ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

імені Івана Боберського

КАФЕДРА АНАТОМІЇ ТА ФІЗІОЛОГІЇ

“Нормальна фізіологія людини”

ЛЕКЦІЯ № 5

Тема лекції:

ОСНОВНІ РЕФЛЕКТОРНІ ЦЕНТРИ КІНЦЕВОГО МОЗКУ. КОРА ПІВКУЛЬ КІНЦЕВОГО МОЗКУ

План.

1. Роль основних (базальних) ядер в регуляції рухів та тонусу м'язів.
2. Фізіологія лімбічної системи.
3. Будова і основні функції кори кінцевого мозку.
4. Сенсорні, асоціативні і моторні зони кори.
5. Електрична активність мозку (ЕЕГ).
6. Основні принципи регуляції рухової діяльності.

Тривалість лекції: 2 академічні години

Матеріальне забезпечення: мультимедійна презентація.

Склав: доц. Вовканич Л.С.

Затверджено на засіданні
кафедри анатомії та фізіології
"27" серпня 2025 р.
протокол № 1
Зав. кафедри Вовканич Л.С.

Львів – 2025

1. Роль основних (базальних) ядер в регуляції рухів та тонусу м'язів.

До підкоркових утворів належить група ядер сірої речовини, що розташовані безпосередньо під півкулями головного мозку. До них відносяться парні утвори: смугасте тіло (хвостате ядро і огорожа), сочевицеподібне ядро (лушпина та бліда куля). Ці утвори отримують сенсорну інформацію від рецепторів тіла через таламус. Еферентні імпульси підкіркових ядер скеровуються до нижче розташованих структур за допомогою екстрапірамідної системи. Через підкоркові центри відбувається взаємодія різних ділянок кори півкуль головного мозку. Разом із структурами проміжного мозку підкіркові ядра беруть участь у здійсненні складних оборонних, харчових та інших безумовних рефлексів.

Підкіркові центри об'єднують діяльність нижче розташованих утворів ЦНС, регулюють тонус м'язів і забезпечують необхідне положення тіла під час м'язової роботи. При цьому *бліда куля* має моторну функцію, забезпечуючи прояв ритмічних рефлексів. З його активністю пов'язане виконання співдружніх рухів (рух тулуба і рук під час ходьби), мімічних та ін. рухів.

Смугасте тіло виявляє гальмівний вплив на рухову активність, пригнічуючи функції блідої кулі, а також моторної ділянки кори півкуль. Захворювання смугастого тіла призводять до виникнення мимовільних невпорядкованих скорочень м'язів (*хорею*). Порушення базальних гангліїв може також супроводжуватись симптомами паркінсонізму. Виявлено також, що у випадку неправильних рухів із хвостатого ядра в кору надходять імпульси, що сигналізують про наявність помилки.

2. Фізіологія лімбічної системи.

До структур лімбічної системи належать як підкіркові структури, так і певні ділянки кори. До *кіркових відділів лімбічної сист еми* належать ділянки стародавньої кори (*нюхові цибулини, прозора перегодка*, та ін) та старої кори (*поясна закрут ка, гіпокамп, парагіпокампова закрут ка* і ін). До підкіркових утворів належить *гіпот аламус, окремі ядра т аламусу, середнього мозку і рет икулярної формації*. Функції лімбічної системи різноманітні. Вона формує позитивні і негативні емоції із всіма притаманними їм руховими, вегетативними і ендокринними компонентами. Вона створює мотивацію поведінки, бере участь у формуванні оціночної сфери, тобто співставлення тих чи інших явищ із потребами і визначенні їх значення для організму. Лімбічна система бере учать у процесах запам'ятовування. При пошкодженні структур лімбічної системи спостерігається погіршення закріплення умовних рефлексів, порушуються процеси запам'ятовування, втрачається вибірковість реакцій і спостерігається їх надмірне посимлення.

3. Будова і основні функції кори кінцевого мозку.

Кора великих півкуль є вищим відділом центральної нервової системи. Це шар сірої речовини товщиною 2-3 мм, що містить близько 14 млрд. нейронів. Кора утворює велику кількість складок, формуючи закрутки і борозни. Загальна плаща поверхні кори складає біля 0,22 м^2. Безпосередньо під корою знаходиться біла речовина, що складається із нервових волокон, які передають збудження у кору та від кори. Згідно з сучасною класифікацією розрізняють *ст ародавню кору (палеокорт екс)*, *ст ару (архікорт екс*), *нову кору (неокорт екс)*, а також кору перехідного характеру - *проміж ну*. Стародавня і стара кора регулюють вегетативні функції, беруть участь в емоціях а також у ряді процесів вищої нервової діяльності: орієнтувальних рефлексах, насторожуванні, посиленні уваги. На поверхні

півкуль головного мозку людини є лише 4,4% стародавньої, старої та проміжної кори, а 95,6% складає нова кора.

В неокортексі виділяють три типи клітин*: пірамідні, зірчаст і і верет еноподібні*.

Зірчаст і нейрони складають у людини більше половини всіх клітин. Ці клітини мають короткі розгалужені аксони, які не виходять за межі сірої речовини кори і короткі розгалужені дендрити. Зірчасті клітини беруть участь в процесах сприйняття подразнень (аферентна функція) і в об'єднанні діяльності різних пірамідних нейронів.

Пірамідні нейрони здійснюють еферентну функцію кори і внутрікоркові процеси взаємодії між віддаленими один від одного нейронами. Найбільш великі пірамідні клітини - гігантські пірамідні клітини Беца - знаходяться в передній центральній закрутці (моторній зоні кори). Вони вертикально орієнтовані в товщі кори, і їх аксон йде в товщу білої речовини до відділів ЦНС, що лежать нижче. Великі пірамідні клітини мають багато міжнейронних зв'язків (лише на дендритах їх біля 2-5 тисяч), що забезпечує величезне число міжцентральних взаємодій.

Верет еноподібні нейрони мають довгий аксон, орієнтований у вертикальному чи горизонтальному напрямку.

На поперечному зрізі неокортексу за розміщенням нейронів і їх зв'язків розрізняють 6 горизонтальних шарів (з поверхні вглибину).

Молекулярний шар. Утворений в основному сплетенням нервових волокон, що йдуть паралельно до поверхні мозку. В основному тут наявні розгалужені дендрити пірамідних клітин нижче розташованих шарів. Сюди надходять таламокортикальні шляхи від неспецифічних ядер таламусу.

Зовнішній зернист ий шар. В ньому знаходиться багато дрібних зірчастих клітин та малих пірамідних клітин. Зірчасті клітини мають сильно розгалужені дендрити і аксони, вони формують внутрікортикальні зв'язки.

Зовнішній пірамідний шар. Цей шар складається в основному з пірамідальних клітин середньої величини. Вони орієнтовані вертикально по

відношенню до поверхні кори і мають тіло трикутної форми. Вони також забезпечують внутрікортикальні зв'язки.

Внутрішній зернистий шар. Схожий на II шар (деколи може бути відсутній).

Внутрішній пірамідний шар. Складається з середніх клітин і великих пірамідних нейронів, зокрема гігантських клітин Беца, які розташовані у ділянці прецентральної закрутки. Від верхньої частини цих клітин відходить товстий відросток - дендрит, який галузиться в поверхневих шарах кори. Довгий аксон великих пірамідних клітин йде в білу речовину і спрямовується до підкоркових ядер або до спинному мозку у складі кортикоспинальних (кірково-спинномозкових) та картикобульбарних трактів.

Шар веретеноподібних клітин (мультиформкіруоний). Складається в основному з клітин трикутної форми і веретеноподібних клітин. Відростки нейронів цього шару утворюють кортико-таламічний шлях.

Вираженість окремих шарів у різних ділянках кори неодинакова. За будовою кори видіялють 50 *цитоархітектонічних полів*, що у значній мірі співпадають із функціональними зонами кори. Так у моторних зонах кори зернисті шари розвинені погано а домінують пірамідні шари клітин.

Функціональною одиницею кори є вертикальна колонка взаємопов'язаних нейронів. Ці колонки забезпечують обробку інформації кори головного мозку і розміщуються перпендикулярно до поверхні кори. Всі нейрони вертикальної колонки відповідають на один і той самий подразник і формують еферентні відповіді пірамідних клітин. Збудження не переходить на інші колонки, бо його обмежують процеси гальмування. У той же час кожна колонка, або модуль, може поперемінно брати учать у більш складних системах модулів, що лежить в основі синтетичної діяльності мозку.

Згідно із сучасними уявленнями кора головного мозку виконує ряд *функцій*

- Кора - розпорядник і розподілювач всіх життєвих функцій (За І.П. Павловим).
- Функція вищого аналізу і синтезу всіх аферентних подразників.
- Замикальна функція - утворення нових рефлексів, що вдосконалює індивідуальне пристосування організму.
- Завдяки пам'яті в корі нагромаджується великий об'єм інформації.
- З корою пов'язані свідомість, мислення, мова.

4. Сенсорні, асоціативні і моторні зони кори.

Сенсорні зони кори. В кору великих півкуль надходять аферентні імпульси від усіх рецепторів організму. Ділянки кори, куди надходять імпульси, І.П. Павлов назвав *центральними відділами аналізаторів*, або *ядерними зонами аналізаторів*. Центральні відділи аналізаторів прийнято називати сенсорними зонами кори. Ці зони є корковою проекцією периферичних рецептивних полів (коркове представництво). Ці зони є первинними полями, зв'язаними з органами відчуттів і органами руху на периферії. Вони здійснюють аналіз окремих подразнень, які поступають в кору від відповідних рецепторів. При пошкодженні первинних полів виникає так звана коркова сліпота, коркова глухота і т.д.

Соматична і вісцеральна чутливість. В кожній півкулі є дві зони представництва соматичної (шкірної і суглобово-м'язової) і вісцеральної чутливості (внутрішні органи), що називаються I і II соматосенсорними зонами кори. Перша соматосенсорна зона розміщена в задній центральній звивині, а друга - в Роландовій борозні. За Пенфілдом і Расмусеном найбільшу площу займає представництво рецепторів кисті рук, голосового апарату і обличчя, а найменшу - тулуба, стегна і гомілки. Подразнення відповідних зон веде до виникнення відчуттів у відповідних ділянках тіла.

Зорова чутливість. Зорові зони розміщені на внутрішній поверхні потиличних часток обох півкуль. Вони є проекцією сітківки ока, причому ліві

половини поля зору проектуються у праву півкулю, а праві – у ліву. При подразненні зорової зони у людини виникає відчуття спалаху світла, темноти, різних кольорів.

Слухова і вестибулярна чутливість. Первинні поля слухової і вестибулярної чутливості знаходяться у скроневих частках обох півкуль.

Представництва в корі великих півкуль мають і інші види чутливості: нюхової, смакової та ін. Разом з моторними зонами їх нараховують біля 5О.

Асоціативні зони кори. Поруч з сенсорними зонами аналізаторів (первинними полями) розміщені асоціативні зони аналізаторів (вторинні поля). Вони поширюються на всі сторони від сенсорних зон на 1-5 см і зв'язані з окремими аналізаторами через сенсорні зони.

Асоціативні зони відіграють важливу роль в процесах аналізу та синтезу інформації, яка поступає в кору великих півкуль. Окремі відчуття, які утворюються в сенсорних зонах, синтезуються в асоціативних зонах в комплекси.

Видалення асоціативних зон не веде до втрати даного виду чутливості, але при цьому втрачається здатність правильно трактувати значення діючого подразника. Тобто у людини залишається здатність бачити предмети, чути звуки, але вона не впізнає їх, не пам'ятає їх значення. Так, наприклад, пошкодження вторинних слухових полів, які знаходяться на скроневій ділянці кори великих півкуль, часто веде до втрати здатності людиною розуміти значення слів, які вона чує.

Важливою особливістю асоціативних зон у людини на відміну від сенсорних є те, що їх пошкодження веде лише до тимчасового порушення тих, чи інших функцій. Пізніше непошкоджені ділянки кори беруть на себе функції пошкоджених асоціативних зон і компенсують їх дію.

Крім первинних і вторинних полів, які є і у тварин, і у людини, у людини є ще третинні поля, або зони перекриття аналізаторів. Вони займають майже половину території кори і мають широкі зв'язки з іншими відділами кори і з неспецифічними відділами мозку. В цих зонах знаходяться,

в основному, дрібні зірчасті клітини. Третинні поля знаходяться в задній половині кори - на межах тім'яних, скроневих і потиличних її ділянок і в передній половині - в передніх частинах лобних часток. Ці зони мають величезне значення в організації узгодженої роботи обох півкуль. Третинні поля розвиваються у людини пізніше, ніж первинні та вторинні і здійснюють найбільш складні функції кори. Тут проходять процеси вищого аналізу та синтезу, виробляється мета і задачі поведінки, проходить програмування рухів. Розвиток третинних полів у людини пов'язують з функцією мови. Мислення (внутрішня мова) можливе лише при спільній дії аналізаторів, інформація від яких об'єднується в третинних полях.

При вродженій патології, коли у людини недорозвинені третинні поля, то вона не може оволодіти мовою, а вимовляє лише незв'язані звуки, і навіть найпростішими рухами - не може одягатись, користуватись предметами тощо.

Мот орні зони кори. Провідну роль в регуляції довільних рухів відіграє кора великих півкуль. В корі є нервові клітини, аксони яких йдуть до нервових центрів, що лежать нижче - до підкоркових центрів, центрів стовбуру мозку, до спинного мозку. Це *гігант ські пірамідні кліт ини Беца*. Для них характерна вертикальна орієнтація в товщі кори. Від тіла клітини вертикально вверх відходить найбільш товстий (верхівковий) дендрит, через який інформація від інших нейронів входить в клітину, а вертикально вниз відходить довгий аксон, який зв'язує клітини Беца з центрами, що лежать нижче, в тому числі і зі спинним мозком. На дендритах пірамідної клітини нараховують від 2 до 5 тисяч синапсів. Це дає можливість координувати моторну функцію кори в залежності від різноманітних змін внутрішнього та зовнішнього середовища. До пірамідних клітин надходить аферентна інформація від пропріорецепторів і від рецепторів суглобових сумок, так званий зворотній зв'язок, що полегшує управління рухами. Найбільша кількість клітин Беца знаходиться в *передній цент ральній закрут ці, спереду від Роландової борозни, в т ак званій мот орній зоні*.

Рухові точки (тобто зони кори, подразнення яких викликає рухи певних м’язів), за даними У Пенфілда і Расмусена, розміщені в моторній зоні в певному порядку і нерівномірно. Їх розміщення відповідає послідовності локалізації сенсорних зон в задній центральній закрутці, яка знаходиться позаду від Роландової борозни.

Найвище розташовані рухові точки нижніх кінцівок, під ними знаходяться рухові точки м’язів тулуба, ще нижче - верхніх кінцівок і найнижче - м’язів голови. Найбільшу площу займає представництво м’язів кисті рук, лиця, губ, язика, а найменшу - тулуба і нижніх кінцівок.

Слід відзначити, що Роланова борозна лише умовно розділяє моторну зону від сенсорної, що доведено гістологічними дослідженнями (в моторній зоні є багато чутливих елементів, а в сенсорній - клітин Беца) і електрофізіологічними дослідженнями (за даними Пенфілда, подразнення сенсорної зони у 25% викликає разом з відчуттями і рухи і - навпаки). Тому ці дві зони часто об’єднують під загальною назвою *сенсомот орної зони*.

Пошкодження моторної зони, або порушення в ній кровообігу (наприклад, крововилив) веде до повного, або часткового паралічу м’язів протилежної частини тіла. Ці симптоми відновлюються дуже повільно, особливо здатність до дрібних рухів пальцями.

Премот орна зона кори. Сопереду від моторної розміщена так звана премоторна зона кори, в якій знаходиться багато пірамідних клітин. Відростки пірамідних клітин цієї зони йдуть до спинальних нейронів, а також до смугастого тіла, хвостатого ядра, червоного ядра, чорної субстанції та ін. Пошкодження цієї зони веде до зміни тонусу м’язів.

Додат кова мот орна зона. Розміщена на медіальній поверхні кори півкуль. В ній містяться представництва м’язів всіх частин тіла. Рахують, що ця зона відіграє додаткову роль в управлінні позою тіла, яка управляється моторною та премоторною зоною.

Крім названих моторних зон на корі є ще ділянки, які управляють рухами очей. Певна ділянка кори в потиличній частині (19 поле) відповідає за

фіксацію очей на предметі, який розглядається, а певна ділянка кори (8 поле), розміщена в лобних долях пов'язана з довільними рухами очей.

5. Електрична активність мозку (ЕЕГ).

Активність клітин кори дуже велика. Це підтверджується інтенсивним рівнем обміну речовин. Так, на долю головного мозку припадає лише 2% від маси тіла, а споживання кисню ним становить 2О%. Діяльність кори, зміна її функціонального стану вивчається за допомогою реєстрації біопотенціалів з оголеної поверхні кори (в дослідах на тваринах і під час операцій на людини), або непошкодженої шкіри голови. Запис коливань електричних потенціалів з відкритої поверхні кори дістало назву *електрокотикограми* (ЕКоГ), а з непошкодженої ділянки - *електроенцефалограми* (ЕЕГ). Метод реєстрації енцефалограми називається енцефалографією, а прилад - енцефалограф. Сучасні енцефалографи підсилюють біопотенціали в 2-3 млн. разів і дають можливість досліджувати ЕЕГ одночасно від багатьох точок кори.

Електричні коливання клітин кори мають ритмічну природу і відображають рівень її активності. У людини при переході від бадьорого стану до сну виділяють чотири типи ритмів: *альфа-, бета-, тета- і дельта-ритми*. В стані спокою з заплющеними очима реєструються *альфа-ритми* з частотою коливань 8-12 в секунду і амплітудою до 5О мкВ. При відкриванні очей альфа-ритми змінюються *бета-ритмами*, частота яких вища за 13 коливань за 1 с і амплітуда - 25 мкВ. При засинанні, гіпоксії мозку та деяких емоційних станах реєструють *тета-ритми* з частотою 4-7 коливань за 1 с і амплітудою до 1ОО-15О мкВ. Під час глибокого сну, втраті свідомості, наркозі на енцефалограмі з'являються *дельта-ритми* з частотою 1-3 коливань за 1 с і 25О-3ОО мкВ. На ЕЕГ відображаються особливості взаємодії коркових нейронів при розумовій та фізичній праці. У випадку відсутності налагодженої координації під час виконання незвичної чи важкої роботи на ЕЕГ спостерігається явище *десинхронізації*, що супроводжується

швидкою асинхронною активністю. Налагодження координованої діяльності, формування рухового навику супроводжується *синхронізацією* ритмів ЕЕГ. З ростом і вдосконаленням спортивної майстерності збільшується амплітуда і регулярність прояву фонової активності – альфа-ритму у стані спокою.

6. Основні принципи регуляції рухової діяльності.

Сучасні уявлення про організацію цілісних актів поведінки живих організмів знайшли своє відображення у *теорії функціональних систем* П.К.Анохіна. Згідно теорії Анохіна саме *певний результат* є основним стимулом поведінки, і для його досягнення у нервовій системі формується група функціонально взаємозв'язаних нейронів - *функціональна система*. Завданням цієї системи є здійснення діяльності та оцінка відповідності отриманого результату до програми дій. Діяльність такої функціональної системи можна розбити на ряд етапів:

- аферентний синтез – обробка сигналів, що надходять із внутрішнього і зовнішнього середовища;
- прийняття рішення;
- створення уявлення про результат і формування програми дій для його досягнення;
- аналіз отриманого результату і уточнення програми дій.

На першому етапі у нервових центрах взаємодіють чотири типи подразників:

- пускова аферентація – сигнали, що викликають дію;
- обстановочна аферентація – всі інші зовнішні подразники;
- мотивація – власні потреби організму (біологічні і соціальні);
- пам'ять – досвід попередньої діяльності.

Всі види сигналів при цьому одночасно обробляються нервовими клітинами і порівнюються один з одним та з наявним попереднім досвідом. На основі аферентного синтезу приймається рішення і формується програма дій. Одночасно створюється уявлення про необхідний результат. Під час

виконання дії порівнюється бажаний і наявний результат і відбувається необхідна корекція.

Під час виконання рухових актів у організмі формується *циклічна багаторівнева система регуляції рухів*, яка включає у себе ряд нервових структур на всіх рівнях нервової системи. При цьому між ними виникають цикли взаємних впливів від вищих центрів до нижчих і назад. При цьому вищі центри регулюють і коректують діяльність нижчих у відповідності до програми дій та необхідного результату.

Для вирішення поставлених задач у ЦНС виробляється *програма рухових актів*, яка визначає набір та послідовність виконання рухових актів. Програми таких дій у людини дуже різноманітні. При цьому для запуску програми досить лише одного сигналу (стартової команди). Програми можуть біти дуже складними, особливо під час нестандартної роботи, як це буває у ігрових видах спорту.

Для успішного виконання програми недостатньо наявності лише програмуючих і управляючих нервових центів. Характерною особливістю є наявність *зворотної аферентації* або *зворотного зв'язку* від робочого органу до регулюючих нервових центрів.

З допомогою зворотної афернтації відбувається порівняння програми дій з реально отриманими результатами. Такі *апарати порівняння* знаходяться у ряді структур ЦНС, зокрема у підкоркових ядрах. У випадку відхилення від програми відбувається формування сигналів про помилку та корекція дій.

Література

1. 1. Вовканич Л.С. Довідник для студентів із дисципліни «Нормальна фізіологія людини» / Л.С.Вовканич, Д.І.Бергтраум. – Львів : ЛДУФК, 2018. – 32 с.

2. Вовканич Л.С. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту: навч. посібник для перепідготовки спеціалістів ОКР "бакалавр": у 2 ч. /

Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. – Л.: ЛДУФК, 2011. – Ч. 1. – 344 с. Режим доступу: http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/10059

3. Ганонг В.Ф. Фізіологія людини: підручник / Переклад з англ. Наук. ред.. перекладу М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. – Львів: БаК, 2002. – 784 с.

4. Гжегоцький М.Р. Фізіологія людини / Гжегоцький М.Р., Філімонов В.І., Петришин Ю.С., Мисаковець О.Г. – К.: Книга плюс, 2005. – 494 с.

5. Клінічна фізіологія [Текст] : підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / В. І. Філімонов. - К. : Медицина, 2013. – 735 с.

6. Коритко З.І. Загальна фізіологія / Коритко З.І., Голубій Є.М. – Львів: 2002. – 172 с.

7. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин. К. Вища школа.- 1991. – С.3-33.

8. Медична фізіологія за Ґайтоном і Голлом: 14-е видання: у 2 томах. Том 1. / Джон Е. Голл, Майкл Е. Голл. – К: Медицина, 2022. – 648 с.

9. Медична фізіологія за Ґайтоном і Голлом: 14-е видання: у 2 томах. Том 2. / Джон Е. Голл, Майкл Е. Голл. – К: Медицина, 2022. – 584 с.

10. Нормальна фізіологія / Під. ред. В. І. Філімонова. – К.: Здоров’я, 1994. – 608 с.

11. Фекета В.П. Курс лекцій з нормальної фізіології / В.П.Фекета. – Ужгород: Гражда, 2006. – 296 с.

12. Фізіологія [Текст] : підруч. для студентів вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / [В. Г. Шевчук та ін.] ; за ред. чл.-кор. НАПН України, проф. В. Г. Шевчука. - Вид. 2-ге, випр. і допов. - Вінниця : Нова Книга, 2015. – 447 с

13. Фізіологія людини : навч. посіб. – Вид. 2-ге, доп. / Яремко Є. О., Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. [та ін.]. – Л. : ЛДУФК, 2013. – 208 с. Режим доступу: http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/9261

14. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м’язової і сенсорних систем) / М.Ю. Клевець, В.В.Манько, М.О. Гальків та ін. – Л.: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 326 с.

15. Фізіологія людини: підручник / В.І. Філімонов, 4-е видання – К: Медицина, 2021, – 448 с.

16. Фізіологія: підручник для студ. вищ. мед. навч. закладів / В.Г.Шевчук, В.М.Мороз, С.М.Бєлан [та ін..] ; за ред.. В.Г.Шевчука. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 448 с.

17. Чайченко Г.М. Фізіологія людини і тварин / Чайченко Г.М., Цибенко В.О, Сокур В.Д. – К: Вища школа, 2003. – 463 с.