

Міністерство освіти і науки
Рівненський державний гуманітарний університет

Фізіологія та біохімія рухової активності

Методичні вказівки до лабораторних занять
Для спеціальності 227 «Фізична терапія, ерготерапія»

Рівне -2022

УДК796.012.3:008.12-057.875

РЕКОМЕНДОВАНО

Науково-методичною комісією психолого-природничого факультету
Рівненського державного гуманітарного університету
(протокол №5 від 10 травня 2022 року)

Розробник: доктор медичних наук Піонтковський В.К.

Рецензенти:

Гуцман С.В. доцент, канд.. біол.наук, завідувач кафедри медико-біологічних
дисциплін НУВГП

Лисиця А. В. - доктор біологічних наук, професор кафедри екології, географії
та туризму Рівненського державного гуманітарного університету

Піонтковський В.К. Фізіологія та біохімія рухової активності: методичні
вказівки до лабораторних занять / В.К.Піонтковський. Рівне: РДГУ, 2022. 52С.

© Піонтковський В.К., 2022
© РДГУ, 2022

Зміст

Вступ	4
Лабораторна робота № 1. Фізіологічні зміни під час циклічних вправ максимальної та субмаксимальної інтенсивності	6
Лабораторна робота № 2. Фізіологічні зміни під час циклічних вправ великої та помірної інтенсивності	9
Лабораторна робота № 3. Фізіологічна характеристика ациклічних рухів	13
Лабораторна робота (індивідуальна робота). Фізіологічна характеристика ациклічних рухів	18
Лабораторна робота № 4. Фізіологічна характеристика передстартових реакцій та розминки	19
Лабораторна робота № 5. Впрацювання, стійкий стан і втома	22
Лабораторна робота № 6. Відновний період	25
Лабораторна робота №7. Визначення показників антиоксидантного статусу організму	27
Лабораторна робота №8. Визначення супероксиддисмутазної та глутаміноредуктазної та глутатіонпероксидазної активності крові	32
Лабораторна робота №9. Шляхи енергозбереження циклічної роботи субмаксимальної та максимальної потужності	35
Лабораторна робота № 10. Шляхи енергозбереження циклічної роботи великої та помірної потужності	37
Лабораторна робота №11. Біохімічні особливості стану організму, зумовлених м'язовою діяльністю	38
Лабораторна робота №12. Біохімічні особливості тренованого організму.	42
Гарантований рівень знань з курсу «Фізіологія та біохімія рухової активності»	45
Рекомендована література	49

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Фізіологія і біохімія рухової активності» передбачає вивчення особливостей функціонування систем організму під впливом фізичних навантажень. Вивчення навчальної дисципліни формує у студентів систему знань про закономірності адаптації організму до фізичних навантажень. Це є об'єктивною передумовою ефективного використання фізичних вправ для раціоналізації процесу фізичної терапії та ерготерапії з метою відновлення, збереження здоров'я, підвищення їх працездатності, та реалізації генетично запрограмованої програми довголіття.

Рухова активність сприяє швидшому досягненню ремісії, покращенню фізичного та емоційного стану хворого, підвищує його мотивацію до активного життя. Розуміння можливостей застосування рухової активності у фізичній терапії та ерготерапії робить можливим комплексний вплив на всі ланки патогенезу захворювання. Рухова активність дає можливість адаптувати хворого до повсякденного життя та до професійної діяльності. Фізична активність забезпечує підтримку оптимального рівня адаптивних реакцій організму хворого та дозволяє вести максимально активний спосіб життя в межах фізичних можливостей хворого.

Метою викладання навчальної дисципліни «Фізіологія і біохімія рухової активності» є сформувані у студентів адекватні наукові уявлення про закономірності фізіології і біохімії рухової діяльності та закономірності адаптації організму до рухової активності різної тривалості та інтенсивності, навчитися користуватися діагностичним інструментарієм для оцінки рівня рухової активності, працездатності та функціональних змін в організмі в процесі фізичної активності.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Фізіологія і біохімія рухової активності» є:

- сформувані базові знання щодо фізіологічних механізмів впливу фізичних навантажень на системи, органи і організм в цілому;
- ознайомити студентів із основними теоретичними положеннями фізіології і біохімії рухової активності, з особливостями реакції основних фізіологічних систем організму на фізичне навантаження різної потужності та тривалості, а також із сучасними методами оцінки функціонального стану різних категорій населення.
- навчити студентів оцінювати поточний функціональний стан організму осіб різного рівня фізичної тренуваності, ефективність процесу фізичної терапії, систематичних занять фізичними вправами, давати практичні рекомендації з оптимізації реабілітаційного процесу.
- прищепити вміння застосовувати набуті знання про закономірності енергетики м'язової роботи і адаптації організму до фізичних навантажень для забезпечення відповідності рухової активності функціональним можливостям та потребам пацієнтів, проводити контроль фізичного стану таких пацієнтів

відповідними засобами й методами, організувати та проводити реабілітаційні заходи з метою відновлення, збереження здоров'я, підвищення їх працездатності, та реалізації генетично запрограмованої програми довголіття.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні володіти такими компетенціями.

ЗК 03. Навички міжособистісної взаємодії.

ЗК 04. Здатність працювати в команді.

ЗК 08. Здатність планувати та управляти часом.

ЗК 11. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 12. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

СК 02. Здатність аналізувати будову, нормальний та індивідуальний розвиток людського організму та його рухові функції.

СК 06. Здатність виконувати базові компоненти обстеження у фізичній терапії та/або ерготерапії: спостереження, опитування, вимірювання та тестування, документувати їх результати.

СК 09. Здатність забезпечувати відповідність заходів фізичної терапії та/або ерготерапії функціональним можливостям та потребам пацієнта/клієнта.

СК 11. Здатність адаптовувати свою поточну практичну діяльність до змінних умов.

СК 13. Здатність навчати пацієнта/опікунів самообслуговуванню/догляду, профілактиці захворювань, травм, ускладнень та неповносправності, здоровому способу життя.

СК 14. Здатність знаходити шляхи постійного покращення якості послуг фізичної терапії та ерготерапії.

Лабораторна робота № 1.

Фізіологічні зміни під час циклічних вправ максимальної та субмаксимальної інтенсивності

Максимальна інтенсивність рухів характеризується найвищим темпом і швидкістю, які визначаються лабільністю моторних центрів кори великих півкуль головного мозку і м'язового апарата. Вегетативні функції не встигають мобілізуватися. Найвищий темп, безкисневий режим, нагромадження молочної кислоти спричиняють швидку втому центральної нервової системи. Під час раптового припинення рухів максимальної інтенсивності кров під дією сили тяжіння може ринути в розширені судини ніг, тоді кров'яний тиск знижується до нуля, порушується кровопостачання мозку. Це призводить до непритомності - гравітаційного шоку. Для запобігання шоківі необхідно, щоб спортсмен після фінішу продовжував рухи в уповільненому темпі, глибоко дихаючи, тоді відновлення відбувається швидше - за 5-40 хв.

До циклічних вправ субмаксимальної інтенсивності належать середні дистанції у спорті. Вони характеризуються темпом швидкісних рухів, граничним для витривалості центральної нервової системи і рухового апарата. Вегетативні функції значно збільшуються, але не досягають граничних величин і відстають від високого ритму рухів. В організмі виникає гранична за своєю абсолютною величиною киснева заборгованість (кисневий борг), у результаті анаеробних процесів нагромаджується велика кількість молочної кислоти (до 250 мг%), лужний резерв крові зменшується на 40-60% порівняно з вихідним. Під час руху виникають «мертва точка» і «друге дихання». Відновлення триває 1-2 год. Вправи розвивають швидкісну витривалість і важкі для підлітків, малотренованих осіб та літніх людей, тому їх потрібно застосовувати обережно, з урахуванням функціональних можливостей тих, що навчаються.

Дослід 1. Зміна кровообігу і дихання після вправ максимальної інтенсивності

Мета роботи: простежити вплив швидкісного бігу на частоту пульсу, кров'яний тиск та інтенсивність дихання.

Обладнання: секундомір, метроном, тонометр, мішок Дугласа, газовий годинник (або спірометр), рожевий розчин $KMnO_4$.

Хід досліді: проводять п'ять студентів - один досліджуваний, а четверо спостерігають за функціями його організму. Перший спостерігач вимірює частоту пульсу. Для більш точного дослідження він кладе ліву руку досліджуваного на стіл поряд із секундоміром, бере папір та олівець. Лівою рукою промацує пульс у зап'ясті, а правою ставить рисочки, які відповідають пульсовим поштовхам, на папері протягом 10 секунд. Другий спостерігач визначає кров'яний тиск, надягаючи манжету тонометра на праву руку досліджуваного. Підвищуючи тиск у манжеті, визначає момент, що відповідає зникненню пульсу (сistolічний, або максимальний, тиск). Повільно випускаючи повітря з манжети, знаходить момент появи пульсу, умовно приймає його за діастолічний. Насправді цей тиск вищий від діастолічного на

5-10 мм рт.ст. Якщо умови досліду дають змогу, можна визначити кров'яний тиск за Коротковим, знаходячи в ліктьовій ямці місце чіткої пульсації та ставлячи в це місце фонендоскоп. Дослідження треба проводити швидко, щоб перетискання плеча не змінювало серцевої діяльності.

У манжеті створюють тиск, вищий від максимального. При поступовому його зниженні до максимального з'являється тон, який згладжується і в період діастолічного тиску зникає. Ще точніше кров'яний тиск реєструється артеріальним осцилографом.

Третій спостерігач визначає частоту дихання досліджуваного. Для цього він кладе ліву руку на грудну клітку досліджуваного в ділянці діафрагми, а правою бере олівець і, дивлячись на секундомір, ставить протягом 10 секунд рисочки, що відповідають кожному дихальному руху (вдихові і видихові).

Четвертий спостерігач визначає хвилинний об'єм дихання (ХОД) за допомогою мішка Дугласа, попередньо продезинфікувавши мундштук. Досліджуваного підводять до стола, на якому лежить секундомір і два листочки паперу. Один студент, який перебиває ліворуч, записує частоту пульсу, а той, що стоїть праворуч, - частоту дихання. Одночасно з цими дослідженнями третій студент визначає кров'яний тиск, і четвертий - легеневу вентиляцію. Після закінчення дослідження в стані спокою трубку від'єднують від тонометра і вставляють за край манжети (щоб не заважала під час бігу).

Зібране під час дихання повітря пропускають через газовий годинник або порціями замірюють спірометром і підготовляють мішок Дугласа для повторного визначення легеневої вентиляції.

Пускають метроном з ритмом 240 ударів за хвилину. Досліджуваному треба пояснити, що він повинен за командами ставати в позу низького старту і бігти, високо піднімаючи коліна з енергійним поштовхом у ритмі метронома. Через 15 секунд досліджуваний закінчує біг і підходить до стола. Перший спостерігач реєструє пульс, другий - частоту дихання, третій визначає кров'яний тиск, четвертий - хвилинний об'єм дихання. Через 3 хв відпочинку повторюють ті самі дослідження, крім хвилинного об'єму дихання. Добуті результати заносять до таблиці за загальною формою, наведеною в додатках. Поділивши хвилинний об'єм на кількість дихальних рухів, визначають глибину дихання, або дихальний об'єм. Дуже важливим показником гемодинаміки є систолічний та хвилинний об'єм крові, їх можна обчислити за формулою:

$$CO = 100 + 0,5ПТ - 0,6ДТ - 0,6В,$$

де CO — систолічний об'єм;

ПТ — пульсовий тиск;

ДТ — діастолічний тиск;

В — вік.

Хвилинний об'єм дорівнює добуткові систолічного об'єму на частоту пульсу. Одному із студентів потрібно доручити зібрати результати в усіх студентських групах курсу і підготувати повідомлення про фізіологічні особливості вправ максимальної інтенсивності.

Дослід 2. Зміна кровообігу і дихання під час вправ субмаксимальної

інтенсивності

Мета роботи: вивчення впливу фізичного навантаження субмаксимальної інтенсивності на частоту пульсу, кров'яний тиск та інтенсивність дихання.

Обладнання: те саме, що й для попередньої роботи; два мішки Дугласа, газоаналізатор Орса або Холдейна з розчинами- вбирачами вуглекислого газу і кисню.

Хід роботи: проводиться так само, як і попередній дослід, чотирма студентами і в тій же послідовності. Досліджуваному дають відпочити 10 хв., потім вимірюють пульс, кров'яний тиск, частоту дихання і хвилинний об'єм дихання (ХОД). Дослідження можуть проводити також два студенти: один підраховує пульс і одночасно визначає кров'яний тиск, другий - підраховує дихальні рухи і визначає хвилинний об'єм дихання. Коли дослідження закінчено, у стані спокою готують мішок Дугласа з лямками і прикріплюють за спиною досліджуваного. Другий мішок потрібно підготувати для дослідження дихання після 5 хв. відпочинку.

Досліджуваний повинен бігти з високого старту на місці 3 хв. у ритмі 200 ударів метронома за 1 хв. На третій хвилині досліджуваний повинен видихати в мішок і прискорювати біг. Після припинення бігу в нього повторно досліджують ті самі функції, що й у стані спокою, крім хвилинного об'єму дихання. Після 5 хв. відпочинку повторюють дослідження усіх функцій. Якщо є газоаналізатор, то беруть з мішків три проби видихуваного повітря в стані спокою, у період бігу і після 5 хв. відпочинку.

Визначають кількість поглинутого кисню і виділеного вуглекислого газу. Розраховують газообмін за 3 хв. у стані спокою, під час бігу та відпочинку. За відношенням кількості видихнутого вуглекислого газу і поглинутого кисню обчислюють дихальний коефіцієнт. Користуючись спеціальними таблицями, визначають тепловий еквівалент кисню та енергетичні витрати в стані спокою, під час роботи й відпочинку.

Також потрібно за даними кров'яного тиску і віком обчислити систолічний та хвилинний об'єми крові й порівняти їх з іншими дослідженнями.

Контрольні запитання

1. Чим характеризуються вправи максимальної інтенсивності?
2. Як і чому змінюється кровообіг після бігу максимальної інтенсивності?
3. Як змінюються дихання і кисневий режим організму під час рухів максимальної інтенсивності?
4. Що є причиною втоми організму в процесі швидкісного
5. бігу?
6. Які особливості відновного періоду після швидкісного
7. бігу?
8. Що таке гравітаційний шок і як йому запобігти?
9. Які фізіологічні особливості циклічних вправ субмаксимальної інтенсивності?

10. Як і чому змінюються показники кровообігу під час навантажень субмаксимальної інтенсивності? Як відновлюються?
11. Які особливості дихання, газообміну і кисневого режиму в процесі рухів субмаксимальної інтенсивності?
12. Які хвилинні та сумарні енергетичні витрати при субмаксимальній інтенсивності?
13. Чим спричинюється втома під час виконання вправ субмаксимальної інтенсивності?
14. Як відновлюються досліджувані функції через 5 хв. Відпочинку?

Лабораторна робота № 2.

Фізіологічні зміни під час циклічних вправ великої та помірної інтенсивності

До циклічних рухів великої інтенсивності належать усі довгі дистанції у спорті, а також фізичні навантаження у швидкому темпі протягом 6-30 хв. За цей час організм встигає повністю мобілізуватися і його функції досягають фізіологічних меж, %тобто найвищого рівня. Зростає обмін речовин, теплоутворення і температура тіла. Енергетика м'язового скорочення розвивається переважно за рахунок кисневої фази, споживання кисню досягає найвищого рівня (5 л/хв) і може задовольняти потребу в ньому. Організм набуває стійкого стану, але найчастіше цей стан буває несправжнім.

«Мертва точка» і «друге дихання» можуть виникнути повторно, організм сильно стомлюється внаслідок тривалої роботи великої інтенсивності, високих енергетичних витрат, змін у внутрішньому середовищі (гіпоглікемія, зниження лужного резерву і рН крові, порушення водно-сольового режиму).

Відновлення тривале. Для виконання вправ великої інтенсивності потрібні висока працездатність організму і тренуваність.

Однією з характерних особливостей тривалих фізичних вправ є зміна кількості формених елементів крові та збільшення швидкості зсідання.

Кількість еритроцитів змінюється внаслідок кроворозподілу, кровотворних і кроворуйнівних функцій. Кількість, лейкоцитів може збільшуватися, коли кров виходить з депо і прискорюється лімфотеча, а також за рахунок утворення нових тілець.

До циклічних вправ помірної інтенсивності належать усі наддовгі дистанції у спорті, тренувальні 2-годинні заняття, а також будь-яка ритмічна м'язова діяльність тривалістю більше години.

При цьому відбувається повне опрацювання функцій організму, вони встановлюються на високому рівні, але не досягають фізіологічних меж внаслідок того, що темп та інтенсивність роботи менші, ніж у попередніх дослідженнях. Тому виникає справжній стійкий стан: споживання кисню відповідає потребі в ньому, енергетичні ресурси встигають відновлюватись «на ходу», зберігається відносна сталість внутрішнього середовища організму. Але до кінця роботи зростає киснева заборгованість (кисневий борг), знижуються кількість глюкози та лужний резерв крові, реакція переміщується в кислий бік, порушується водно-сольовий обмін, розвивається втома

вестибулярного апарата та інших органів чуттів. Відновлення триває до доби, а іноді й більше.

Дослід 1. Вплив циклічних вправ великої інтенсивності на функції організму

Мета роботи: вивчити зміну кровообігу, дихання і температури тіла після навантаження великої інтенсивності.

Обладнання: те саме, що й для попередньої роботи; термометр ртутний або електричний, пульсометр.

Хід роботи: досліджуваного треба вибрати з марафонців. Він повинен одягти спортивний костюм. Дослідження проводять п'ять студентів. Перший лічить пульс, другий визначає кров'яний тиск, третій - частоту дихання, четвертий вивчає хвилинний об'єм дихання, п'ятий вимірює температуру тіла і стежить за загальним порядком дослідження. Коли проведено всі дослідження в стані спокою, досліджуваний біжить з високого старту в ритмі 140-160 ударів за хвилину на місці або в спортзалі протягом 15 хв. На останній хвилині він прискорює біг (фінішний спурт). Відразу ж після закінчення бігу йому дають час для відпочинку, потім вимірюють температуру тіла і одночасно досліджують частоту пульсу та дихання, кров'яний тиск і хвилинний об'єм дихання. Після 10 хв. відпочинку досліджують ті ж самі функції. Вираховують дихальний об'єм, систолічний та хвилинний об'єми крові. Якщо в лабораторії є реєструючі прилади, можна записати пульс, кров'яний тиск, електрокардіограму, оксигенацію крові досліджуваного в стані спокою, після навантаження і через 10 хв. відпочинку, визначаючи за артеріальною осцилограмою середній динамічний тиск; цікаво обчислити периферичний опір - дуже важливий показник гемо- динаміки, особливо під час тривалої роботи.

Під час тривалої м'язової діяльності особливо цікаво досліджувати за допомогою телеметричної апаратури поступову мобілізацію функцій та досягнення фізіологічних меж. Це спостереження може дати дуже цінні відомості для вчителів фізичної культури, які стежать за змінами функцій у процесі навчання, і сприяти удосконаленню уроків та секційних занять.

Прилади повинні бути невеликі, легкі, з надійними датчиками, автономним електричним живленням, працювати без перешкод і не обмежувати рухів. Зараз застосовується телеметрична апаратура, що реєструє частоту серцевих скорочень, дихальних рухів, оксигенацію крові та газообмін. Досліджувати частоту пульсу в лабораторних умовах під час бігу на місці або у процесі присідання можна за допомогою пульсометра або пульсотактометра, який перетворює пульсові коливання в електричні імпульси.

Якщо такого приладу немає, досліджуваний на слух ставить на папері риси, стежачи за секундоміром.

Дослід 2. Зміна крові після вправ великої інтенсивності

Мета роботи: вивчити міогенний еритроцитоз, лейкоцитоз і тромбоцитоз та зміну швидкості зсідання крові, спричинені м'язовою діяльністю.

Обладнання: мікроскопи, чотири змішувачі для підрахування еритроцитів, два змішувачі для лейкоцитів, лічильна камера Горяєва, гемометр Салі; 3%-ний розчин оцтової кислоти з метиленовим синім, розчин для лічби тромбоцитів, 0,1%-ний розчин соляної кислоти; обладнання для взяття крові - голка (скарифікатор), спирт, йод, вата, спиртівка, сірники, годинникове скельце, препарувальна голка, секундомір.

Розчин готується так: на 100 мл води взяти 3,8 г цитрату натрію, 0,75 г натрію хлориду, 0,15 г метиленового синього. Все прокип'ятити, відфільтрувати і додати дві-три краплі формаліну.

Хід роботи: роботу проводять шість студентів. Один з них - досліджуваний - марафонець, повинен бути в спортивному костюмі. Необхідно заздалегідь приготувати все для взяття крові та її аналізу: ватку зі спиртом і йодом, змішувачі та скляночки з розчинами, у пробірку гемометра Салі до коллової мітки (10) налити соляної кислоти.

Перший студент дезінфікує голку і палець лівої руки досліджуваного, бере кров до мітки 0,5 у змішувач для підрахування еритроцитів та розводить до верхньої мітки 3%-ним розчином NaCl. Потім перелічує кількість еритроцитів, множачи середню їх кількість у малому квадратику на 800 000. Другий студент, набирає кров до мітки 0,5 змішувачем для еритроцитів, але розводить до верхньої мітки розчином для підрахунку тромбоцитів. 10 хв. іде на фарбування тромбоцитів, після чого знову збовтують розчин, під великим збільшенням мікроскопа підраховують тромбоцити в кожному маленькому квадратику, розрахунок роблять так само, як і перший.

Третій студент бере краплину крові до мітки 0,5 у змішувач для підрахування лейкоцитів. Рахує у великих квадратах, і середній показник (з 25 підрахунків) множить на 5000, визначаючи кількість лейкоцитів в 1 мм³.

Четвертий студент набирає краплю крові в капіляр гемометра і видуває її в пробірку з соляною кислотою, визначаючи вміст гемоглобіну в грам-процентах.

П'ятий студент бере велику краплю крові на годинникове скельце, засікає час секундоміром і визначає швидкість зсідання за Бюркером. Можна скористатися іншими методами - за Міліаном, Базароном, Ситковським.

Якщо студенти не мають навичок швидко і точно брати кров, викладач повинен зробити це сам і передати їм кров для дослідження. Підрахувати формені елементи можна через 1-2 год., тоді змішувачем треба протикнути папірця, на якому зробити відповідні написи. Після взяття крові палець потрібно продезінфікувати, притиснувши до нього ватку, змочену йодним розчином або спиртом.

Потім необхідно підготувати все до повторного взяття та дослідження крові. Досліджуваний бігає на спортивному майданчику або в залі протягом 15 хв., повертається до лабораторії і в нього беруть кров. За кількістю

еритроцитів та вмістом гемоглобіну треба визначити кольоровий показник, тобто відносне насичення еритроцитів.

Зібраний цифровий матеріал треба записати до загальної таблиці.

Дослід 3 : Вплив рухів помірної інтенсивності на функції організму

Мета роботи: з'ясувати, як змінюються кровообіг, дихання і обмін речовин під час виконання рухів помірної інтенсивності.

Обладнання: те саме, що й у попередніх роботах.

Хід роботи: проводить бригада студентів з шести чоловік на одному досліджуваному. Спочатку третій та четвертий студенти вивчають у стані спокою частоту і хвилинний об'єм дихання, п'ятий вимірює температуру, дає команду та керує дослідженням. Якщо в лабораторії є реєструючі прилади, то призначають додатково студентів для реєстрування функцій організму досліджуваного. Після того, як зняті всі показники в стані спокою, досліджуваний іде на тренувальне заняття зі спортивних ігор на витривалість (15 хв. розминки, 50 хв. спорт, ігор, 5 хв. заспокійливого бігу). Якщо серед досліджуваних є марафонці, їм дається біг тривалістю близько 1 год. За цей час студенти, що проводять дослід, готують усе необхідне для повторного дослідження. Коли досліджувані повертаються після закінчення навантаження, їм вимірюють температуру тіла, визначають пульс і кров'яний тиск та одночасно визначають частоту і хвилинний об'єм дихання. Через 10 хв. відпочинку повторюють ці ж самі дослідження.

Зібраний матеріал аналізують та роблять підрахунки. Визначають систолічний та хвилинний об'єм крові, периферичний опір, газообмін і енергетичні витрати досліджуваного. Вивчають дані графічної реєстрації функцій у стані спокою, після навантаження та у відновний період.

Контрольні запитання

1. Дайте фізіологічну характеристику вправ великої інтенсивності.
2. Як змінюються функції кровообігу, дихання та обміну під час рухів великої інтенсивності?
3. Які потреба, борг і споживання кисню в процесі навантажень, що вивчаються?
4. Що таке фізіологічні межі? Що називається справжнім і несправжнім стійким станом?
5. Як змінюються склад і властивості крові після тривалої фізичної діяльності і чому?
6. Які хвилинні та сумарні енергетичні витрати під час вправ великої інтенсивності?
7. У чому полягають особливості втоми та відновного періоду? Які загальна характеристика та значення вправ помірної інтенсивності?
8. Як і чому змінюються склад крові, температура тіла після тривалого бігу?
9. Як змінюються функції кровообігу, дихання і теплообміну організму?
10. Які потреба, споживання та борг кисню? Які енергетичні витрати організму під час роботи помірної інтенсивності?

11. Що таке справжній стійкий стан і чим він відрізняється від несправжнього?

12. Які причини втоми під час вправ помірної інтенсивності та особливості відновного періоду?

Лабораторна робота № 3.

Фізіологічна характеристика ациклічних рухів

До вправ ациклічної структури належать одноразові рухи, що мають чіткий початок, закінчення і складаються з фаз, не подібних одна одній. Динамічні стереотипи під час ациклічних рухів складніші і менш автоматизовані, ніж у циклічних.

Найхарактернішою особливістю ациклічних рухів є найвище виявлення сили і швидкості в один короткий момент та в потрібному напрямі. До ациклічних вправ належать власне силові, швидко-силові рухи і елементи статичних зусиль. Вони застосовуються у фізичному вихованні, розвивають силу, темп, швидкість, координацію рухів, рухливість та силу кіркових процесів, підвищують вестибулярну стійкість, збагачують фонд рухових навичок, удосконалюють руховий апарат і вегетативні функції організму. Тому ациклічні рухи займають чільне місце в навчальних програмах з фізичного виховання і застосовуються як для загального фізичного розвитку, так і для удосконалення спеціальної техніки та підвищення спортивних результатів.

Дослід 1: Визначення сили і статичної витривалості м'язів гідравлічним динамометром.

Мета роботи: дослідити силу і статичну витривалість різних м'язів.

Обладнання: секундомір і гідравлічний динамометр. Прилад виготовлений з прозорого пластика і складається із корпусу та вимірювальної частини (манометра). У корпусі розміщені дві круглі камери, поділені двома мембранами з повітряним прошарком. Верхня камера, сполучена з гумовою грушею, наповнюється водою і герметично закривається гвинтом. Нижня камера заповнюється ртуттю і сполучається з капіляром манометра. Шкалою є лінійка з поділками від 0 до 27 см; кожний міліметр її відповідає сантиметру водяного стовпа.

Під час натискання на гумову грушу тиск води передається через мембранний поршень на ртуть, рівень якої вимірюється на шкалі. Висота стовпця ртуті залежить від сили натискання.

Хід роботи: дослід проводять студенти по двоє. Для виключення психічних впливів досліджуваній не повинен стежити за показами приладу, визначення проводять в положенні стоячи, натискати грушу слід без ривків, рівномірно, тільки м'язами, не спираючись на стіл. Трубку динамометра потрібно подовжити гумовою трубкою, щоб запобігти витіканню ртуті. Приладом можна визначити максимальне напруження м'язів - згиначів кисті та пальців, якщо стискати грушу в руці; згиначів передпліччя, якщо закласти грушу в ліктьовий згин; згиначів гомілки, для чого треба притримувати грушу в підколінній западині; м'язів стегна, якщо вмістити грушу між колінами. Для

точності вимірювань береться найбільший показник з трьох максимальних. Міліметри ртутного стовпчика можна перевести в кілограми, коли перевірити максимальну силу кисті руки ручним динамометром і порівняти з показами гідравлічного динамометра. Цікаво порівняти силу правої та лівої рук і ніг. Результати, одержані в одного досліджуваного, зіставити з даними інших студентів.

За допомогою приладу досліджується статична витривалість, тобто час збереження максимального напруження м'язів. Зручно визначити коефіцієнт витривалості щодо статичних зусиль різних м'язів. Це роблять також самі студенти по двоє. Досліджуваний повинен з максимальним зусиллям стискати гумову грушу протягом хвилини, не дивлячись на покази шкали. Студент, який проводить спостереження, заміряє секундоміром 1 хв, записує початкове напруження ($P_{\text{макс}}$), а через хвилину - кінцевий тиск $P_{\text{кінц}}$.

Коефіцієнт витривалості визначається відношенням різниці початкового і кінцевого тиску до їх півсуми. Він характеризує здатність м'язів до тривалого напруження. Порівняти коефіцієнт витривалості різних м'язів у студентів, які тренуються з гімнастики та плавання, боротьби і спортивних ігор. Зіставити витривалість одних і тих же м'язів у добре тренуваних спортсменів і початківців.

Дослід 2: Вплив різних фаз дихання на результативність власне силових і швидкісно-силових вправ.

Мета роботи: виявити значення правильної постановки дихання для показників власне силових і швидкісно-силових рухів.

Обладнання: динамометр (пружинний або гідравлічний), місце для стрибків у довжину, рулетка.

Хід роботи: дослідження з динамометром проводять по двоє. Студент, який проводить дослідження, підбирає довжину ланцюжка станового динамометра за зростом досліджуваного з таким розрахунком, щоб він робив ривок тільки за рахунок розгинання спини. Руки і ноги досліджуваного мають бути розігнуті і не брати участі в силовому акті. Таким чином, досліджуваний робить максимальний ривок одночасно із вдихом, не зупиняючи дихання. Потім через 6 хв. відпочинку він повторює ривок, але вже на фазі видиху, який супроводжується звуком, без затримування дихання. Ще через 6 хв. повторюється ривок при натужуванні після глибокого вдиху. Довго і надмірно натужуватись не варто, бо це утруднює відплив крові від голови і перешкоджає легеневому кровопостачанню. Послідовність фаз дихання під час стрибків може бути змінена для того, щоб виключити вплив попередніх ривків на наступні.

Ще більш показові досліди з ручним динамометром, бо м'язи-згиначі пальців та кисті не мають прямого стосунку до грудної клітки.

Студент, який проводить дослідження, встановлює стрілки динамометра на нуль і вкладає прилад у руку досліджуваного шкалою вниз. Жим треба робити сидячи, під час вдиху, поклавши обидва лікті на стіл. Досліджуваний повертає динамометр, не дивлячись на його шкалу. Через 5 хв. відпочинку повторити жим у тій самій позі, але вже на фазі тривалого видиху. Ще через 5

хв. відпочинку зробити максимальний жим з натужуванням. Дослідник записує результат до таблиці. Подібний дослід проводиться за допомогою гідравлічного динамометра на різних м'язах-згиначах кисті, передпліччя, гомілки.

Порівнюють результати, одержані на різних динамометрах, роблять висновки і узагальнюють їх.

Значення дихальних рухів для швидко-силового акту вивчається на прикладі стрибків у довжину з місця. Дослід можуть проводити два студенти на всіх інших. Один замірює стрибок, другий записує результати. Студенти стрибають у довжину з місця, намагаючись добитися кожний раз максимального результату, спочатку на фазі вдиху, потім, замірюють стрибок на фазі видиху і третій раз при натужуванні. Інтервали часу між двома підходами одного студента мають бути не менше 10 хв., щоб наступний стрибок не збігався з фазою підвищеної працездатності від попереднього.

Напруження мускулатури, яка бере участь у видиху, підвищення внутрішньогрудного тиску рефлекторно збільшують силу скелетних м'язів. Правильній постановці дихання під час розучування рухів треба приділяти особливу увагу. Під час виконання вільних рухів підіймання рук угору або розведення в сторони з випрямленням грудей та розгинанням тулуба і ніг сприяє актові вдиху. Опускання рук, згинання тулуба, присідання, згинання ніг створюють анатомічні передумови для видиху, зменшуючи об'єм грудної клітки. Але, якщо в русі є моменти великих силових чи швидко-силових зусиль, то вони повинні поєднуватись з видихом незалежно від того, чи відповідає при цьому поза зменшенню об'єму грудної клітки, чи ні.

Дослід 3: Записування кров'яного тиску і дихання під час силового акту та статичного зусилля.

Мета роботи: з'ясувати зміну кров'яного тиску і дихання під час силового акту і статичного зусилля.

Обладнання: гиря 16 кг або молодіжна штанга з дисками 16, 25, 40 і 45 кг, артеріальний осцилограф, пневмограф з кімографом, відмітчик часу.

Хід роботи: кров'яний тиск реєструють за допомогою артеріального осцилографа - нескладного і доступного для будь-якої лабораторії приладу. Осцилографія широко застосовується у фізіології, спортивній медицині, лікарсько-педагогічному контролі, тому що вона дає велику кількість об'єктивних показників про стан серцево-судинної системи. З артеріальної осцилограми можна визначити максимальний тиск (початок зубців), середній динамічний тиск (місце найбільших коливань), мінімальний (зникнення зубців) та пульсовий тиск. Висота найбільшого зубця осцилограми, виражена в міліметрах, називається осциляторним індексом; вона свідчить про еластичність артеріальних стінок і силу серцевого поштовху (4-10 мм).

Показник тону судин (ПТ) визначається діленням пульсового тиску на величину осциляторного індексу (ОІ), виражається в умовних одиницях; у нормі ПТ від 4 до 7.

Знаючи середньодинамічний тиск і вік досліджуваного, неважко розрахувати систолічний об'єм до навантаження, під час його виконання та

після. Способом розрахунків хвилинного об'єму крові (ХОК) до і після статичних зусиль можна виявити феномен Ліндгарта-Верещагіна. Особливо цікаво обчислити периферичний об'єм у процесі статичних зусиль.

Під час аналізу результатів звернути увагу на зміну мінімального, середньодинамічного та пульсового тиску в процесі статичних зусиль, на зміну осциляторного індексу і тону судин.

Основу артеріального осцилографа становить ртутний манометр, у вільному коліні якого переміщується поплавець, сполучений тягами 2 з касетою для паперу 3. Друге коліно трубками сполучене з гумовою грушею та диференціальною капсулою 4, а капсула - з металевим демпфером 5 і манжетою 6. У капсулі розміщена мембрана, від якої відходить петля, що приводить у рух важілець записувача.

Коли тиск у манжеті та капсулі досягає величини максимального тиску крові, мембрана починає коливатися (що передається записувачеві). При середньодинамічному тиску коливання досягають максимуму, а потім знижуються і в період, коли тиск у манжеті стає нижчим від мінімального кров'яного тиску, коливання записувача припиняються.

Записують осцилограму два студенти, один - досліджуваний, другий - експериментатор. Підготувати прилад: прочистити записувач і наповнити його чорнилом, у касету закласти осцилограму так, щоб її нульова відмітка збіглася з боковим покажчиком на приладі, а головне - з рівнем записувача. Встановити прилад гвинтами так, щоб записувач під час роботи не відходив від паперу. Після цього зав'язати манжету на голе плече досліджуваного, перевести кран у праве крайнє положення і, відводячи перо від паперу спеціальним важільцем, створити надмаксимальний тиск у манжеті. Досліджуваний повинен стояти спокійно, не рухатися і не розмовляти.

Потім підвести записувач до паперу і повернути триходовий кран у ліве крайнє положення. При цьому повітря з манжети поступово виходить через калібрований отвір. Касета опускається, а важілець записує осцилограму. По закінченні записування не можна різко висмикувати трубку з приладу, її треба повільно зняти, щоб тиск у приладі поступово знизився до нуля. Після записування в спокійному стані, досліджуваний робить напівприсід на носках; на вільне плече двоє студентів можуть покласти молодіжну штангу з дисками, страхуючи її з обох боків.

Повторити записування кров'яного тиску під час статичного зусилля та після його закінчення, порівняти артеріальні осцилограми, зробити їх аналіз. Дослід можна провести в іншому варіанті: у стані спокою записати тиск у стегновій артерії, закріпити манжету на стегні в тому місці, де найчіткіше промацується пульс. У цьому разі досліджуваний тримає штангу над головою на витягнутих руках - у такому положенні запис повторити. Повторити дослідження через 5 хв. відпочинку. Порівняти з результатом динамічних навантажень (30 присідань).

Розрахувати систолічний, хвилинний об'єм і периферичний опір у стані спокою, під час статичного зусилля і у відновний період.

Дихання записують звичайним пневмографом. Досліджуваному

закріплюють сприймаючу капсулу або манжету на груди, у ділянці діафрагми. Перо реєструючої капсули відводять до кімографа на одному рівні з відмітчиком часу і сигналом Дебре. Записати дихання досліджуваного а спокійному стані сидячи і зробити відмітку на пневмограмі; досліджуваний переходить у положення напівприсіду на носках, руки вперед - у такому положенні провадиться запис до втоми; після цього досліджуваний сідає і реєстрація триває до нормалізації дихання. Можна в положенні напівприсіду давати різні вантажі, наприклад, речовий мішок з піском. Розрахувати частоту дихання та виміряти його глибину в стані спокою, у період статичних зусиль та після них.

У нетренованих осіб у період присіду дихання гальмується, а у відновному періоді може посилюватись. Цікаво записати дихальні рухи під час силового акту - найкраще зробити жим гумової груші гідравлічного динамометра під коліном або кистю руки. Відмітити на пневмографі момент жиму і визначити, на якій фазі дихання він відбувається.

Дослід 4: Вивчення залежності між статичними зусиллями, навантаженням і фізіологічними змінами в організмі

Мета роботи: з'ясувати, як змінюються статичні зусилля, кровообіг і дихання із збільшенням навантаження.

Обладнання : два секундоміри, набір вантажів від 2 до 20 кг або молодіжна штанга з набором дисків, тонометр, оксигеметр або оксигемограф.

Хід роботи: студенти розподіляються на групи по шість чоловік, один - досліджуваний і п'ятеро - експериментатори. Перший із них досліджує оксигенацію крові. Для цього він закріплює датчик оксигеметра або оксигемографа на вухо досліджуваного і прогріває його протягом 10-15 хв. За цей час другий дослідник записує частоту пульсу, третій визначає кров'яний тиск, четвертий вимірює хвилинний об'єм дихання. Коли судини вуха досліджуваного розширяться, оксигеметр встановлений, а рештка експериментаторів виконала свої завдання, п'ятий експериментатор дає досліджуваному вантаж 2 кг і відлічує час його тримання на витягнутій руці до настання втоми. Інші вивчають ті функції, які кожен з них вимірював у стані спокою. Через 10 хв. відпочинку досліджуваний тримає 4 кг, а решта в цей час вивчають зміну показів його кровообігу та дихання. Через кожні 10 хв. вантаж, який досліджуваний тримає на витягнутій у бік руці, поступово збільшують - 6, 10 кг; експериментатори провадять дослідження так само, як і спочатку, до такої ваги, яку досліджуваний може тримати тільки протягом 2 сек. Цей вантаж приймають за 100% (максимальний вантаж), і він характеризує активну силу м'язів плечового суглоба, інші вантажі визначають у процентах від максимального.

Студенти записують у таблиці вагу в кілограмах і процентах від максимального навантаження, тривалість тримання вантажу в секундах, величину статичних зусиль у кілограмах на секунду; частоту пульсу і дихання, максимальний та мінімальний кров'яний тиск, процент оксигемоглобіну. Можна розрахувати систолічний та хвилинні об'єми крові, порівняти вивчені

зміни функцій з результатами дослідження тих самих функцій після динамічних навантажень (15-секундного або 3-хвилинного бігу на місці).

Зробити висновок про залежність тривалості та величини статичних зусиль від вантажу.

Контрольні запитання

1. Що таке ациклічні рухи? Наведіть приклади.
2. Як можна визначити силу та витривалість м'язів?
3. Як змінюються функції кровообігу та дихання організму під час ациклічних рухів?
4. Яка є залежність між статичними зусиллями, навантаженням і фізіологічними змінами в організмі?
5. Що таке осцилограф? Як за допомогою нього виміряти зміну кров'яного тиску під час силового акту і статичного зусилля?

Лабораторна робота (індивідуальна робота).

Фізіологічна характеристика ациклічних рухів

Дослід 1: Фізіологічні зміни при динамічних і статичних режимах м'язової діяльності

Мета роботи: порівняти фізіологічні особливості динамічної роботи і статичних зусиль.

Обладнання: пальцевий або кистьовий ергограф, вантаж 5-6 кг, оксигемограф, мішок Дугласа з газовим годинником і газоаналізатором, динамограф або велоергометр.

Хід роботи: у роботі зайнято п'ять студентів; один - досліджуваний і чотири - експериментатори, Перший з них проводить реєстрацію роботи досліджуваного, другий визначає оксигенацію крові, третій досліджує пульс і кров'яний тиск, четвертий визначає хвилинний об'єм дихання. Спочатку функції вивчають у стані спокою, потім під час роботи на ергографі до втоми та припинення рухів і через 5 хв. відпочинку. Через 15 хв. після цього знову досліджують ті самі функції у стані спокою, у період статичного зусилля (тримання вантажу напівзігнутих пальцем) до втоми і через 5 хв. відпочинку. Потім порівнюють зміни досліджуваних показників після динамічної роботи і статичних зусиль. Якщо немає ергографа, то подібне дослідження можна провести в період ритмічних присідань до втоми з винесенням рук вперед і порівняти з даними, одержаними під час статичного зусилля, - напівприсід на носках, руки вперед. Можна дослідити функції під час підймання вантажу 5 кг на витягнутій у бік руці до вертикального положення та опускання до горизонтального рівня.

Вимірявши довжину передпліччя та кількість підймань, можна обчислити виконану при цьому роботу. Пульс і кров'яний тиск визначають на лівій руці. Через 15 хв. відпочинку ті самі дослідження провести під час тримання цього ж вантажу на витягнутій руці. Визначити тривалість і величину статичних зусиль. Запропонувати студентам самостійно скласти таблицю порівняльної фізіологічної характеристики динамічних і статичних режимів, враховуючи стан рухових нервових центрів та м'язів, зовнішню і

внутрішню роботу, зміну кровообігу, дихання та газообміну, енергетичні витрати, особливості зворотних зв'язків, навести приклади обох режимів з фізичних вправ і спортивної діяльності.

Контрольні запитання

1. У чому подібність і відмінність динамічного та статичного режимів?
2. Як і чому змінюються пульс, максимальний та мінімальний тиск крові під час різних м'язових режимів?
3. Як змінюються дихання і газообмін в організмі в процесі динамічної роботи і статичного зусилля? У чому полягають особливості впрацювання, стомлення і відновлення під час різних м'язових режимів?

Лабораторна робота № 4.

Фізіологічна характеристика передстартових реакцій та розминки

Фізіологічний стан, що виникає в організмі в процесі м'язової діяльності, займання фізкультурою та спортом, можна умовно поділити на три періоди: перший період - до початку основної м'язової діяльності та спортивних виступів - характеризується передстартовими реакціями і розминкою; другий період - зміни в організмі, які виникають у процесі фізичного та спортивного навантаження (він включає впрацювання, «мертву точку» і «друге дихання», стійкий стан та втому); третій період - стан організму після закінчення м'язової діяльності - відпочинок або відновлення.

Стан організму, що розвивається до початку фізичних вправ і спортивних виступів, може бути передзмагальним (з моменту оголошення змагань до їх початку), передстартовим (напередодні виходу на старт) і власне стартовим (під час подання стартових команд).

На старті всі попередні зміни підсумовуються, досягаючи найбільшої величини, тому їх найлегше дослідити на лабораторних заняттях.

Мобілізації сили організму та наданню йому стану «бойової готовності» сприяє розминка - спеціальний комплекс підготовчих вправ. При цьому підвищується збудження рухових центрів кори великих півкуль і самих м'язів, збільшується обмін речовин, теплоутворення, кровообіг, дихання тощо. Утворюється рухова домінанта. Розминка не тільки надає організмові робочого стану, а й підготовляє учнів до набуття нових рухових навичок.

Розминка не повинна стомлювати чи перенапружувати організм, після неї залишається позитивний слід на час, у межах якого необхідно розпочати основне фізичне навантаження (3-8 хв).

Дослід 1: Вплив стартових команд на функції організму.

Мета роботи: вивчити зміну серцевої діяльності та частоти дихання під час стартових команд.

Обладнання: секундомір, метроном, сфігмограф або електрокардіограф. Дослід можна проводити на спортивному майданчику, у спортзалі чи лабораторії, продемонструвати на лекції.

Хід роботи: найпростіший варіант - визначення частоти пульсу і дихальних рухів до та після стартових команд. Студенти вишиковуються в

шеренгу по три. Перші номери - досліджувані, другі знаходять у них пульс і підраховують через кожні 10 секунд, треті визначають у перших частоту дихання в спокійному стані стоячи. Потім крейдою проводять стартову лінію. Досліджуваним пояснюють, що за командою вони повинні бігти з низького старту 200 м у максимальному темпі (або на місці 20 секунд, високо підіймаючи коліна). Другі і треті номери мають бути готові до повторних підрахунків. По команді «Приготуватися!» починають лічбу. Через 30 секунд дається команда «На старт!», через 10 секунд - «Увага!» і ще через 10 секунд «Марш!». За останньою командою підрахунок закінчити, відпустити досліджуваних, які біжать, змагаючись на швидкість, порівняти частоту пульсу і дихальних рухів у стані спокою та після команд «Приготуватися!», «На старт!» і «Увага!». Після того, як пульс і дихання досліджуваних стануть нормальними (10-15 хв.) підрахувати ті самі показники в положенні стоячи та присідання. Встановити, як і чому змінюються досліджувані функції у положенні присідання, як впливає на частоту пульсу і дихання поза старту та чому. Студентів поміняти місцями і повторити дослід.

Подібний варіант досліджень можна застосовувати на лекції або на лабораторних заняттях фронтальним методом. Студенти проводять дослід по двоє: перші - досліджувані, другі лівою рукою промацують у них пульс в зап'ясті, а правою ставлять рисочки на папері, які відповідають пульсовим ударам, так само, як описано в роботі 1. Викладач дає команду лічити пульс через кожні 10 секунд. Потім подає стартові команди з 10-секундним інтервалами; «На старт!», «Увага!», «Марш!» і «Стоп!». Результати порівнюють з «фоном».

Не в усіх спостерігаються однаково чіткі результати - у гімнастів та гравців стартові команди майже не впливають на пульс і дихання, у плавців, бігунів і велосипедистів, які тренуються на середні дистанції, стартові команди помітно впливають на досліджувані функції.

За допомогою сфігмографа можна записати пульс у добре тренуваних спринтерів під час стояння в спокійному стані, при стартових командах у позі старту.

Ще зручніше і більш переконливо можна продемонструвати дослід за допомогою електрокардіографа, якщо зняти електрокардіограму лежачи в стані спокою і під час дії стартових команд. Момент подавання команд відмічати на стрічці олівцем або вмикаючи мілівольтметр. Але більш показова ЕКГ, знята в положенні старту. Для того щоб записувати біоструми серця в різних положеннях тіла, а також у процесі різних статичних зусиль, присідань та інших незначних рухів, треба виготовити чашкові електроди і приклеїти їх за допомогою пластиря в трьох точках: 1) провід, призначений для сполучення з правою рукою, прикріплюють у місці з'єднання правого третього ребра з грудиною;

2) провід до лівої руки приєднують з чашковим електродом, прикріпленим у п'ятому міжребер'ї, у місці серцевого поштовху;

3) до лівої ноги провід приєднують з чашковим електродом у четвертому міжребер'ї біля грудини.

Таке розміщення електродів дає змогу відводити біоструми в положенні старту, до і після розминки.

Одержану електрокардіограму з відмітками напруги в один мілівольт і моментом подання команд розрізати на шматки, роздати студентам для розрахунків, її неважко скопіювати за допомогою кальки або, підклавши під чисту стрічку, притиснути до вікна чи негатоскопа і перебити. Студенти повинні підрахувати до і після команд напругу зубців електрокардіограми, тривалість серцевого циклу, частоту пульсу, а також швидкість поширення збуджень у серці.

Частоту серцевих скорочень за 1 хв. визначають, поділивши 60 секунд на час серцевого циклу.

Частота скорочень серця $= \frac{60}{q}$ за 1 хв.

За типом пропорції для визначення серцевого циклу розраховують тривалість інтервалів P-Q (у нормі 0,15 секунд), Q-R (0,07 секунд), R-S-T (0,35 секунд) до і після подання стартових команд. Можна подавати й інші команди: «Струнко!», «Вільно!», для гравців «Подача!», «Удар!», для гімнастів - виклик «До приладу!», для фехтувальників - виклик «До бою!». Цікаво простежити вплив на ЕКГ команд, записаних на папері. Знімати вплив команд слід словами: «Відставити!», «Спокійно!».

Студенти на основі розрахунків роблять висновки про вплив стартових команд на серцеву діяльність, пояснюють фізіологічну суть та причини такого впливу.

Дослід 2: Вплив розминки на частоту пульсу, дихання, силу м'язів та швидкість руху.

Мета роботи: з'ясувати, як змінюються пульс, дихання і якості руху після розминки.

Обладнання: секундомір, динамометр (пружинний або гідравлічний), крокомір, мішок Дугласа, газовий годинник.

Крокомір - прилад, що за формою і розмірами нагадує секундомір. Призначений крокомір для визначення кількості кроків, але ним можна підраховувати і кількість та швидкість рухів. У центрі циферблата є велика стрілка, яка відлічує кроки від 1 до 100; менша стрілка справа показує сотні, а зліва - тисячі кроків. Відлік провадиться до 10 тис. (у приладах останнього випуску до 100 тис.).

Для встановлення стрілок на нуль треба повернути циліндричну головку приладу так, щоб червона точка була на одному рівні з покажчиком 0 і натиснути головку до упору. Рушієм крокоміра є маятник-балансир, зрівноважений пружиною. Він рухається тільки у вертикальному положенні приладу. Під час кожного поштовху згори-вниз маятник повертає храпове колесо на один зубець; цей рух передається стрілкам приладу. Крокомір можна використати для визначення швидкості руху кисті руки (за 10 секунд), боксерських ударів, стрибків на місці, бігу на місці. Для визначення кількості боксерських рухів рук за 10 секунд крокомір потрібно тримати в руці вертикально, головкою вперед.

Хід роботи: проводять дослідження чотири студенти - один

досліджуваний і три спостерігачі. Перший підраховує частоту пульсу досліджуваного та визначає кров'яний тиск; другий - рахує частоту дихання і досліджує хвилинний об'єм дихання, третій рахує кількість стрибків на місці або рухів кисті руки, боксерських ударів за 10 секунд. Можна досліджувати також максимальний ривок станового або велодинамометра до і після розминки, жим ручного динамометра чи м'язове напруження згиначів кисті, передпліччя та гомілки гідравлічним динамометром. Якщо немає обладнання, неважко визначити довжину стрибка з місця до і після розминки.

Під час аналізу результатів досліджень звернути увагу студентів на мобілізацію функцій та рівень фізіологічних показників, які досягаються під час розминки, на зміну рухових якостей після розминки у зв'язку із спеціалізацією і тренуваністю організму.

Контрольні запитання

1. Які зміни спричинюють стартові команди і чому?
2. У чому полягає специфічність стартових реакцій?
3. Як впливає розминка на кровообіг, дихання і газообмін?
4. Як і чому змінюються після розминки сила, швидкість та статична витривалість?
5. Яке значення має розминка у фізичному вихованні?

Лабораторна робота № 5.

Впрацьовування, стійкий стан і втома

Період початку фізичних вправ і спортивної діяльності називається впрацьовуванням. При цьому мобілізуються рухові та вегетативні функції, підвищуються працездатність і якості руху. Організм пристосовується до ритму руху та робочого рівня енергетичних витрат. Формується і посилюється рухова домінанта.

Тривалість впрацьовування залежить від ритму, інтенсивності та складності фізичних рухів, а також від вікових, типологічних та індивідуальних особливостей організму, стану його нервової системи.

Якщо впрацьовування утруднене, порушується координація між діяльністю рухового апарата і вегетативними функціями.

Може виявитись позамежне кіркове гальмування - «мертва точка» з наступним розгальмовуванням, або «другим диханням». Під час розміреної та тривалої діяльності відбувається повне впрацьовування організму і настає стійкий стан. Вегетативні функції забезпечують роботу рухового апарата, споживання кисню відповідає потребі в ньому, зберігається відносна сталість внутрішнього середовища.

Наприкінці тривалої роботи розвивається втома, яка сигналізує про наближення до межі функціональних можливостей. Організм відчуває втому, автоматично знижується або припиняється робота, що запобігає його перенапруженню.

Дослід 1: Утворення і властивості рухової домінанти.

Мета роботи: вивчити особливості рухової домінанти. За визначенням О. О. Ухтомського, домінанта - це тимчасово переважаючий осередок збудження,

який визначає характер реакції-відповіді організму на зовнішні та внутрішні подразники. Найхарактернішими рисами рухової домінанти є стійке збудження відповідних рухових Центрив кори великих півкуль, що забезпечують тривалу і цілеспрямовану рухову діяльність. Усі інші центри індуктивне гальмуються. Сторонні подразники підсилюють домінанту. Рухова домінанта забезпечує мобілізацію вегетативних функцій організму для діяльності м'язів. Вона утворюється в підготовчій частині уроку фізкультури, під час розминки та впрацювання, у процесі будь-якої фізичної та спортивної діяльності.

Обладнання: ручний динамометр (пружинний або гідравлічний), пальцьовий ергограф, вантаж 5 кг.

Хід роботи: дослід може демонструвати сам викладач на лекції або на лабораторних заняттях. Він встановлює стрілку динамометра на нуль і дає студентам прилад шкалою вниз для максимального жиму сидячи. Студент кладе обидві руки на стіл, робить максимальний жим правою рукою і повертає прилад, не дивлячись на шкалу. Результат записують на дошці. Так само визначають силу ще в 10 студентів. За цей час перший досліджуваний встигає відпочити. Тепер у тій же послідовності студенти повторюють максимальний жим, але вже стоячи в довільній позі, намагаючись мобілізувати всі свої сили. Звернуті увагу, що кожний досліджуваний затримує дихання, напружує м'язи плечового пояса, плеча, тулуба; трохи згинається в бік динамометра і дещо присідає. Показник сили при цьому збільшується на 6-12 кг. Викладач пояснює, що положення сидячи (ліктьї на столі) незручне і незвичне для силових актів; при цьому багато м'язів тіла розслаблено. Під час повторного жиму рухові центри згиначів пальців у корі великих півкуль набирають стану домінанти. Положення стоячи сприяє більшій мобілізації сили; домінанта підсумовує збудження, що надходять від напружених м'язів тіла та дихальної мускулатури. У досліді виявляється також значення вихідної пози для результативності силового акту.

Подібний дослід, який дає ще чіткіші результати, проводять студенти по двох. Досліджуваний лягає на кушетку або поставлені в ряд стільці; другий студент, який проводить дослід, дає йому кистьовий динамометр або гумову грушу гідравлічного динамометра для вимірювання максимального жиму. Через 6 хв. визначення повторюють у положенні стоячи (поза довільна).

Здатність рухової домінанти до підсумовування можна вивчити за допомогою реєструючих приладів - пальцьового або кистьового ергографа. Для демонстрування вибрати старанного і уважного гімнаста. Записати роботу пальця з 5 кг до втоми (зниження сили скорочень, нерівномірність рухів). Пояснити, що по команді досліджуваний повинен мобілізувати всі сили і в ритмі працюючого пальця згинати пальці вільної руки. Збільшення працездатності пояснюється підсумовуванням руховою домінантою подразників, що надходять від м'язів-згиначів пальців вільної руки. Показовий дослід можна провести з усіма студентами одночасно, користуючись коректурними таблицями Іванова-Смоленського.

Таблиця складається з 30 рядків літер, об'єднаних у групи по 3-5 літер без

усякого смислу. Студенти повинні за 10 секунд викреслити максимальну кількість названих літер (В, С або Н). За 50 сек вони підраховують результат і пишуть на полях таблиці праворуч дробом кількість викреслених літер та допущених помилок. Завдання повторюється під час дії сторонніх подразників (гудки, дзвінки, сигнали метронома). Результати в усіх студентів знижуються внаслідок зовнішнього гальмування. Після цього кожен хвилину повторювати завдання доти, поки кількість викреслених літер не буде сталою (5-6 раз) або дещо нижчою внаслідок втоми. Тепер те саме завдання виконують під час дії сторонніх подразників. Виявляється, що в більшості студентів підвищуються результати внаслідок рухової домінанти, що утворюється в результаті неодноразового повторення роботи.

Дослід 2: Вивчення впрацьовування, стійкого стану і втоми на ергографі

Мета роботи: вивчити особливості рухових і вегетативних функцій організму в період впрацьовування, стійкого стану та втоми.

Обладнання: ергограф (пальцевий або кистьовий) чи міопневмограф, велоергометр; прилади для реєстрування фізіологічних функцій (серцевого поштовху, дихання, пульсу, оксигенації крові тощо), метроном, кімограф з подовжувачем, універсальний штатив.

Якщо в лабораторії немає приладів, які реєструють чи вимірюють роботу, можна змонтувати міопневмограф - прилад, що реєструє скорочення м'язів за повітряним принципом. Для цього манжету від тонометра з'єднайте з реєструючою капсулою Морєя і трійником із затискачем для зміни тиску повітря в системі. Манжету закріпіть на плече або передпліччя і підберіть потрібний тиск повітря в системі. На міопневмограмі добре видно зміну сили та працездатності в різні періоди м'язової діяльності. Роботу можна визначити тільки умовно, множачи вантаж на висоту підіймання важільця.

Хід роботи: змонтувати системи реєструючих приладів з відмітчиком часу, підвести їх стрілки до одного вертикального рівня. Закріпити датчики на досліджуваному. Працювати треба в помірному ритмі (30 циклів за хвилину). Простежити, як змінюється працездатність м'язів, кількість роботи і записування вегетативних функцій у період впрацьовування, стійкого стану та втоми. Необхідно враховувати стан досліджуваного до досліду. Якщо в нього зранку не було ні розминки, ні тренування, то впрацьовування виявиться чітко і добре; коли студенти прийшли з тренувального заняття, то впрацьовування буде непомітне, але втома настане швидше і буде більш виявленою. Тому найкраще вантаж і ритм підбирати з урахуванням стану організму, його сили та працездатності.

Контрольні запитання

1. Що таке рухова домінанта? Наведіть приклади з побуту, виробництва і тренування. Які її властивості?
2. Яке значення має рухова домінанта на уроках фізичної культури, у спортивній діяльності?
3. Як змінюються сила і робота м'язів у період впрацьовування?

4. Як і чому змінюються вегетативні функції на початку м'язової діяльності та під час втоми?
5. Як змінюється записування роботи під час втоми?
6. Які причини втоми в досліджуваній фізичній діяльності?

Лабораторна робота № 6.

Відновний період

Відновним періодом називається ліквідація психологічних, емоційних, рухових, вегетативних і трофічних сторін втоми.

Тривалість і характер відновного періоду залежать від навантаження, його інтенсивності і тривалості, психологічних факторів, підготовки організму. І. П. Павлов підкреслив дві істотні особливості відновного періоду:

1. Відновлення відбувається не тільки після закінчення фізичного навантаження, а й під час самого навантаження, особливо, коли воно має нечастий ритм.

2. Затрачені на м'язову діяльність енергетичні речовини компенсуються з деяким надлишком, що підвищує працездатність організму. Відновлення відбувається хвилеподібно, фазами. Працездатність організму поступово відновлюється, перевищуючи вихідний рівень. Ця фаза називається суперкомпенсацією, після чого організм повертається до робочого стану.

Встановлення періоду суперкомпенсації після різних навантажень є важливим питанням спортивного тренування, бо дає можливість визначити оптимальні інтервали між виконанням фізичних вправ і правильно планувати тренувальні цикли.

Дослід 1: Вивчення фаз відновного періоду

Мета роботи: виявити фази зниженої та підвищеної працездатності після різної м'язової діяльності; визначити оптимальні інтервали відпочинку після повторної роботи.

Обладнання: секундомір, динамометр або ергограф, ергометр, вантаж 5-6 кг, крокомір.

Хід роботи: дослід проводять два студенти: один - досліджуваний, він виконує роботу; другий стежить за інтервалами між першим і другим навантаженням, а також за періодами відпочинку. Фази залежать від характеру, інтенсивності та тривалості м'язової діяльності. Досліди можна проводити з різними навантаженнями. Досліджують підряд п'ять максимальних жимів ручного або три жими станового динамометра; повторюють їх через 30 секунд. Порівнюють результати. Потім дають 6 хв. відпочинку і знову так само, як і на початку дослідів, роблять стільки ж жимів, але повторюють їх через 1 хв. Знову дають відпочити 6 хв., потім роблять повторні жими через 2, 4 і 8 хв. Стежать, коли після повторних жимів результати будуть знижені, коли вони повністю відновлюються і через який час підвищуються. Будують графік зміни сили після різних інтервалів часу. У такій же послідовності проводять дослід з крокоміром, виявляючи максимальну кількість рухів за 5 секунд при інтервалі між першим та другим навантаженням 20, 40 секунд, 1 і 3 хв. Відпочинок дають після 10 хв.

У такій самій послідовності проводять дослід з тривалістю статичних зусиль, з роботою на пальцьовому ергометрі або ергографі, велоергографі. Вимірюють максимальну роботу у відповідному ритмі за 30 секунд, потім повторюють через 30 секунд; після 10-хвилинного відпочинку знову проводять роботи з інтервалами 1 хв. і т. д. Знаходять періоди зниженої працездатності, її відновлення та збільшення. Будують відповідні графіки, роблять висновки про те, що повторення фізичних вправ потрібно планувати, виходячи з фізіологічних особливостей, відновного періоду. Це дуже важливо під час побудови уроків фізичної культури та визначення тренувальних циклів.

Дослід 2: Відновлення під час пасивного і активного м'язового відпочинку

Мета роботи: простежити за відновленням сили і працездатності м'язів після пасивного та активного відпочинку.

Активний м'язовий відпочинок вперше дослідив І.М. Сеченов, і зводиться він до чергування роботи різних м'язів. При цьому збудження, що виникають в одних рухових центрах, спричинюють за законом негативної індукції гальмування втомлених центрів і вони швидше відновлюються. Принцип широко використовується у виробництві, будинках відпочинку, у фізичному вихованні та в спортивній медицині. На уроках фізичної культури активним відпочинком є зміна засобів фізичного виховання (рухливі ігри, естафети, зміна приладів і характеру м'язової діяльності, перетягування матів для стрибків тощо).

Досліди можна проводити за допомогою динамометра, ергометрів або ергографів різного типу. Добрі результати забезпечуються на шкільному пальцьовому ергометрі конструкції Козиря, на саморобному ергографі. Дослід з кистьовим динамометром проводять студенти по двоє. У досліджуваного вимірюють підряд кілька разів максимальний жим на видиху і в положенні сидячи до різкого зниження сили (звичайно 6-8 раз). Дати S хв. відпочинку і повторити визначення в тій самій кількості та послідовності, як спочатку. Потім дати 5 хв. відпочинку і продовжити 5-хвилинну гімнастику в помірному темпі для м'язів тулуба та ніг, повторити дослідження, записати результати у формі таблиці та дати пояснення.

За наявності станового динамометра проводять аналогічний дослід, тільки кількість жимів зменшують (3-4). На ергографі, велоергометрі, шкільному пальцьовому ергометрі визначити роботу, виконану в однаковому ритмі за один і той же час до і після пасивного відпочинку. Порівняти з роботою, проведеною після активного м'язового відпочинку.

Як активний відпочинок підбирають найменші навантаження в помірному ритмі - ходьба, присідання, розведення рук у сторони, «насос» та ін.

Контрольні запитання

1. Що називають відновним періодом?
2. Які особливості відновного періоду?
3. Які фази виокремлюють у відновному періоді?

4. Як досягти відновлення сили і працездатності м'язів?
5. Чим відрізняється відновлення під час активного і пасивного відпочинку?

Лабораторна робота №7

Тема: Визначення показників антиоксидантного статусу організму

Процеси генерації ендogenous кисню формують у клітинах організму активні кисневі режими, необхідні для збереження прооксидантної і антиоксидантної рівноваги, підтримання оптимального напруження кисню в окисно-відновних мітохондріальних процесах і забезпечення умов функціонування на вищих рівнях.

Максимальна відповідність між потребою організму у кисні і об'ємом кисню, який надходить до клітини, є надзвичайно важливою для ефективної підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги та забезпечення адаптогенного ефекту організму. Навіть незначні порушення такої відповідності ведуть до надмірної активації вільнорадикальних реакцій (ВР) процесів і розгортання пероксидального окиснення ліпідів, оскільки як гіпоксичні, так і гіпероксичні умови стимулюють утворення різноманітних активних кисневих метаболітів, які є первинними месенджерерами цих процесів. Якщо адаптованість метаболічної системи недостатня і неспроможна утилізувати продукти вільнорадикального окиснення, розвиваються різні патологічні стани.

Основними чинниками активації пероксидального окиснення ліпідів у тканинах є емоційний стрес, нестача у раціоні біоантиоксидантів, надлишок ненасичених жирних кислот, надмірні м'язові навантаження чи гіпокінезія (нестача м'язової активності).

Сумарна інтенсивність пероксидального окиснення ліпідів у живій клітині залежить від ряду основних параметрів:

- окиснюваності молекул ліпідів, тобто від числа подвійних зв'язків у жирних кислотах;
- локальної концентрації ненасичених жирних кислот у тканинах, клітинах, мембранах, цитоплазмі;
- локальній концентрації (парціального тиску) кисню;
- концентрації і стану каталізаторів — іонів металів із перемінною валентністю;
- активності антиоксидантних ферментів (каталази, цинковміщуючої супероксиддисмутази, селеновміщуючої глутатіонпероксидази, глутатіонредуктази);
- ступеня ушкодження електронно-транспортних ланцюгів і генерації ними вільнорадикальних форм кисню.

Ще кілька десятиліть тому Ф. Меєрсон назвав процеси пероксидального окиснення ліпідів «первинними медіаторами стресу». Проте за останні роки погляд на вільнорадикальні процеси суттєво змінився. Теоретично обґрунтовано й експериментально доведено, що життєво необхідний рівень молекулярного кисню забезпечується оксидажною активністю гемоглобіну

переважно внаслідок залучення у вільнорадикальні й перекисні реакції води, результатом чого є утворення ендogenous кисню. Таким чином підтримуються активні кисневі режими організму, достатні для збереження рівноваги між надходженням кисню і його потребою для клітин у конкретній метаболічній ситуації. Отже, вільнорадикальні реакції виконують регуляторну функцію, як найлабільніша ланка в адаптаційній перебудові організму під час екстремальних впливів, що у разі адекватної стимуляції підвищують резистентність організму.

Стан антиоксидантної системи залежить від забезпечення організму низькомолекулярними незамінними речовинами, включаючи рибофлавін, тіамін, аскорбінову кислоту, токофероли, β-каротин, іони міді, заліза, цинку, марганцю, селену, співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот.

Антиоксидантна система, яка існує на протигагу вільнорадикальному окисненню, складається з багатьох компонентів. У тканинах живих організмів присутня і функціонує система природних біоантиоксидантів, до яких належать токофероли, вітамін К, убіхінон (коензим Q), рутин, глутатіон, цистеїн, метіонін, відновники-синергісти (аскорбінова кислота, лимонна кислота), а також мінерали (сірка, цинк, марганець, селен).

До синтетичних антиоксидантів, широко використовуваних у харчовій промисловості, тваринництві і медицині, належать: сантохін, дилудін, етаноламін, іонол (дибунол), фенозанові кислоти, саліцилова кислота, деякі антибіотики, сполуки селену та ін.

Поряд із антирадикальною в організмі існує антипероксидна антиоксидантна система, що розкладає перекисні сполуки до малоактивних молекулярних продуктів. Найактивнішим її компонентом є трипептид глутатіон та інші сірковмісні сполуки.

За одночасної дії декількох антиоксидантів, спостерігається синергізм, тобто сумарна антиоксидантна дія (антирадикальних і антипероксидних АО), яка перевищує суму їхніх ефектів у разі індивідуального використання.

Синергізм складається у тому, що антирадикальні інгібітори захищають антипероксидні від інактивації гідропероксидами.

В клітинах живого організму функціонує також ферментативна антиоксидантна система, що обмежує негативну дію надлишку кисневих радикалів. Ферментативну антиоксидантну систему складають такі ферменти, як супероксиддисмутаза, церулоплазмін, каталаза, пероксидаза, глутатіонредуктаза.

Основними чинниками активації ПОЛ у тканинах є емоційний стрес, нестача у раціоні біоантиоксидантів, надлишок ненасичених жирних кислот, надмірні м'язові навантаження чи нестача м'язової активності (гіпокінезія).

Каталаза (пероксид водню: пероксид водню оксидоредуктаза, КФ 1.11.1.6) — гемо протеїд. Реакція відбувається у дві стадії: спочатку утворюється комплекс фермента з однією, а потім — з другою молекулою пероксида водню. Каталаза здатна реагувати і з іншими донорами водню; в цьому випадку комплекс фермента з однією молекулою пероксиду реагує із субстратами подібно до пероксидази:

Каталаза із печінки бика має молекулярну масу близько 248 кДа і містить чотири гемові групи. Окремі субодиниці не мають самостійної каталітичної активності. Швидкість каталізу дуже велика: одна молекула каталази за секунду розкладає до 44 000 молекул пероксиду водню; пероксидазна активність каталази суттєво нижча. Основна функція каталази у клітині — розклад пероксиду водню, який утворюється під час дисмутації супероксидного аніон-радикалу. Найвища активність каталази відмічається у гепатоцитах, у пероксисомах останніх фермент становить до 40 % усього білка. Зниження активності каталази спостерігається при деяких захворюваннях, стресових ситуаціях тощо. Пероксид водню, що накопичується, ушкоджує хромосоми та інші клітинні структури, викликаючи відповідні функціональні порушення.

Разом із функціонуванням у якості донора водню і кофактора антиоксидантних ферментів, глутатіон (у — глютамін — цистеїн гліцин, трипептид Гопкінса) відіграє ключову роль у захисті клітин і внутрішньоклітинного середовища від реакційноздатних інтермедіатів кисню, які утворюються при окиснювальному стресі різної природи. Тому зниження вмісту відновленого глутатіону суттєво знижує стійкість організму до окиснювального стресу.

Глутатіон міститься переважно в середині клітини у високих концентраціях (1,0-10 мМ), переважна його частина знаходиться у відновленій формі. На частку глутатіону припадає 90-95 % усіх небілкових тіолових сполук.

Важливо, що деяка частина глутатіону, що міститься у середині клітини, звичайно існує у зв'язаній формі — з білками, і звільняється за підвищення концентрації АМФ, тобто при функціональному напруженні, а також у вигляді сполуки з коензимом А. Таким чином, існують внутрішньоклітинні резерви глутатіону-SH, що звільняються в умовах напруженого функціонування в екстремальних ситуаціях і підвищують потужність АО-системи глутатіону.

Молекули глутатіону не проходять через клітинну мембрану, він синтезується у клітині і дуже швидко окиснюється у плазмі крові. Тому під час екзогенного введення концентрація глутатіону швидко відновлюється до фізіологічних меж. Проте введення глутатіону-SH у достатньо великих концентраціях поповнює АО-ресурси організму.

Концентрація глутатіону у плазмі крові людини — $0,91 \pm 0,24$ мкмоль/л, у щурів — у 13 разів вища.

Загальну антиоксидантну активність (ЗАА) визначають в основному за вмістом малонового діальдегіду у крові як одного із вторинних продуктів ПОЛ. Проте слід ураховувати те, що часто вміст МДА визначають за реакцією із ТБК і при цьому розчин забарвлюється не тільки за рахунок МДА, а й інших речовин. Останнім часом часто використовують термін — визначення ТБК-активних продуктів. По-друге, у разі доступу кисню до проб процес пероксидації продовжується, і залежно від терміну контакту із киснем, температури реакційного середовища тощо у кінцевий результат вноситься певна похибка. Крім того, цей метод використовується для оцінки не

термінових реакцій, а більш довгострокових змін прооксидантно-антиоксидантного балансу організму.

Дослід 1. Визначення каталазної активності крові.

Реактиви, досліджуваний матеріал та обладнання: кров, 1 %-й розчин H_2O_2 , 10%-й розчин H_2SO_4 , 0,1М KMnO_4 , пробірки, дозатори на 1, 2, 5 мл, пробірки на 10 мл, бюретки.

Хід роботи. Розбавлену кров (1:1000) збовтують, наливають по 1мл у дві колби або стакани, приливають по 7 мл дистильованої води. До досліджуваної проби додають 2мл 1%-го розчину H_2O_2 , а до контрольної — 5 мл 10 %-го розчину H_2SO_4 . Дія каталази у кислому середовищі (у контрольній пробі) закінчується, оскільки вона проявляє максимальну активність при $\text{pH}=7,4$. Колби залишають при кімнатній температурі на 30хв. Потім приливають до досліджуваної проби 5 мл 10 %-го розчину H_2SO_4 , до контрольної — 2мл 1%-го розчину H_2O_2 . Вміст кожної колби титрують 0,1М розчином KMnO_4 до появи рожевого забарвлення.

Розрахунок проводять за формулою

$$\text{КЧ} = (A - B) \cdot 1,7;$$

де КЧ — каталазне число (кількість міліграмів H_2O_2 , що розпадається в 1мл крові);

A — кількість 0,1М розчину KMnO_4 , який використали на титрування контрольної проби, мл;

B — кількість 0,1М розчину KMnO_4 , який використали на титрування досліджуваної проби, мл.

У нормі каталазне число становить від 10 до 15 одиниць.

Дослід 2. Визначення вмісту глутатіону-SH у крові

Реактиви, досліджуваний матеріал та обладнання: 5%-й розчин HPO_3 , 0,1 М розчин аллоксану, 1 М розчин NaOH , буфер, глутатіон-SH, пробірки, дозатори різного об'єму, ФЕКчи фотометр.

Хід роботи. В центрифужні пробірки наливають 1,5 5 % розчину HPO_3 , і по 0,05мл крові, перемішують, центрифугують впродовж 10 хв. У безбілковому екстракті визначають вміст глутатіону-SH. Для визначення глутатіону у кожній пробі необхідно 4 пробірки, у дві з котрих наливають по 0,5 мл центрифугату, а в 2 інші — по 0,5 мл 5%-ної HPO_3 . Потім у першу і третю — по 0,5 мл 0,1М розчину аллоксану, а у другу й четверту пробірки по 0,5 мл води. Проби перемішують і до кожної приливають по 0,5мл фосфатного буфера і по 0,5мл еквівалентного розчину NaOH , перемішують і залишають на 6 хв. Рівно через 6 хв до проб додають по 0,5мл 1М розчину NaOH . Це зупиняє реакцію і стабілізує продукт реакції (стабільний не більше 1 год).

Визначають оптичну густину на ФЕК за довжини хвилі 315 нм. Під час визначення екстинкції проби № 1 контролем є проба № 2. В результаті отримуємо E_j . Для того щоб знайти поправку на екстинкцію зруйнованих продуктів аллоксану, фотометрують відносно проби №4 пробу №3 і одержують E_2 . Екстинкція, що відповідає утворенню продукту „аллоксан-305”, буде дорівнювати: $\Delta E == E_j - E_2$.

Розрахунок кількості глутатіону проводять за калібровочною кривою, що

побудована за стандартними розчинами відновленої форми глутатіону. 1 мл стандартного розчину містить 100 мкг глутатіону. Стандартні проби обробляють так само, як і дослідні.

Вміст глутатіону-SH (мг/100 мл розчину) розраховують за формулою:

$$X = \frac{m \cdot V_1 \cdot 100}{V_2 \cdot P \cdot 1000}$$

де m — вміст глутатіону-SH у пробі, розрахований за калібровочними кривими;

V_1 — загальний об'єм безбілкового центрифугату, мл;

V_2 — об'єм центрифугату, взятого для дослідження, мл;

P — наважка тканини або об'єм крові, г.

Таблиця 8.1 — Послідовність додавання реактивів

Реактив	Проба			
	1	2	3	4
Безбілковий центрифугат	0,5	0,5		
5% розчин HPO_3			0,5	0,5
Вода		0,5		0,5
0,1М розчин аллоксану	0,5		0,5	
Фосфатний буфер (розбавлений)	0,5	0,5	0,5	0,5
Еквівалентний розчин NaOH	0,5	0,5	0,5	0,5
1М NaOH після інкубації впродовж 6 хв	0,5	0,5	0,5	0,5

Дослід 3. Визначення загальної антиоксидантної активності крові

Реактиви, досліджувані матеріали та обладнання: кров, фосфатний буфер (рН 7,4), яєчний жовток, 2,5 мМ $\text{FeCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 1%-й спиртовий розчин іонолу, водяна баня, фотометр, пробірки, дозатори, одноразові капіляри.

Хід роботи. Для визначення загальної антиоксидантної активності окремих тканин тварин, крові людини та деяких антиоксидантів можна використовувати методику, запропоновану Г. І. Клебановим і його співробітниками, засновану на здатності біологічних рідин гальмувати накопичення ТБК-активних продуктів у суспензії жовткових ліпопротеїдів (ЖЛП), узятій як модельну систему окиснення. Ця система є суспензію яєчного жовтка у фосфатному буфері (рН 7,4 у відношенні 1:1) і розведена до початку досліду у 25 разів. У дослідній пробі до 1мл суспензії ЖЛП додають 1мл досліджуваної речовини (гемолізата або крові, гомогената тканини), 7 мл фосфатного буферу і 1мл 2,5ммоль/л розчину $\text{FeCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ для індукції ПОЛ. У контрольній пробі до 1мл ЖЛП додають 8 мл фосфатного буферу, а у дослідну — 9 мл фосфатного буфера і 1мл розчину $\text{FeCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Після 15-хвилинної інкубації проб за температури 37°C і інтенсивного струшування з кожної проби відбирають по 2 мл, до яких додають 1мл 20%ТХО і 0,1мл 1% спиртового розчину іонолу для зупинки процесу накопичення МДА. Після 15-хвилинного центрифугування (при 900 g) у

супернатанті визначають вміст ТБК описаним методом.

Загальну антиокисну активність (ЗАА) розраховують за формулою:

$$ЗАА = \frac{(E_k - E_{досл.})}{E_k} \cdot 100\%,$$

де $E_k = E_{k1} - E_{k2}$,

$E_{досл.} = E_{досл.1} - E_{досл.2}$;

E_{k1} і $E_{досл.1}$ — оптична густина до інкубації з досліджуванним матеріалом;

E_{k1} та $E_{досл.2}$ — оптична густина після інкубації.

Для оцінки антиокисних властивостей досліджуваних біологічно активних речовин вибирають таку їхню концентрацію, що викликає 50 %-не інгібування ПОЛ. Оцінку ЗАА гомогенатів скелетних м'язів, серця і печінки роблять відносно до ЗАА суспензії ЖЛП за зміною, вираженою у відсотках, що припадає на 1 мг білка, а ЗАА крові — її зміну, виражену у відсотках, під впливом 0,5мл гемоліза-ту (відношення крові до води 1:2).

Лабораторна робота №8

Визначення супероксиддисмутази та глутаміноредуктази та глутатіонпероксидази активності крові

Супероксиддисмутаза (СОД) — пероксид: пероксид оксидоредуктаза (синоніми: еритрокупреїн, гемокупреїн, цитокупреїн); каталізують реакцію взаємодії супероксидних радикалів (O^*) з іонами водню:

Кінцевим продуктом реакції є пероксид водню, який інактивується СОД. Тому СОД локалізована і функціонує у співдружності з каталазою, яка швидко і ефективно розкладає H_2O_2 . Швидкість СОД-реакції велика, константа швидкості другого порядку досягає $2 \cdot 10^9$ моль/с. Активний центр ферменту містить атоми металів з перемінною валентністю — Mn, Zn, Cu.

Існує певний взаємозв'язок між активністю СОД і стійкістю організму до впливу іонізуючої радіації і взагалі до окисного стресу. Таким чином, Mn-СОД і Cu, Zn-СОД — важливіші АО-ферменти, які здійснюють інактивацію супероксидного радикалу і відповідно зменшують загальний токсичний ефект активних форм кисню.

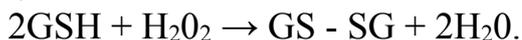
Глутатіонредуктаза (ГР) — НАДФ • H_2 : окиснений глутатіон оксидоредуктаза, КФ 1.6.4.2, каталізує реакцію:



Центральне місце цього ферменту в метаболізмі глутатіону і всієї системи глутатіону зумовлене тим, що він здійснює механізм відновлення GSH з окисненої його форми GS - SG. ГР — флавопро- теїдз простетичною групою флавінаденіндинуклеотидом; його молекула складається з двох ідентичних субодиниць. Відновлені сполуки, наприклад, НАДФ • H_2 , його інактивують, а окиснений глутатіон і фероціанід — активують. У клітині одним із найважливіших модуляторів активності ферменту ГР є система цАМФ. ГР — класичний цитозольний фермент усіх еукаріотичних клітин. Молекулярна маса коливається від 100 (печінка) до 300 тис. одиниць (скловидне тіло).

ГПО (глутатіон : пероксид водню оксидоредуктаза, КФ 1.11.1.9) каталізує

реакцію:



ГПО — це селенпротеїн з молекулярною масою близько 74 тис. одиниць, що складається з чотирьох ідентичних субодиниць. ГПО знешкоджує пероксид водню та ліпідні пероксида, що утворюються в організмі за активації ПОЛ. Фермент стійкий до дії цианідів азіда, особливо у присутності GSH.

Фермент локалізований переважно у цитозолі клітин, у незначних кількостях знаходиться також у мікросомах. Функціонує разом із ГР, захищаючи клітини від впливу пероксиду водню. Парахлормеркурій-бензоат блокує групи -SH і -SeH в активних центрах обох ферментів. Активується ГПО ферментом цАМФ-залежною протеїнкіназою.

Дослід 1. Визначення супероксиддисмутазної активності крові.

Реактиви, досліджувані матеріали та обладнання: 0,066 моль/л фосфатний буфер, 0,1 ммоль/л розчин ЕДТО, 0,1 ммоль/л розчин ФМС, 0,407 моль/л розчин ТНТС, 0,1 ммоль /л розчин НАД • Н₂, кров чи гомогенат тканин, пробірки, дозатори різних об'ємів, хімічні колби, фільтрувальний папір, фотометр.

Хід роботи. Про СОД-активність судять за швидкістю відновлення ТНТС в інкубаційному середовищі - 0,066 моль/л фосфатний буфер, 0,1 ммоль/л ЕДТО, 0,1 ммоль/л ФМС; 0,407 моль/л ТНТС і 0,1 ммоль/л НАД • Н₂, у відсутності і при додаванні в середовище 0,05 -0,1 мл гомогенату досліджуваної тканини. Загальний обсяг реагентів у кюветі становив 2,5 мл. Швидкість відновлення ТНТС визначають у термостатованій кюветі (1 см) на спектрографі шляхом графічної реєстрації швидкості відновлення ТНТС. При цьому вводять виправлення на відновлення ТНТС у присутності гомогенату без додавання НАД • Н₂.

За одиницю активності ферменту (ЕА) приймають таку активність, що необхідна для відновлення ТНТС на 50 %.

СОД-активність крові виражають в ЕА/ мл, ЕА/мг білка чи ЕА/мг гемоглобіну.

Дослід 2. Визначення глутатіонредуктазної активності крові

Реактиви, досліджуваний матеріал та обладнання: кров, дистильована вода, пробірки, дозатори, спектрограф з термо- статованою кюветою.

Хід роботи. При вивченні активності ГР у крові останню гемолізують у співвідношенні 1:9 у дистильованій воді при 0°C і додають воду до 2,4 мл кінцевого об'єму реакційної суміші. Ензиматичну активність ферменту аналізують при 30°C у термостатованій кюветі (1см) на спектрографі за зниженням оптичної щільності реакційного середовища при E = 340 нм протягом перших 20-30 с після додавання у кювету досліджуваного зразка. У кожній пробі визначають вміст білка чи гемоглобіну. Активність ГР, виражену в мкмоль НАДФ • Н₂ • хв⁻¹ • мл⁻¹ гемолізату, розраховують за формулою:

$$A = 2,4 \cdot \Delta E \cdot 10 \cdot V^{-1} \cdot 6,22^{-1} \cdot t^{-1},$$

де А — активність ферменту;

ΔE— зміна оптичної щільності розчину;

t — час перебігу ферментативної реакції, хв;

10 — ступінь розведення гемолізату крові;

V — обсяг внесеного гемолізату, мл;

2,4 — кінцевий обсяг реакційної суміші.

Дослід 3. Визначення глутатіонпероксидазної активності крові

Реактиви, досліджувані матеріали та обладнання: 0,25 М фосфатний буфер (рН 7,4); 0,25М розчин ЕДТО; 0,4 М розчин Na₂N₃; 0,02М GSH; 50 ммоль/л розчин H₂O₂, 0,43%-й N- етилмалеїмід; гемолізат крові, ФЕК з термостатованою кюветою, дозатори, пробірки.

Хід роботи. Для визначення активності ГПО готують суміш, що містить 0,5 мл 0,25М фосфатного буфера (рН 7,4); 0,1 мл 0,25М ЕДТО; 0,1 мл 0,4М NaN₃; 0,1 мл 0,02 М G-SH; 0,1 мл 50 ммоль/ л H₂O₂. Суміш без H₂O₂ витримують за температури 30°C у термостатованій кюветі протягом 10 хв разом із внесеним до неї зразком розведеного у 5 разів гемолізату крові (відношення обсягу крові до обсягу води 1:4). Рівно через 10 с після внесення в кювету H₂O₂ реакцію зупиняють додаванням у середовище 0,1 мл 0,43% N-етилмалеїмиду (N-EM), специфічного для SH-груп глутатіону реагента. Кінцевий об'єм суміші становить 2,4 мл. Контрольна проба відрізняється тим, що досліджувані зразки вносяться після додавання H₂O₂.

Про активність ферменту судять за зменшенням оптичної щільності розчину у кюветі за E = 305 нм, тобто за швидкістю зниження концентрації N-EM, що взаємодіє з Г-SH. Розраховують активність ферменту у крові за формулою:

$$A = 2,4 \cdot E \cdot 50 \cdot 620^{-1} \cdot t \cdot V^{-1},$$

де A — активність ферменту, що виражається в мкмоль N-EM/мл•хв'(для крові);

2,4 — кінцевий об'єм реакційної суміші в кюветі;

DE — зміна оптичної щільності розчину;

620 — коефіцієнт мікромолярної екстинкції N-EM;

t — час перебігу ферментативної реакції, хв;

50 — ступінь розведення гемолізату крові;

V — обсяг внесеного гемолізату, мл.

Лабораторна робота №9

Шляхи енергозбереження циклічної роботи субмаксимальної та максимальної потужності

Тривалість навантаження максимальної потужності не перевищує 20-30 с, здійснюється в анаеробних умовах, споживання кисню під час роботи не перевищує $\frac{1}{4}$ літра. Тому потреба організму у кисні під час роботи максимальної потужності задовільняється лише після її закінчення, а під час самої роботи утворюється значний кисневий борг (до 7-8 л). Енергозабезпечення такої роботи відбувається за рахунок АТФ і КФ (алактатний механізм), який через 2-3с після початку роботи досягає максимальної потужності і майже 10с функціонує на граничному рівні. На останніх секундах виконання роботи можлива активізація гліколітичного механізму ресинтезу АТФ, який супроводжується накопиченням молочної кислоти (до 10-15 ммоль/л).

Робота у такій зоні супроводжується значним збудженням нервової системи, що зумовлює підвищення вмісту глюкози у крові. Кисень, який споживається після роботи, використовується на окисний ресинтез продуктів алактатного походження, (продуктів розпаду АТФ і КФ).

Гранична тривалість навантаження субмаксимальної потужності від 20-30 с до 3-5хв. При такій роботі разом з розпадом АТФ і КФ відбувається гліколітичне енергозабезпечення (лактацидне), що супроводжується накопиченням молочної кислоти (до 26 ммоль/л). Значний вміст молочної кислоти у крові веде до підвищення її кислотності, яка може змінитися до 6,9. Основний резерв крові зменшується на 55-60% (біг на 400 м), відмічається поява білка у сечі.

Крім анаеробних процесів, які інтенсивно відбуваються і активізуються аеробні процеси. При цьому різко посилюється дихання, внаслідок чого організм краще постачається киснем, який надходить з кров'ю до м'язів, досягаючи максимуму наприкінці роботи. Проте хвилинна киснева потреба перевищує споживання кисню під час роботи, що веде до значного кисневого боргу (понад 20 л).

Прикладом роботи субмаксимальної потужності у легкій атлетиці може бути біг на дистанції 400, 800 і 1500 м.

Дослід 1. Вплив циклічної роботи максимальної потужності на деякі біохімічні процеси.

Методи, що використовуються для дослідження:

1. Визначення вмісту глюкози в крові.
2. Визначення вмісту молочної кислоти в крові.
3. Визначення вмісту вільних жирних кислот у сироватці крові.
4. Визначення основного резерву крові.
5. Кількісне визначення білка у сечі.
6. Визначення рН сечі та кетонових тіл у сечі.

Хід роботи. Перед заняттям вибирають для дослідження двох студентів, які спеціалізуються у циклічних видах спорту. Решту студентів розподіляють на п'ять підгруп. Перша визначає вміст глюкози у крові, друга — молочної

кислоти, третя — вільних жирних кислот, четверта — білка у сечі, п'ята — основний резерв крові.

В іспитованих студентів, які перебували 5хв у стані спокою у положенні сидячи, проводять забір крові для дослідження названих біохімічних параметрів. Після цього вони виконують циклічну роботу максимальної інтенсивності. У лабораторних умовах моделлю фізичного навантаження цієї зони потужності може бути 20-секундний біг на місці з високим підніманням стегна або обертання педалей велоергометра з граничною частотою. Через 2хв після закінчення навантаження проводять забір крові і сечі для визначення необхідних показників. Результати заносять до таблиці 10.1.

Таблиця 10.1

Дослідження показників метаболізму у стані спокою і після фізичного навантаження максимальної інтенсивності

Показник	Стан спокою				Після роботи максимальної інтенсивності			
	1	2	3	Середнє значення	1	2	3	Середнє значення
Глюкоза крові, ммоль/л								
Молочна кислота, ммоль/л								
Вільні жирні кислоти крові, ммоль/л								
Основний резерв, ммоль/л								
Білок сечі, г/л								

В кінці експерименту студенти роблять висновок про особливості енергозабезпечення підчас виконання роботи максимальної потужності.

Дослід 2. Вплив фізичного навантаження субмаксимальної потужності на деякі біохімічні процеси

Хід роботи. Студентів розподіляють на 5 підгруп, кожна з яких визначає один із біохімічних показників. У двох-трьох студентів, які 5хв перебували у стані спокою у положенні сидячи, проводять забір крові для визначення рівня глюкози, молочної кислоти, вільних жирних кислот, основного резерву, а також сечі для визначення у ній рН, білка, кетонових тіл. Потім вони виконують вправи з фізичним навантаженням субмаксимальної потужності на стадіоні або у спортивному залі. На стадіоні це може бути біг на 800 м, у лабораторних умовах — 3-5-хвилинний біг на місці з високим підняттям стегна або обертання педалей велоергометра з такою частотою, за якої виконувати навантаження до кінця останньої хвилини надзвичайно важко. Після виконаного навантаження через 2хв проводять забір крові і сечі для визначення зазначених параметрів.

Експериментальні дані щодо вмісту досліджуваних показників у крові та сечі заносять до таблиці і роблять висновки про особливості енергозабезпечення навантажень субмаксимальної зони потужності (форма таблиці така сама, як у попередньому досліді).

Лабораторна робота № 10

Шляхи енергозбереження циклічної роботи великої та помірної потужності

Тривалість навантаження великої потужності — не менше 3-5 і не більше 30-40 хв. Під час виконання такої роботи цілком вистачає часу, щоб дихання і кровообіг посилювалися. Однак у зв'язку з тим, що хвилинна потреба дещо перевищує споживання кисню під час роботи такої потужності, незважаючи на перевагу аеробного шляху синтезу АТФ інтенсивно відбувається також і гліколітичне енергозабезпечення. Це веде до підвищення вмісту молочної кислоти у крові до 12 ммоль/л. Кисневий борг при цьому становить до 12 л. Резервна основність крові знижується значно менше. Вміст глюкози у крові на таких дистанціях може або підвищуватись, або знижуватись, тобто закономірних змін немає. Відбувається мобілізація ліпідів з жирових депо, внаслідок чого вміст жирних кислот у крові збільшується.

Тривалість навантаження помірної потужності від 20-30хв до кількох годин. Найхарактернішою рисою такої роботи є те, що потреба у кисні задовольняється у процесі самої роботи. Рівність між кисневою потребою і споживанням кисню під час роботи, яка називається справжнім стійким станом, створює в організмі умови для аеробного енергозабезпечення.

В зв'язку з тим, що тривалий біг веде до виснаження запасів вуглеводів в організмі, у спортивну практику впроваджено так зване "підгодовування" спортсменів на дистанції розчинами цукру або глюкози. Інакше вміст глюкози у крові може знизитись майже вдвічі (до 1,5 ммоль/л) і ввести у стан непритомності. Це пояснюється підвищеною чутливістю нервових центрів до нестачі глюкози у крові.

Основним джерелом енергії під час роботи у цій зоні потужності є ліпіди та їхні метаболіти. При тривалій роботі вміст вільних жирних кислот збільшується до 1,5 ммоль/л. Зростає виведення з сечею кінцевих продуктів обміну білків — сечовини, сечової кислоти.

Під час тривалого бігу втрата маси тіла становить 0,8-1,0 кг/год, що пояснюється як збільшенням енерговитрат, так і великим потовиділенням. Значна втрата води спричиняє виведення із організму великої кількості солей (до 3-5 г/год):

Дослід 1. Вплив фізичного навантаження великої потужності на деякі біохімічні процеси.

Хід роботи. У 2-3 студентів після перебування протягом 5хв у стані спокою і положенні сидячи проводять забір крові для дослідження рівнів глюкози, молочної кислоти, вільних жирних кислот, основного резерву крові, а також сечі для визначення у ній рН, білка, кетонових тіл. Испитовані виконують фізичну роботу великої потужності: 20-хвилинний біг на місці або обертання педалей велоергометра з такою частотою, за якої виконувати навантаження на останній хвилині дуже важко. Одразу після роботи роблять повторний забір крові і сечі для кількісного визначення зазначених вище біохімічних параметрів. Оскільки час, потрібний для організації і проведення лабораторної роботи, виходить за межі двогодинного заняття, для її виконання

треба відвести 4 год. Це стосується також і проведення подальшої роботи.

Результати роботи заносять до таблиці, складеної за зразком попередніх. Аналізують характерні риси енергозабезпечення у даній зоні потужності і порівнюють з попередніми.

Дослід 2. Вплив фізичного навантаження помірної потужності на деякі біохімічні процеси.

Хід роботи. Як і у попередній роботі, розподіляють обов'язки між студентами, визначають необхідні біохімічні параметри у стані спокою і одразу після фізичного навантаження.

Фізичним навантаженням помірної потужності є біг на місці протягом 45хв або обертання педалей велоергометра з такою частотою, за якої іспитовані, закінчуючи виконувати навантаження, не відчували б надмірного стомлення.

Одержані дані заносять до таблиці, аналізують і роблять висновок про особливості енергозабезпечення і метаболічні зсуви під час такого фізичного навантаження.

Контрольні питання:

1. Які шляхи синтезу АТФ є в організмі ?
2. Які особливості анаеробного фосфорилування ?
3. Як здійснюється синтез АТФ в аеробних умовах?
4. При подоланні яких дистанцій легкоатлетичного бігу спостерігалось максимальне накопичення молочної кислоти у крові?
5. У чому полягає динаміка зв'язку основного резерву крові з роботою у різних зонах потужності?
6. На яких дистанціях легкоатлетичного бігу і у зв'язку з чим спостерігається поява білка у сечі?

Лабораторна робота №11.

Біохімічні особливості стану організму, зумовлених м'язовою діяльністю.

Біохімічні процеси перед початком фізичного навантаження свідчать про взаємозв'язок процесів обміну речовин з функціональним станом кори великих півкуль. В осіб з надмірними передстартовими реакціями спостерігається високий рівень глюкози у крові та її поява у сечі. Якщо перед стартом реакції знижені (передстартова апатія), то вміст глюкози і ліпідів у крові зменшується, а рівень молочної кислоти збільшується. Перед стартом помітно посилюються показники газообміну та функцій серцево-судинної системи.

Передстартові біохімічні зрушення залежать від змін, якими супроводжується м'язова діяльність. Наприклад, у бігунів на середні дистанції у перед стартом в крові буде більше молочної кислоти, а у представників ігрових видів спорту — глюкози.

Характер та ступінь виявлення передстартових біохімічних зрушень залежить від стану тренуваності, від підготовленості до певних змагань тощо.

Дослід 1. Біохімічні зміни в організмі перед початком фізичного

навантаження.

Хід роботи. Студентів розподіляють на три підгрупи. Перша — досліджує вміст глюкози у крові, друга — вміст глюкози у сечі, третя — вміст молочної кислоти в крові. Один студент виконує роль інформатора, другий вимірює частоту серцевих скорочень.

Відбирають двох студентів з легкозбуджуваною нервовою системою, іспитовані перебувають протягом 5хв у стані спокою у положенні сидячи, після чого у них вимірюють пульс (за 1 хв) і беруть кров з пальця для визначення зазначених показників. Викладач повідомляє, що через 5 хв. їм належить виконати дуже важку роботу на межі своїх можливостей протягом 3-5 хв (біг на місці з високим підніманням стегна або біг на 800, 1000 або 1500 м). Після цього студент-інформатор голосно повідомляє, що до старту залишилось 5 хв., і включає секундомір. Потім через кожні 30с він повідомляє час, що залишився до старту, а за 1 хв до старту подає команду “На старт!”. За 45с до старту інформатор подає команду «Увага!». За 30с до старту визначають ЧСС і перераховують на 1хв. По закінченні 5хв подають команду «Руш!», але виконувати вправи або бігти не дозволяють. Повідомляють, що старт відкладається на 3хв. Бажано, щоб протягом всього часу чекання старту, особливо на 4-5-й хвилині, студенти підбадьорювали іспитованих, радили мобілізувати всі свої сили. На третій хвилині після команди «Руш!» у досліджуваних беруть кров для визначення глюкози і молочної кислоти, а також сечу для визначення глюкози. Потім повідомляють, що виконувати роботу вони не будуть.

Одержані результати заносять до таблиці за формою 11.1.

Таблиця 11.1.

Біохімічні зміни у передстартовий період

Показник	Стан спокою			Передстартовий стан					
	1	2	Середнє значення	30-ти хвилина			45секунда		
				1	2	Середнє значення	1	2	Середнє значення
Глюкоза крові, ммоль/л									
Глюкоза у сечі, ммоль/л									
Молочна кислота, ммоль /л									

Дослід 2. Біохімічні зміни в організмі підчас виконання фізичної роботи.

Хід роботи. Студентів поділяють на три підгрупи: перша визначає вміст глюкози в крові, друга — молочної кислоти в крові, третя — активність амілази слини. Виділяють двох іспитованих, які протягом 5хв перебувають у

стані спокою, після чого у них беруть кров і слину для дослідження. Потім досліджувані виконують 10-хвилинне навантаження: перші 5хв — навантаження середньої величини (біг на місці з високим підніманням стегон або обертання педалей велоергометра з частотою 140-150обертів на хвилину). Після першої 5-хвилинної роботи вони роблять короточасну зупинку, необхідну для забору крові й слини. Далі протягом останніх 5хв біг на місці або обертання педалей велоергометра з частотою 170-180 кроків або обертань на хвилину триває, після чого знову проводять забір крові і слини. Якщо робота проводиться на стадіоні або у спортивному залі, досліджуваним пропонують пробігти дистанцію 3000 м: перші 1500 м — у середньому темпі, потім роблять зупинку для забору крові, останні 1500 м — зі швидкістю, близькою до своєї граничної на цій дистанції. Після закінчення бігу проводять забір крові і слини для визначення рівня глюкози й молочної кислоти, активності амілази. Одержані дані заносять до таблиці 11.2:

Таблиця 11.2

Показники метаболізму під час виконання фізичних навантажень різного обсягу

Показник	Стан спокою			Після фізичного навантаження							
	1	2	Середнє значення	Середнього обсягу			Великого обсягу				
				1	2	Середнє значення	1	2	Середнє значення		
Глюкоза крові, ммоль/л											
Молочна кислота, ммоль /л											
Активність амілази											

Результати аналізують і роблять висновок про взаємозв'язок досліджуваних біохімічних показників з фізичним навантаженням різного обсягу.

Дослід 3. Біохімічні зміни в організмі у процесі відновлення

Під час м'язової діяльності розщеплення АТФ, КФ, глікогену має перевагу перед ресинтезом, що веде до утворення надлишку АДФ, АМФ, креатину, неорганічного фосфору. Після роботи процеси ресинтезу значно активізуються: чим більше накопичується продуктів обміну під час фізичного навантаження, тим швидше відбуваються процеси ресинтезу, джерела енергії не тільки відновлюються, а й надвідновлюються (суперкомпенсація). Зі зростанням тренуваності організму швидкість відновних процесів зростає, в зв'язку з чим відновний період зменшується.

Важливою особливістю відновних процесів є їх гетерохронність, тобто відновлення різних показників метаболізму з різною швидкістю. Так,

спочатку зникає молочна кислота. Незначна її кількість окиснюється до CO_2 і H_2O , а більша частина надходить для синтезу глікогену у м'язи і печінку. Вміст молочної кислоти у крові швидше зменшується, якщо людина виконує малоінтенсивну м'язову роботу (активний відпочинок). Далі відбувається відновлення вмісту креатинфосфату внаслідок креатинкіназної реакції, потім — вміст глікогену у м'язах, у печінці, а далі відновлюється до вихідного рівня вміст білків м'язів, фосфоліпідів, нуклеїнових кислот і насамкінець — АТФ, оскільки вона витрачається на процеси відновлення всіх попередніх показників.

Хід роботи. Студентів розподіляють на чотири групи. Перша група визначає вміст глюкози у крові, друга — вміст глюкози у сечі, третя — вміст молочної кислоти у крові, четверта — основний резерв крові. Для дослідження цих показників вибирають двох студентів спортивної статури. Вони перебувають в стані спокою сидячи 5хв, після чого у них проводять забір крові для визначення глюкози, молочної кислоти і основного резерву, забирають сечу для визначення у ній глюкози.

У лабораторних умовах іспитовані виконують 3-хвилинне фізичне навантаження: біг на місці з високим підніманням стегон або обертання педалей велоергометра з дуже великою частотою. На стадіоні чи у спортивному залі іспитовані пробігають 800 м з максимальною швидкістю. Одразу після виконання роботи, а потім на десятій хвилині відновлення проводять забір крові і сечі для визначення досліджуваних показників. Одержані показники заносять до таблиці 11.3.

Таблиця 11.3

Метаболічні показники у процесі відновлення після фізичного навантаження

Показник	Стан спокою			Після фізичного навантаження						
	1	2	Середнє значення	1-ша хвилина			10-та хвилина			
				1	2	Середнє значення	1	2	Середнє значення	
Глюкоза крові, ммоль/л										
Глюкоза у сечі, ммоль/л										
Молочна кислота, ммоль /л										
Основний резерв крові, ммоль/л										

Порівнюючи дані, одержані у період відновлення і у стані спокою, роблять висновки про особливості біохімічних процесів після виконання фізичної роботи.

Контрольні питання:

1. Які біохімічні зміни відбуваються в організмі в організмі перед стартом?
2. Чим пояснити специфічний характер біохімічних реакцій перед стартом?
3. Як рівень метаболітів, що утворюються під час м'язової діяльності, впливає на швидкість відновлення?
4. За яких умов виникає суперкомпенсація?
5. Чому особливістю відновних процесів є гетерохронність метаболізму?
6. У якій послідовності відбувається відновлення біохімічних показників?
7. Які особливості відновного періоду у тренуваних і нетренуваних осіб?

Лабораторна робота №12

Біохімічні особливості тренуваного організму.

Вміст певних біохімічних субстратів, інтенсивність їхнього обміну, співвідношення у процесі фізичного навантаження і у відновний період можуть бути мірою визначення тренуваності організму. Так, у тренуваних м'язах зростає вміст білків, КФ, глікогену, фосфоліпідів тощо.

Для визначення тренуваності досить показовими є визначення інтенсивності біохімічних реакцій в процесі виконання стандартного і граничного фізичних навантажень і після виконання їх, у період відпочинку. Біохімічні показники тренуваності під час виконання стандартних фізичних навантажень виявляються в економніших витратах енергії. Підвищення економічності біохімічних процесів не спостерігається у нетренуваних осіб, у них відмічається також вищий рівень глюкози і молочної кислоти у крові.

Граничні фізичні навантаження характеризуються повнішою мобілізацією енергетичного потенціалу, що дає можливість тренуваній особі виконувати роботу більшої потужності і тривалості. У тренуваних осіб краще мобілізується глюкоза, що відповідає потребам м'язової діяльності. У нетренуваних осіб спостерігається або значне підвищення, або зниження глюкози проти оптимального рівня. Тренуваному організму під час роботи властиве попереднє залучення ліпідів та їхніх метаболітів як джерел енергії, що дає змогу заощаджувати вуглеводи організму і тим самим запобігати розвитку стомлення.

Ознакою тренуваності є також порівняно високий вміст креатиніну у сечі, який значно збільшується під час напруженої м'язової діяльності. Тренуваному організму властива також підвищена мобілізація буферних систем крові, що запобігає різким зрушенням рН крові та інших показників кислотно-основної рівноваги.

Показником адекватності фізичних навантажень, що використовуються, функціональним можливостям спортсменів є вміст сечовини у крові. Вранці у стані спокою він становить 4-6 ммоль • л⁻¹ (в сечі до 30 г на добу). Під впливом фізичних навантажень вміст сечовини може значно підвищуватися (від 10 до 100% вихідного рівня). Якщо навантаження було адекватним функціональним можливостям спортсмена, то до ранку наступного дня вміст сечовини у крові

повинен нормалізуватися повністю (6—7 ммоль/л у чоловіків, 4—5 ммоль/л — у жінок). Зменшення чи збільшення рівня сечовини відносно норми свідчить про недостатнє відновлення організму внаслідок використання великого об'єму тренувальних навантажень.

Інформативним показником тренуваності організму є також вміст молочної кислоти під час роботи і у відновний період. Швидкість видалення молочної кислоти з крові свідчить не тільки про рівень тренуваності, а й про ступінь готовності спортсмена до наступного фізичного навантаження. Рівень молочної кислоти використовується і як показник зворотного зв'язку для досконалішого управління фізичними навантаженнями у процесі кожного тренувального заняття.

Дослід 1. Біохімічні показники тренуваності під час виконання стандартного фізичного навантаження.

Хід роботи. Групу студентів розподіляють на 5 підгруп. Кожна підгрупа досліджує один параметр. Вибирають двох іспитованих студентів: один — добре тренований, другий — малотренований або нетренований. П'ять хвилин іспитовані перебувають у стані спокою у положенні сидячи, потім у них заміряють ЧСС за 1 хв і проводять забір крові. Далі протягом 5 хв виконують стандартне навантаження: біг на місці або обертання педалей велоергометра, або біг на стадіоні протягом 5 хв. Частота кроків або обертів педалей має відповідати такому споживанню кисню, що становить 75% максимального. При цьому ЧСС має становити для чоловіків 161, а жінок — 167 уд • хв.⁻¹.

Після виконання навантаження в іспитованих проводять забір крові для визначення у ній вмісту глюкози, молочної кислоти, основного резерву, сечовини в крові (сечі), креатиніну в сечі, заміряють ЧСС. Одержані дані заносять до таблицю 12.1.

Таблиця 12.1

Показники тренуваності під час виконання стандартного фізичного навантаження

Показник	Тренована особа		Нетренована особа	
	Стан спокою	Стандартне навантаження	Стан спокою	Стандартне навантаження
Глюкоза крові, ммоль/л				
Молочна кислота, ммоль/л				
Сечовина крові (сечі), ммоль/л				
Основний резерв крові, ммоль/л				
Креатинін сечі, г/добу				
ЧСС уд /хв				

Зробити висновок про рівень тренуваності, порівнюючи одержані біохімічні показники у тренуваних і нетренуваних осіб.

Дослід 2. Біохімічні показники тренованості підчас виконання граничного фізичного навантаження

Хід роботи. Групу студентів розподіляють на 5 підгруп. В іспитованих, які перебувають в стані спокою у положенні сидячи, визначають такі показники: у крові — рівень глюкози, молочної кислоти, основний резерв; в сечі або крові — рівень сечовини; у сечі — рівень креатиніну; ЧСС. Потім іспитовані виконують граничне фізичне навантаження: біг на місці протягом 5 хв із високим підніманням стегон або обертанням педалей велоергометра впродовж 5 хв. Частоту кроків або обертів педалей слід підбирати так, щоб іспитовані виконували цю роботу на межі своїх можливостей.

Після навантаження в учасників проводять забір крові й сечі для визначення необхідних біохімічних показників, а також заміряють ЧСС. Результати заносять до таблиці за формою, наведеною у попередній досліді. Зробити висновок про ступінь тренованості іспитованих за результатами виконання граничного навантаження.

Контрольні питання:

1. Які біохімічні зміни відбуваються у м'язах тренованої людини ?
2. В чому полягає подібність і відмінність в біохімічних процесах граничного і стандартного навантаження?
3. Які речовини Як впливає стандартне фізичне навантаження на біохімічні показники у тренованих і нетренованих осіб ?
3. в чому полягає інтенсивність фізичного навантаження і як воно впливає на біохімічні показники організму?
4. Як впливає граничне фізичне навантаження на біохімічні показники у тренованих і нетренованих осіб?
5. Під час стандартного чи граничного фізичного навантаження виявляється феномен економізації біохімічних процесів?
6. Які біохімічні показники визначаються під час стандартного чи граничного фізичного навантаження?
7. Які біохімічні показники свідчать про тренованість організму ?

ГАРАНТОВАНИЙ РІВЕНЬ ЗНАНЬ З КУРСУ «ФІЗІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

1. Історія розвитку досліджень з дисципліни і методи їх проведення
2. Рухова активність її значення для збільшення функціональних резервів організму
3. Морфо-функціональні особливості м'язової тканини
4. Фізіологічна характеристика рухових одиниць м'язів
5. Нервово-м'язовий синапс.
6. Послідовність механічно-хімічних процесів, які протікають в м'язах при їх скороченні.
7. Схеми ковзання міофіламентів міофібрил.
8. Роль тропонін-тропомиозинової системи в механізмі скорочення міофібрил.
9. Основні речовини для м'язового скорочення.
10. Фази м'язового скорочення.
11. Біохімічні процеси в м'язах під час тренувань і при стомленні.
12. АТФ — єдине пряме джерело енергії для м'язового скорочення.
13. Ресинтез АТФ в м'язах.
14. Поняття ємності і потужності енергетичних систем. Характеристика анаеробних енергосистем. Киснева енергетична система.
15. Різновидності робочої гіпертрофії м'язів.
16. Морфофункціональні зміни в атрофованих м'язах.
17. Фізіологічні механізми впливу різного рівня рухової активності на здоров'я людини.
18. Вісцеро-моторні та моторно-вісцеральні рефлекси.
19. Наслідки гіподинамії.
20. Характеристика основних форм м'язових скорочень.
21. Поняття долаючих, підтримуючих і уступаючих зусиль.
22. Характеристика режиму поодиноких скорочень.
23. Суперпозиція.
24. Тонічне напруження м'язів.
25. Міотонометрія.
26. Тетанічне напруження м'язів. Контрактура.
27. Фізіологічні механізми внутрішньом'язової і міжм'язової координації функцій опорно-рухового апарата. Регуляція числа активних рухових одиниць.
28. Регуляція режиму роботи (активності) рухових одиниць в часі.
29. Механізми міжм'язової координації.
30. Характеристика електроміограми.
31. Робота м'язів та її механічна ефективність
32. Залежність коефіцієнта корисної дії від величини навантаження і швидкості скорочення м'язів.
33. Фізіологічні особливості динамічної і статичної роботи м'язів. Натуження
34. Інтегруючі системи метаболізму. Поняття асиміляції і дисиміляції, анаболізму і катаболізму.
35. Обмін білків. Склад, властивості і значення білків.

36. Азотистий баланс, азотиста рівновага.
37. Білковий мінімум. Біологічна цінність білків.
38. Розпад білка в організмі. Коефіцієнт зношення.
39. Потреби організму в білках.
40. Регуляція обміну білків.
41. Обмін вуглеводів. Склад, властивості і значення вуглеводів в енергозабезпеченні м'язової діяльності.
42. Резерви вуглеводів в організмі.
43. Поняття гіпер- і гіпоглікемії, глюкозурії.
44. Зміни вмісту глюкози в крові людини при виконанні тривалої інтенсивної роботи. Добова потреба організму у вуглеводах.
45. Регуляція вуглеводного обміну.
46. Обмін ліпідів. Склад, властивості і функції ліпідів.
47. Значення легень в обміні жирів.
48. Роль ненасичених жирних кислот в обміні речовин.
49. Можливості заміни в організмі вуглеводів жирами і жирів вуглеводами.
50. Добова норма організму людини в жирах.
51. Регуляція жирового обміну.
52. Обмін води і мінеральних солей. Фізіологічне значення обміну води і солей.
53. Обмін води. Поняття вільної, гідратаційної і структурної води.
54. Водний баланс. Добова потреба у воді.
55. Обмін мінеральних речовин. Макро- і мікроелементи. їх фізіологічна роль і добова норма.
56. Регуляція водно-сольового обміну.
57. Вітаміни, їх роль в обміні речовин. Поняття гіпо- і гіпервітамінозу, авітамінозу.
58. Водорозчинні вітаміни.
59. Жиророзчинні вітаміни.
60. Обмін енергії. Методи дослідження обміну енергії.
61. Калоричний еквівалент кисню. Рівні енергетичного обміну.
62. Поняття основного і робочого обміну.
63. Енерговартість різних видів діяльності.
64. Анатомо-фізіологічна характеристика серця.
65. Серцевий цикл.
66. Фізіологічні властивості серцевого м'яза.
67. Прямі і непрямі показники роботи серця.
68. Зовнішні прояви серцевих скорочень.
69. Морфо-функціональна характеристика кровоносних судин. Залежність кількості функціонуючих капілярів у м'язах від їх функціональної активності.
70. Основні принципи гемодинаміки. Об'ємна і лінійна швидкість течії крові. Тривалість часу кругообігу крові. Швидкість руху крові на різних ділянках кровоносної системи.
71. Тиск крові у судинах. Артеріальний тиск — систолічний, діастолічний, пульсовий, середній. Чинники, що впливають на кров'яний тиск. Зміни артеріального тиску крові у спортсменів в умовах виконання фізичних

навантажень.

72. Кровообіг і обмін речовин в капілярах. Транскапілярний обмін і механізми його забезпечення.

73. Рух крові в венах. Чинники, що забезпечують рух крові у венах. Венозний пульс. Ортостатичні реакції.

74. Нейрогуморальні механізми регуляції роботи серця. Механізми гетеро- і гомеометричної ауторегуляції серцевих скорочень. Вплив симпатичних і парасимпатичних нервів на роботу серця. Значення пропріорецепторів, баро- і хеморецепторів судинних рефлексогенних зон у рефлексорній регуляції роботи серця.

75. Регуляція функціонального стану кровоносних судин і хімічна ауторегуляція судинного тону. Судиноруховий центр, його відділи. Роль нирок у регуляції судинного тону.

76. Лімфообіг. Імунологічна і бар'єрна функція лімфатичних вузлів. Склад і властивості лімфи. Лімфоутворення. Рух лімфи в лімфатичних судинах

77. Показники функціонального стану системи кровообігу людини в стані спокою. Фізіологічна природа зниження ЧСС у фізично підготовлених осіб. Особливості біоелектричної активності серця у спортсменів. Спортивна гіпотонія.

78. Показники функціонального стану серцево-судинної системи людини в умовах виконання дозованих навантажень. Типи реакцій ЧСС і артеріального тиску на дозоване навантаження.

79. Зміни функціонального стану системи кровообігу при виконанні максимальних фізичних навантажень. Особливості перерозподілу кровообігу в стані спокою і при виконанні максимальних фізичних навантажень. Функціональні ефекти адаптації системи кровообігу до фізичних навантажень.

80. Особливості реакції серцево-судинної системи на фізичні навантаження статичного характеру. Фізіологічна природа феномену статичних напружень.

81. Особливості системи кровообігу у дітей і підлітків. Нормативні величини ЧСС і артеріального тиску у дітей і підлітків. Прогнозування змін величини артеріального тиску з віком.

82. Температура тіла, значення в житті людини

83. Фізіологічні механізми підтримки температурного гомеостазу, (теплоутворення, тепловіддача, потовиділення)

84. Фізіологічні механізми терморегуляції

85. Енергетична характеристика фізичних вправ

86. Норми енергетичних витрат.

87. Загартування

88. Поняття про дихання, його значення в підтриманні життєдіяльності організму.

89. Морфо-функціональні особливості дихальної системи. Функції міжплевральної щілини і верхніх дихальних шляхів. Шкідливість куріння та вдихання забрудненого повітря.

90. Недихальні функції дихальної системи. Біологічна роль вуглекислого газу в організмі людини. Управління диханням.

91. Зовнішнє дихання. Механізм актів вдиху і видиху. Пневмографія. Основні критерії ефективності зовнішнього дихання юних спортсменів при виконанні циклічної роботи.
92. Зміни альвеолярного і плеврального тисків в різні фази дихального циклу. Пневмоторакс.
93. Обсяги легеневого повітря. Повітря «мертвого» і функціонально «шкідливого» просторів.
94. Робота дихання, її кількісна оцінка і киснева вартість. Необхідність врахування величини ЖЄЛ обстежуваного при визначенні енерговартості роботи дихання.
95. Легенева вентиляція і її ефективність. Альвеолярна вентиляція. Коефіцієнт використання кисню, коефіцієнт вентиляції легень та вентиляційно-перфузійний коефіцієнт.
96. Газообмін між альвеолярним повітрям і кров'ю капілярів легень. Поняття парціального тиску, парціальної напруги, альвеолярно-венозного та альвеолярно-артеріального градієнтів для даного газу. Дифузійна спроможність легень.
97. Транспортування дихальних газів кров'ю. Крива дисоціації оксигемоглобіну. Чинники, що впливають на насичення крові киснем.
98. Газообмін між кров'ю капілярів і тканинами. Коефіцієнт використання кисню. Типи тканинної гіпоксії.
99. Основні фізіологічні показники дихання у спортсменів і ненаренованих осіб в стані спокою та при виконанні максимальних фізичних навантажень.
100. Чинники, що лімітують працездатність системи дихання.
101. Максимальне споживання кисню (МСК) як показник досконалості механізмів аеробного енергозабезпечення і загальної фізичної працездатності спортсменів. Чинники, що лімітують досягнення високих величин МСК.
102. Анаеробне енергозабезпечення м'язової роботи. Кисневий борг як показник досконалості механізмів анаеробного енергозабезпечення м'язової діяльності.
103. Довільні режими зовнішнього дихання спортсменів. Методи підвищення потужності роботи дихальних м'язів.
104. Поняття довільного і мимовільного дихання.
105. Нервова регуляція дихання. Роль вищих відділів мозку в регуляції дихання.
106. Гуморальна регуляція дихання. Суть дослідів Фредеріка.
107. Фізіологічні механізми пристосування організму до нестачі кисню в умовах пониженого атмосферного тиску. Хронічні і гострі форми кисневого голодування. Чинники, що сприяють акліматизації.
108. Дія підвищеного атмосферного тиску на організм людини. Засоби попередження декомпресійного (кесонного) захворювання. Штучна вентиляція легень.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Біологічна хімія / Ю.І. Губський, І.В. Ніженковська, М.М. Корда та ін. ; за ред. Ю.І. Губського, І.В. Ніженковської. — К. : ВСВ “Медицина”, 2016. - 544 с.
2. Біохімія та основи біохімії рухової активності: навч. посіб. / Юрій Борецький, Марія Сибіль, Ірина Гложик, Володимир Ткач. - Львів: ЛДУФК ім. Івана Боберського, 2022. 292с.
3. Біохімія та основи біохімії рухової активності : навч. посіб. / Юрій Романович Борецький, Марія Григорівна Сибіль, Ірина Зіновіївна Гложик, Володимир Михайлович Трач. – Львів : ЛДУФК ім. І. Боберського, 2022. 290 с. : іл., табл/
4. Вовканич Л. С. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту. Фізіологія рухової активності : навч. посіб. основи для перепідготовки спеціалістів ОКР „бакалавр” / Л. С. Вовканич, Д. І. Бергтраум. – Львів : ЛДУФК, 2013. Ч. 2. 196 с.
5. Гонський Я.І., Максимчук Т.П. Біохімія людини: підручник. Вид. 3-тє, виправлене і доповнене. – Тернопіль: ТДМУ, Укрмедкнига, 2017. 732 с.
6. Губський Ю.І. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 кн.: підручник. Кн. 2.
7. Методичні рекомендації до лабораторних занять з фізіології людини і тварин. – Суми, СумДПУ, 2006 . 49с.
8. Механізми біохімічних реакцій: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Н. О. Сибірна, Я. П. Чайка, Н. І. Климишин [та ін.]. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2011. 320 с
9. Осипенко Г.А. Основи біохімії м'язової діяльності / Г.А.Осипенко. – К.: Олімпійська література, 2007. – 200 с.
10. Плахтій П., Кучерук О. Фізіологія людини. Нейрогуморальна регуляція функцій: Навчальний посібник. – Київ: ВД «Професіонал», 2007. – 336с.
11. Плахтій П.Д. Фізіологія людини. Обмін речовин і енергозабезпечення м'язової діяльності: Навчальний посібник. – Київ: ВД «Професіонал», 2006. – 464с.
12. Робочий зошит з фізіологічних основ фізичного виховання і спорту: методичні рекомендації/ уклад. Усова О. В., Захожий В. В. - Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т імені Лесі Українки, 2013. - 55с.
13. Чайченко Г.М., Цибенко В.О. Сокур В.Д. Фізіологія людини і тварин. – К.:Вища школа, 2003 – 436с.
14. Яновский І.І., Ужако П.В. Фізіологія людини і тварин. Практикум. – к.: Вища школа, 1991. – 175с.

