асоціації функціональної медицини та медичному центру Palamarchuk rehabilitation, за значний внесок у створенні клінічних аспектів; рецензентам, які ретельно оцінювали підручник на точність, ясність і актуальність змісту.

Київ 2022

ISBN: 978-966-2554-76-2

© Паламарчук А.Л., Д.В. Шестеріна, 2022

Зміст

Розділ I. **Загальна фізіологія**

Предмет фізіології та сучасні методи дослідження 5
Структура та склад біологічних мембран 7
Іонний склад клітини 9
Транспорт речовин крізь мембрану. 14
Види транспорту 14
Фізіологічні основи мембранного потенціалу спокою та потенціалу дії 20
Механізм проведення збудження нервовими волокнами 25
Передача збудження через нервово – м'язовий синапс 29
Фізіологія скелетних м'язів 33
Фізіологія гладеньких м'язів 38

Розділ II. **Нейрофізіологія**

Рефлекторний принцип нервової регуляції 44
Процеси збудження та гальмування хімічних синапсів в ЦНС 47
Роль центральної нервової системи в рухових реакціях. Спинний мозок. Спінальні рефлекси. 52
Висхідні провідні шляхи 60
Низхідні провідні шляхи 63
Роль стовбура мозку в регуляції рухових функцій. Задній мозок 67
Рухові функції середнього мозку 72
Роль переднього та проміжного мозку в регуляції моторних функцій ...74
Мозочок та його рухливі функції 78
Лімбічна система 81
Роль кори великого мозку в регуляції рухових функцій.....84

Розділ III. **Нервова регуляція вісцеральних функцій**

Симпатична нервова система 89
Парасимпатична нервова система.....92
Ентеринна (метасимпатична) нервова система 94

Розділ IV. **Ендокринна фізіологія**

Загальна характеристика гуморальної регуляції 99
Контури гуморальної регуляції 101
Гіпоталамо – гіпофізарні взаємозв'язки 108
Гормони щитовидної залози 116
Ендокринні функції підшлункової залози 122
Гормональне регулювання фосфорно-кальцієвого обміну 129
Гормони кори надниркових залоз 135
Гормони репродуктивної системи 143
Чоловіча репродуктивна система 144
Жіноча репродуктивна система 148

Розділ V. **Сенсорні системи**

Загальна характеристика сенсорних систем 154
Соматосенсорна система. Біль 158
Зорова сенсорна система 165
Слухова сенсорна система 172
Вестибулярна система 178
Нюхова сенсорна система 181
Смакова сенсорна система 184

Частина VI. **Вищі інтегративні функції нервової системи**

Мислення. Сліди пам'яті 190
Складові емоцій 191
Фізіологічні особливості сну 193
Умовні та безумовні рефлекси 198

Предмет фізіології та сучасні методи дослідження

I Розділ

Фізіологія — наука про біологічні процеси та функції систем, оргнанів, тканин і клітин живих організмів. Це динамічна та експансивна сфера, яка охоплює багато дисциплін, які мають афілійовані зв'язки з фізикою, хімією, математикою. Дослідники намагаються описувати фізіологічні функції в хімічних, фізичних та інженерних термінах. Наприклад, розподіл іонів через клітинні мембрани описується в термінах термодинаміки, скорочення м'язів аналізується в термінах сил і швидкостей, а регуляція в організмі- в теорії систем контролю. Зміни функції клітин відбуваються в контексті всього організму і різні тканини та органи можуть впливати одна на одну. Для самостійної діяльності організму необхідна координація функцій на всіх рівнях– від молекулярного і клітинного до цілісного. Важливою частиною фізіології є розуміння того, як різні популяції клітин які утворюють тканини, контролюються, як вони взаємодіють і як адаптуються до мінливих умов.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗІОЛОГІЇ

Спостереження як метод фізіологічного дослідження.

Фізіологічні процеси проходять з певною динамікою і задля точного аналізу необхідно встановити зв'язок цих процесів з іншими не менш важливими явищами, які в даному методі дослідження залишаються непоміченими. Внаслідок, просте спостереження фізіологічних процесів є джерелом суб'єктивних помилок. Зазвичай спостереження дозволяє лише якісний бік процесів та позбавляє можливості досліджувати їх кількісно. Для синхронного запису кількох процесів можливо використовувати метод графічної реєстрації, що дозволяє звести до мінімуму суб'єктивні помилки. Суть полягає в тому, щоб спочатку отримати високоякісні записи– криві, а потім здійснити аналіз отриманих даних.

Трохи пізніше були запропоновані методи реєстрації скорочення серця та м'язів (Енгельман), введена техніка повітряної передачі (капсула Марея), що дозволила записувати на значній відстані від об'єкта ряд фізіологічних процесів

в організмі: дихальні рухи грудної клітки та живота, перистальтику та зміну тонусу шлунку, кишечника і т.д. Так як живі тканини мають властивості до вироблення електричних потенціалів, які можуть впливати на нерви та м'язи іншого організму та викликати їх скорочення, саме тому єдиним індикатором біоелектричних потенціалів був нервово-м'язовий препарат жаби.

Нідерландський фізіолог Ейнтховен винайшов прилад гальванометр, завдяки якому вдалося реєструвати електричні потенціали, що виникають при діяльності серця – електрокардіограму. Засновник методу електричного подразнення органів та тканин був німецький фізіолог Дюбуа-Реймон, який запропонував відомий «санний апарат» (індукційна котушка) для дозованого електричного подразнення живих тканин.

В даний час для цього використовують електронні стимулятори, що дозволяють отримати електричні імпульси будь-якої форми, частоти та сили. Не менш важливим є використання радіоелектронної техніки. Різноманітні датчики - перетворювачі неелектричних явищ і величин (рух, тиск, температура, іонів) в електричні потенціали, які потім посилюються та реєструються осцилографами.

На такому принципі побудовані реографи та реоплетизмографи реєструють зміну величини електричного опору тканин, що залежить від кровонаповнення різних органів та частин організму.

Для вивчення діяльності органів, що є недоступними безпосередньому спостереженню, використовують фістульний метод. Методика полягає в тому, що один кінець металевої або пластмасової трубки вводять в орган (шлунок, кишку, жовчний міхур), другий закріплюють на поверхні шкіри. Схожий принцип має методика катетеризації. У цьому випадку вводять тонкі синтетичні трубки – катетери, які використовують і для реєстрації процесів, що відбуваються в досліджуваних органах, і для введення різних фармакологічних речовин і препаратів.

За допомогою методики денервації, можливо встановити залежність функції органу від впливу нервової системи. При цьому або перерізають нервові волокна, що іннервують орган, або (для збудження діяльності органу) використовують електричний або хімічний вид подразнення.

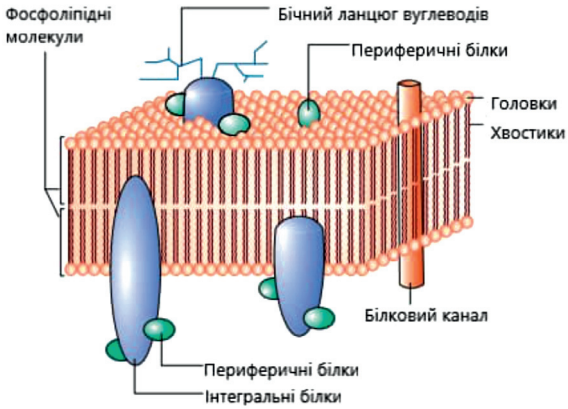
Метод експерименту. Розрізняють гостру (вівісекція) та хронічну форму експерименту. Вівісекція це форма експерименту, що проводиться без застосування наркозу на нерухомій тварині. За відсутності наркозу відбувається неадекватний нормальному фізіологічному стану викид гормонів стресу та морфіноподібних речовин ендорфінів, що надають знеболюючий ефект.

Все це сприяло розробці хронічного експерименту - тривалого спостереження після гострого

втручання. Хронічний експеримент був розроблений вітчизняним фізіологом І.П. Павловим який і виділив три типи травлення: 1) умовнорефлекторний 2) безумовнорефлекторний 3) кишковий.

Структура та склад біологічних мембран

Структура мембрани, яка покриває кожну клітин організму, майже повністю складається з ліпідного бішару і великої кількості молекул білка, багато з яких пронизують мембрану наскрізь. Молекула ліпіду в бішарі клітинної мембрани перш за все складається з фосфоліпідів, холестерину та гліколіпідів. Усі мембранні ліпіди є амфіпатичними, тобто вони містять як гідрофільну так і гідрофобну ділянки. Таким чином, найбільш сприятливим середовищем для гідрофільної головки є водне середовище, тоді як гідрофобний хвіст більш стійкий у ліпідному середовищі. Амфіпатична природа мембранних ліпідів означає, що вони природним чином утворюють подвійні шари, в яких гідрофільні головки спрямовані назовні до водного середовища, а гідрофобні хвости спрямовані всередину, назустріч один одному. Холестерол міститься в обох моношарах біологічних мембран – чим більший його вміст, тим більш жорсткою буде мембрана. Така будова клітинної мембрани робить її напівпроникною та створює бар'єр для водорозчинних молекул - електроліти, сечовина та глюкоза. З іншого боку, жиророзчинні речовини, такі як кисень, жирні кислоти та алкоголь, можуть проходити мембрану з легкістю. Крім ліпідів, до складу біологічних мембран входять білки. Молекули білків у мембрані володі-



ють властивостями, які дозволяють транспортувати речовини через мембрану. Молекулярна структура білків руйнує безперервність ліпідного білка, утворюючи альтернативний шлях крізь клітинну мембрану. Виділяють дві основні групи білків: периферичні (поверхневі) та інтегральні (ті, що пронизують всю мембрану). Насправді периферичні та інтегральні білки були незалежно визначені суто операційним шляхом: периферійні білки — це ті, які можна вивільнити з мембран за допомогою зміни pH буфера або іонної сили, тоді як інтегральні білки вимагали б використання більш радикальних агентів, напр. органічних розчинників.

Периферичні білки зв'язуються безпосередньо (або через посередника, зокрема, Ca2+) із зарядженими групами ліпідів мембран за рахунок електростатичних взаємодій. Наприклад мієліновий основний білок, спектрин, протеїнкіназу С, фосфоліпази. Задля реалізації своїх функцій інтегральні білки пронизують всю мембрану і називаються трансмембранними. Ці структури відповідальні за активний транспорт деяких речовин у клітину чи з неї. Вони складаються з білкових субодиниць та активного центру. При впливі певного ліганду на активний центр який представлений специфічним набором амінокислот, відбувається зміна конформації іонного каналу. Цей процес дозволяє відкрити чи закрити канал, цим запускати чи припиняти активний транспорт речовин. Наявність іонних каналів, дозволяє іонам проникати в цитоплазму та перезаряджати клітинну мембрану. Це є основним механізмом виникнення мембранного потенціалу клітин збудливих тканин. Інтегральні білки, які занурені в гідрофобній ділянці фосфоліпідного бішару, а активним центром виходять тільки на внутрішню або тільки на зовнішню поверхню клітинної мембрани, називаються - монотопічними. Найчастіше вони є рецепторними молекулами, які приймають сигнал із поверхні мембрани та передають його спеціальному «посереднику». Наявність рецепторних молекул, дозволяє отримувати сигнали від навколишнього середовища та взаємодіяти з нею. Прикладом є адреналовий рецептор кардіоміоцитів, білок клітинної адгезії, інсуліновий рецептор.

Вуглеводи, у складі мембран виявляються лише в з'єднаній з білками (глікопротеїни і протеоглікани) і ліпідами (гліколіпіди) формі. Серед вуглеводних компонентів – глюкоза, галактоза, нейрамінова кислота, фукоза і маноза. Вуглеводні компоненти мембранних структур в переважній більшості направлені в позаклітинне середовище. Їх функції пов'язані з контролем за міжклітинними взаємодіями, підтримкою імунного статусу клітини, забезпеченням стабільності білкових молекул в мембрані. Типовим прикладом глікокон'югатів, що виконують свої функції в складі мембран, є антигенні детермінанти еритроцитів різних груп крові. Вони представлені як гліколіпідами, так і глікопротеїнами.

Іонний склад клітини

Головною відмінністю іонного складу клітини від навколишнього середовища є асиметричний розподіл одновалентних іонів натрію та калію: клітини активно накопичують калій, а натрій виходить з клітини у навколишнє середовище. За рахунок цього створюється різниця концентрацій одновалентних катіонів на клітинній мембрані. Генерація збудження в нервових та м'язових клітинах неможлива без участі іонної асиметрії. Процеси транспорту поживних речовин, цукрів та амінокислот, здійснюється за рахунок білків-транспортерів разом з іонами натрію, а отже рушійною силою для ефективної роботи - є різниця концентрацій іонів натрію по обидва боки мембрани. Властивістю живої клітини є здатність реагувати на подразнення. Іонна асиметрія є умовою цієї реакції, і, ймовірно, калій та натрій це індикатори ушкодження мембрани. Так, ліпіди добре розрізняють Na+ та K+, ймовірно, саме завдяки відмінностям у їхній гідрофобності, тому швидкість простої дифузії через їх мембрани буде у 3-7 разів вищою для калію, ніж для натрію (залежно від складу ліпідів, іонної сили та інших умов). Нуклеїнові кислоти, що несуть інформацію про синтез білків теж реагують на зміну іонного складу середовища, в якому вони функціонують. Іони натрію впливають на упакування та взаємодію нуклеотидів у подвійній спіралі, а іони калію регулюють міцність контактів між рибосомами та РНК. Інтенсивність багатьох ферментативних процесів у клітині залежить від іонів натрію та калію: у більшості випадків іон калію є активатором, а іон натрію – інгібітором клітинних реакцій. Виняток становлять процеси синтезу ліпідів, що активуються натрієм.

Натрій, є активним катіоном, є одним з найважливіших електролітів у позаклітинній рідині. Він відповідає за підтримку об'єму позаклітинної рідини, а також за регуляцію мембранного потенціалу клітин. Натрій обмінюється разом з калієм через клітинні мембрани під час активного транспорту. Концентрація натрію у крові регулюються спеціальними нейрогуморальними механізмами, осмо- та барорецептори в судинах і тканинах мозку. Реабсорбція натрію відбувається у проксимальному канальці нирок за участю гормону альдостерону (підвищує рівень Na в сироватці), вазопресин та передсердно-натрійуретичний фактор (знижують вміст Na). Слід зазначити, що на рівень натрію в сироватці та сечі впливають дуже лікарські засоби, причому як у бік