

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ,
ТРАНСПОРТУ ТА ПРИРОДНИЧИХ НАУК



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«БІОХІМІЯ У ФІЗИЧНІЙ ТЕРАПІЇ»
ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ПЕРШОГО (БАКАЛАВРСЬКОГО)
РІВНЯ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 227 – «ТЕРАПІЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЯ»
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ,
ЕРГОТЕРАПІЯ»

КРЕМЕНЧУК 2024

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Біохімія у фізичній терапії» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної форми навчання зі спеціальності 227 – «Терапія та реабілітація»

Укладач к. б. н., доц. О. І. Антонова

Рецензент к. т. н., доц. А. В. Пасенко

Кафедра здоров'я людини та фізичної культури

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № 2 від 17.10.2014

Голова методичної ради  проф. Вітор КОСТІН

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Перелік практичних робіт	6
Практична робота № 1 Скелетні, серцеві і гладенькі м'язи в організмі людини.....	6
Практична робота № 2 Молекулярні механізми скорочення м'язового волокна.....	9
Практична робота № 3 Внесок різних джерел енергії у процесі забезпечення роботи м'язів за різних видів фізичних навантажень.....	12
Практична робота № 4 Динаміка біохімічних процесів відновлення організму після інтенсивної м'язової роботи.....	15
Практична робота № 5 Послідовність відновлення енергетичних запасів організму після інтенсивної м'язової роботи.....	17
Практична робота № 6 Вплив вихідного рівня енергетичних субстратів у працюючих м'язах на розвиток втоми.....	20
2 Критерії оцінювання знань студентів	24
Список літератури	27

ВСТУП

Ці методичні розробки можуть бути використані здобувачами денної форми навчання в процесі практичної підготовки до занять під час вивчення навчального курсу «Біохімія у фізичній терапії».

Основними завданнями є ознайомити майбутніх фахівців освітньої програми «Фізична терапія, ерготерапія» з основами біохімії, хімічним складом організму людини, обміном речовин та енергії, з біохімією м'язів і м'язового скорочення та його енергозабезпеченням. Виконання завдань до кожної практичної роботи надає можливість студентові втілювати теоретичні знання в практичну діяльність. Слід зазначити, що розв'язання запропонованих завдань потребує відповідних знань здобувачів, уміння працювати з довідковою фаховою літературою.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен

знати:

- класифікацію, метаболізм і біологічну функцію основних хімічних речовин та їх місце у забезпеченні рухової активності;
- участь біохімічних процесів у забезпеченні функціонування систем організму, опорно-рухового апарату в нормі та за різних їх станів;

уміти:

- застосовувати знання стосовно різних впливів на обмін речовин та енергозабезпечення м'язової діяльності під час фізичних навантажень та відновлення організму після хвороб та травм;
- застосовувати фахові знання з біохімії м'язового скорочення в майбутній професійній діяльності.

Навчальна дисципліна має на меті сформувати й розвинути такі компетентності студентів, необхідні для подальшої професійної діяльності.

Загальні компетентності

ЗК 01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 11. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 12. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

Спеціальні (фахові) компетентності

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

ФК 03. Здатність трактувати патологічні процеси та порушення і застосовувати для їх корекції придатні засоби фізичної терапії, ерготерапії.

ФК 04. Здатність враховувати медичні, психолого-педагогічні, соціальні аспекти у практиці фізичної терапії, ерготерапії.

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

Програмні результати навчання:

ПРН 01. Демонструвати готовність до зміцнення та збереження особистого та громадського здоров'я шляхом використання рухової активності людини та проведення роз'яснювальної роботи серед пацієнтів/клієнтів, членів їх родин, медичних фахівців, а також покращенню довкілля громади.

ПРН 04. Застосовувати у професійній діяльності знання біологічних, медичних, педагогічних та психосоціальних аспектів фізичної терапії та ерготерапії.

ПРН 17. Оцінювати результати виконання програм фізичної терапії та ерготерапії, використовуючи відповідний інструментарій, та за потреби, модифікувати поточну діяльність.

ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практична робота № 1

Тема. Скелетні, серцеві і гладенькі м'язи в організмі людини

Мета роботи: вивчити типи м'язів, їх характеристику; будову м'язового волокна; хімічний склад м'язів. У результаті проведення практичної роботи здобувачі повинні:

- знати білки м'язів, їх функціональну роль;
- уміти розрізняти типи м'язів: поперечносмугасті і гладкі.

Короткі теоретичні відомості

На м'язи припадає 40–45 % маси тіла. Вони вивчаються науковцями протягом кількох століть. З початку ХХ століття м'язи почали досліджувати як біохімічний комплекс. Але й зараз, наприкінці ХХ століття, інтерес до них не зменшився. Окрім біохіміків, м'язи вивчають біофізики, фізіологи, а також спеціалісти зі спорту. Морфологічно м'язи у хребетних тварин поділяють на поперечносмугасті, або скелетні, та гладенькі. Поперечносмугасті м'язи скорочуються лише на 1/3 від вихідної величини, тоді як гладенькі м'язи, скорочуючись, можуть зменшувати свій поздовжній розмір навіть у декілька разів, наприклад, м'яз матки під час пологів. Відповідно гладенькі м'язи скорочуються повільніше – через декілька секунд, поперечносмугасті – через кілька мілісекунд. Під час скорочення скелетні м'язи можуть виконувати роботу, вкорочуючись при цьому на певну відстань. Таке скорочення називають ізотонічним. М'язи, які не можуть укорочуватись під час скорочення (не можуть виконувати фізичної роботи), розвивають тільки напруженість. Про такі м'язи говорять, що вони скорочуються за ізометричним принципом. Прикладом такого скорочення може бути зміна напруженості коротких міжхребцевих м'язів під час підняття вантажів. Для всіх видів скорочення м'язів характерним є виділення певної кількості теплової енергії, спричиненої структурними перебудовами в міоцитах. Функції і властивості м'язів зумовлені їх хімічною структурою. У м'язах розрізняють 3 види білків: білки саркоплазми, білки міофібрил і білки строми. У саркоплазмі м'язів містяться білки,

що розчиняються у воді або сольових розчинах. Донедавна в цих білках розрізняли міогенну, альбумінову, глобулінову та міоглобінову фракції. Але ці фракції не однорідні. Так, міогенна фракція включає в себе ніку ферментів гліколізу. Неоднорідними є й інші білки саркоплазми. Зокрема тут виявлено білки-ферменти, що знаходяться в мітохондріях і відповідають за тканинне дихання. Міоальбумін саркоплазми за хімічними властивостями нагадує альбумін плазми крові. Міоглобін м'язів – типовий хромопротеїн, що, як і гемоглобін, з'єднується з киснем і забезпечує процес дихання м'язів. Червоний колір м'язів зумовлений великим вмістом у них міоглобіну. Міоглобін має в 5 разів більшу спорідненість із киснем, ніж гемоглобін. Це сприяє забезпеченню значного резерву кисню в м'язовій тканині у разі його нестачі.

Білки міофібрил. До складу міофібрил входять такі білки: міозин (56–60 %), актин (20–25 %), тропоміозин (10–15 %) і тропоніновий комплекс (4–6 %). Білки строми в поперечносмугастих м'язах надані переважно колагеном, нейрокератином, еластином тощо. Ці білки входять до складу сполучнотканинних елементів стінок судин, нервів і сарколеми. Ліпіди. У м'язах знаходяться нейтральні жири, стериди, фосфоліпіди. Нейтральні жири входять у простір між структурами м'язових волокон і виконують функцію резервного жиру. Їх вміст дуже непостійний. Холестерин і фосфоліпіди є обов'язковими складовими компонентами всіх м'язів і входять до складу клітинних мембран. Вміст фосфоліпідів і холестерину в м'язах збільшується під час тренування. Екстрактивні речовини м'язів. Скелетні м'язи містять низку важливих екстрактивних речовин: нуклеотиди (АТФ, АДФ, АМФ, ТТФ, УТФ, ЦТФ, інозинмонофосфат), креатинфосфат, креатинін, карнозин, ансерин, карнітин тощо. Серед них креатин та креатинфосфат мають пряме відношення до скорочення м'язів. В їх синтезі беруть участь 3 амінокислоти: аргінін, гліцин, метіонін. Утворення їх починається в нирках, а завершується в печінці та м'язах. Карнозин і ансерин – це імідазольні дипептиди, які підвищують ефективність роботи іонних насосів м'язової тканини, сприяють збільшенню амплітуди м'язового скорочення, проявляють виражену антиоксидну дію. З амінокислот у м'язах найбільше глютамінової кислоти та

глутаміну. Безазотні екстрактивні речовини м'язів надані переважно вуглеводами та продуктами їх обміну. Найбільше в м'язах глікогену. У людини вміст глікогену в м'язах знаходиться в межах 0,4–0,8 %, але під впливом тренування він може збільшуватися до 1,5–3 %. Втоmlені м'язи містять незначну кількість глікогену. Під час роботи глікоген м'язів розпадається на глюкозу, тріозофосфорні ефіри та інші проміжні продукти гліколізу, у тому числі молочну кислоту. Мінеральні речовини. Загальний вміст мінеральних речовин у м'язах на сиру масу становить 1,0–1,5 %. Із катіонів у м'язах переважають K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , є також мідь, марганець, цинк; з аніонів – найбільше фосфатів та сульфатів. Завдяки іонам у м'язах підтримуються сталість рН і осмотична рівновага та здійснюється специфічний вплив на їх збудливість і скоротливість. Зниження концентрації солей у м'язах призводить до зменшення їх збудливості.

Завдання до теми

1. Схематично зобразити окреме м'язове волокно – ниткоподібне безклітинне утворення – симпласт.
2. Схематично зобразити скорочувальний «механізм» у середині симпласта – міофібрили.
3. Записати формулу комплексу міозину з молекулами АТФ і АДФ, який дозволяє «відбирати» енергію у АТФ.
4. Схематично зобразити структуру актоміозину.

Контрольні питання

1. Типи м'язів, їх характеристика.
2. Будова м'язового волокна.
3. Хімічний склад м'язів.
4. Білки м'язів, їх функціональна роль.
5. Який уміст води, білків, ліпідів, вуглеводів і мінеральних солей у м'язовій тканині?
6. Які макроергічні сполуки містяться у м'язовій тканині, указати їх концентрацію й локалізацію.
7. Пояснити структурну будову скорочувальних елементів м'язового волокна

– міофібрил.

Література: [1, с. 4–13].

Практична робота № 2

Тема. Молекулярні механізми скорочення м'язового волокна

Мета роботи: вивчити механізми скорочення й розслаблення м'язів. У результаті проведення практичної роботи студенти повинні:

- знати механізми скорочення скелетних і гладеньких м'язів;
- уміти скласти структурно-логічну схему хімічних реакцій під час м'язового скорочення й розслаблення.

Короткі теоретичні відомості

М'язове скорочення є складним механохімічним процесом, під час якого відбувається перетворення хімічної енергії гідролітичного розщеплення АТФ у механічну роботу, яку виконують м'язи. Цей процес відбувається в такому порядку.

1. Джерелом енергії, необхідної для м'язової роботи, є АТФ. Гідроліз АТФ, що супроводжується виділенням енергії, каталізується міозином, який має ферментативну активність.

2. Пусковим механізмом м'язового скорочення є підвищення концентрації йонів Ca^{2+} у саркоплазмі м'язових волокон, що викликає руховий нервовий імпульс.

3. Під час м'язового скорочення між товстими й тонкими нитками міофібрил виникають поперечні містки (спайки).

4. Під час м'язового скорочення відбувається ковзання тонких ниток уздовж товстих, що призводить до вкорочення міофібрил і всього м'язового волокна в цілому. У наш час молекулярний механізм м'язового скорочення пояснюють гіпотезою «веслового човна» Х. Хакслі. Скорочення м'яза ініціюється потенціалом дії, який поширюється від нейром'язового синапсу в обох напрямках уздовж м'язового волокна. Через систему трубочок нервовий сигнал передається на

цистерни саркоплазматичної сітки і спричиняє зміни проникності мембран для іонів Ca^{2+} і вихід їх у саркоплазму. У стані спокою концентрація Ca^{2+} у саркоплазмі становить менше як 10^{-7} моль/л. Унаслідок виходу іонів Ca^{2+} із цистерн концентрація їх у саркоплазмі швидко досягає 10^{-5} моль/л, тобто збільшується в сотні разів. Іони Ca^{2+} приєднуються до кальцій-зв'язувальної субодиниці тропоніну тонких філаментів, що зумовлює зміну конформації білка. Це водночас спричиняє переміщення молекули тропоміозину по жолобку тонкого філамента, унаслідок чого на молекулах глобулярного актину в складі F-актину відкриваються центри зв'язування з голівками міозину товстих ниток. Міозинові голівки зі зв'язаними в АТ-фазному центрі молекулами АТФ приєднуються до найближчих молекул G-актину тонких ниток. Утворюються поперечні містки. Унаслідок взаємодії актину й міозину АТ-фазний центр міозинових голівок активується, гідролізує АТФ до АДФ і Фн, які вивільняються з каталітичного центру. Це супроводжується зміною конформації міозину, згинанням голівки молекули в ділянці шарніру. Оскільки міозинова голівка зв'язана з молекулою актину, її рух протягує тонкий філамент уздовж міозинового. Зв'язування в АТ-фазному центрі голівки міозину нової молекули АТФ викликає розрив поперечних містків і відновлення вихідної конформації молекули міозину. Зв'язування голівки з наступною молекулою актину тонких ниток починає новий цикл. Амплітуда кожного такого переміщення становить близько 11 нм, а частота – приблизно 50 разів на секунду. Одночасна, але не синхронна робота великої кількості міозинових голівок зумовлює завдяки енергії гідролізу АТФ ковзання тонких і товстих ниток назустріч одні одним і як результат цього – скорочення м'язового волокна. Коли на волокно перестають надходити нервові імпульси, вихід Ca^{2+} із цистерн припиняється, а АТ-фаза мембран саркоплазматичної сітки, що функціонує як кальцієва помпа, переносить іони Ca^{2+} завдяки енергії АТФ (проти градієнта концентрації) із саркоплазми назад у цистерни. Вміст цієї Ca^{2+} , Mg^{2+} -АТ-фази в мембрані ретикулума становить 95 % усіх білків мембрани. Зі зниженням концентрації Ca^{2+} у саркоплазмі до 10^{-7} моль/л комплекс Ca^{2+} -тропонін дисоціює, тропоміозин зсувається по жолобку тонкого філамента на вихідне місце, блокуючи

центри зв'язування на молекулах актину голівок міозину. Усі поперечні містки розриваються, і волокно розслаблюється. Отже, АТФ необхідний і для скорочення м'язів, і для їх розслаблення. У разі недостачі АТФ містки між актином і міозином не розриваються і філаменти фіксуються в з'єднаному положенні (контрактура м'яза). Цим пояснюється трупне окоченіння після смерті.

Скорочення гладеньких м'язів. Клітини гладеньких м'язів (міоцити) містять тонкі актинові й товсті міозинові філаменти, але вони не утворюють упорядкованих міофібрил, як у поперечно-смугастій м'язовій тканині. Тонкі філаменти містять тропоміозин, але в них немає тропоніну. Для скорочення гладеньких м'язів необхідним є підвищення концентрації іонів Ca^{2+} у цитоплазмі міоцитів. Це досягається надходженням позаклітинного Ca^{2+} через потенціал-залежні Ca^{2+} -канали. З концентрацією 10^{-5} моль/л іони Ca^{2+} зв'язуються з білком кальмодуліном і їх комплекс активує фермент кіназу міозину. Остання каталізує реакцію фосфорилування легких ланцюгів міозину, після чого відбувається взаємодія голівок міозину з актиновими нитками, унаслідок цього скорочуються міоцити. Швидкість скорочення гладенької м'язової тканини в 100–1000 разів менша, ніж у поперечносмугастих м'язах, що зумовлено повільним включенням механізму взаємодії міозину з актином. Зі зниженням концентрації Ca^{2+} в міоцитах комплекс Ca^{2+} -кальмодулінкіназа дисоціює, а від міозину відщеплюються фосфорні залишки під дією фосфатази. Активність кінази міозину зменшується із включенням аденілатциклазної системи.

Завдання до теми

1. Надати визначення понять:

– I варіант: м'язи, саркоплазма, протофібрили, тонкі протофібрили, міозин, тропонін, скорочення м'язів, синапс.

– II варіант: м'язові волокна, сарколема, міофібрили, товсті нитки, актин, тропоміозин, мітохондрії.

2. Пояснити, як електричні імпульси нервової системи перетворюються на хімічні реакції.

3. Пояснити механізм та навести схему скорочення м'язового волокна.

Контрольні питання

1. Які хімічні реакції забезпечують м'язове скорочення?
2. Які хімічні перетворення відбуваються під час розслаблення м'язів?
3. Пояснити механізм «веслувального човна» як основну гіпотезу скорочення м'язів.
4. Як відбувається енергозабезпечення м'язового скорочення?
5. Які йони беруть участь у м'язовому скороченні:
 - а) Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- ;
 - б) Na^+ , K^+ , Cl^- ;
 - в) Na^+ , Mg^{2+} , P^{5+} ;
 - г) Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ?

Література: [2, с. 30–36].

Практична робота № 3

Тема. Внесок різних джерел енергії у процесі забезпечення роботи м'язів за різних видів фізичних навантажень

Мета роботи: ознайомитися з джерелами енергії в м'язах та вивчити шляхи ресинтезу АТФ під час виконання фізичних вправ різної потужності. У результаті проведення практичної роботи здобувачі повинні:

- знати характеристику джерел енергії для м'язової діяльності;
- уміти складати й записувати формули механізмів ресинтезу АТФ.

Короткі теоретичні відомості

Безпосереднім джерелом енергії для м'язової діяльності є АТФ. Хімічна енергія в процесі м'язового скорочення перетворюється в механічну роботу м'язів. Запаси АТФ у м'язах можуть забезпечити виконання інтенсивної роботи тільки за невеликий проміжок часу (0,5–1,5 с). Подальша робота виконується тому, що відбувається відновлення (ресинтез) АТФ.

Ресинтез АТФ здійснюється під час реакцій, які відбуваються без участі кисню (анаеробний механізм), або за участю вдихуваного кисню (аеробний механізм). Кожний із механізмів має свої метаболічні й біоенергетичні

особливості. Залежно від інтенсивності та тривалості виконання фізичних вправ застосовуються різні механізми ресинтезу АТФ.

До анаеробних шляхів ресинтезу АТФ можна віднести такі.

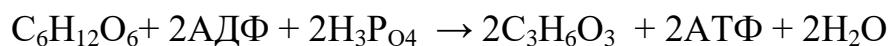
1. Креатинфосфокіназний механізм, який забезпечує ресинтез АТФ унаслідок перефосфорилування між креатинфосфатом з АДФ.

2. Гліколітичний механізм, який забезпечує ресинтез АТФ в процесі ферментативного анаеробного розщеплення глікогену м'язів, або глюкози крові, який закінчується утворенням молочної кислоти:



Глікоген

молочна кислота



Глюкоза

молочна кислота

3. Міокіназний механізм, під час якого здійснюється ресинтез унаслідок реакції перефосфорилування між двома молекулами АДФ за участю фермента міокінази.

Аеробний механізм ресинтезу АТФ містить реакції окиснювального фосфорилування, які відбуваються в мітохондріях.

4. Окиснення глюкози:



5. Окиснення ВЖК: $C_{15}H_{31}COOH + 23O_2 \rightarrow 16CO_2 + 16H_2O + 130ATP.$

Максимальні вправи можуть бути виконані протягом 30 с (джерела енергії – запаси креатинфосфата й АТФ), субмаксимальні – 5 хвилин (анаеробний гліколіз), великої потужності – 50 хвилин (гліколіз та аеробне окиснення), помірної потужності – 5 годин (аеробне окиснення). Критеріями оцінювання механізмів енергоутворення є максимальна потужність, швидкість розгортання, метаболічна ємність та ефективність. Максимальна потужність – це найбільша швидкість утворення АТФ у цьому метаболічному процесі. Вона лімітує граничну інтенсивність роботи, яка виконується завдяки цьому механізму. Швидкість розгортання оцінюється часом досягнення максимальної потужності цього шляху ресинтезу АТФ від початку роботи. Метаболічна ємність відображує загальну кількість АТФ, яка одержується

в цьому механізмі ресинтезу. Ємність лімітує об'єм виконаної роботи. Метаболічна ефективність – це та частина енергії, яка накопичується в макроергічних зв'язках АТФ. Вона визначає економічність виконаної роботи.

Завдання до теми

1. Виконання завдання «Моделювання процесів ресинтезу АТФ у м'язах». Зробити висновок про значення вивчених процесів за різних механізмів енергоутворення й заповнити таблицю. Провести порівняльний аналіз, який показує особливості механізмів енергоутворення під час виконання фізичних вправ різної потужності.

Критерії	Анаеробні механізми			Аеробний механізм
	КрФ	Міокіназний	Гліколітичний	Окисне фосфорилування
Потужність				
Ефективність				
КПД				
Ферменти				
Енергетичні субстрати				
Послідовність підключення під час виконання фізичних вправ (1, 2, 3, 4)				

Контрольні питання

1. Що розуміють під механізмами ресинтезу АТФ?
2. За якими критеріями оцінюють енергетичні можливості шляхів ресинтезу АТФ?
3. Як змінюється креатинфосфокіназний шлях ресинтезу АТФ під час

роботи?

4. Навести ключові ферменти гліколітичного шляху ресинтезу АТФ та його енергетичні можливості.

5. Назвати основні енергетичні субстрати, реакції та енергетичний вихід аеробного механізму ресинтеза АТФ.

6. Чому аеробний шлях ресинтезу АТФ має невелику швидкість розгортання?

7. Навести послідовність підключення різних механізмів енергозабезпечення під час виконання м'язової роботи.

Література: [3, с. 15–17].

Практична робота № 4

Тема. Динаміка біохімічних процесів відновлення організму після інтенсивної м'язової роботи

Мета роботи: вивчити поняття суперкомпенсації під час відновлення енергетичних ресурсів після виснажливої роботи. У результаті проведення практичної роботи здобувачі повинні:

- знати фази суперкомпенсації;
- уміти визначати тривалість фаз суперкомпенсації залежно від загальної тривалості виконання роботи і глибини біохімічних зсувів.

Короткі теоретичні відомості

У період відпочинку після роботи біохімічні зміни, що відбулися в м'язах і інших органах під час виконання вправи, поступово зникають. Найвираженіші зміни виявляються у сфері енергетичного обміну. Під час роботи в м'язах і інших тканинах знижується об'єм енергетичних субстратів (КрФ, глікогену, в разі тривалої роботи й ліпідів) і підвищується вміст продуктів внутрішньоклітинного метаболізму (АДФ, АМФ, H_3PO_4 , молочної кислоти, кетонових тіл). Накопичення продуктів «робочого» метаболізму і посилення гормональної активності стимулюють окисні процеси в тканинах у період відпочинку після роботи, що сприяє відновленню внутрішньо-м'язових запасів енергетичних речовин,

унормовує водно-електролітний баланс організму й забезпечує індуктивний синтез білків в органах, які піддавалися впливу навантаження. Процеси відновлення в період відпочинку після м'язової роботи протікають з різною швидкістю і завершуються в різний час. Це явище називається явищем гетерохроності. Швидше всього відновлюються резерви O_2 і КрФ у м'язах, що працювали, потім внутрішньо-м'язові запаси глікогену і глікогену печінки і насамкінець – резерви жирів і зруйновані під час роботи білкові структури. Інтенсивність протікання відновних процесів і терміни заповнення енергетичних запасів організму залежать від інтенсивності їх витрачання під час виконання вправи (правило Енгельгардта). Інтенсифікація процесів відновлення призводить до того, що в певний момент відпочинку після роботи запаси енергетичних речовин перевищують їх вихідний рівень. Це явище отримало назву суперкомпенсації, або надвідновлення. Уперше така закономірність була встановлена в минулому столітті К. Вейгертом і названа законом суперкомпенсації, який формулюється так. Будь-яка біохімічна система, виведена зі стану динамічної рівноваги, повертається до нього, проходячи фазу надлишкового, переважального вихідний рівень відновлення хімічних і функціональних потенціалів. Суперкомпенсація у разі відновлення енергетичних ресурсів у період відпочинку після виснажливої роботи складається з: 1 – фаза виснаження; 2 – фаза відновлення; 3 – фаза надвідновлення; 4 – фаза втраченого стану. Це явище нетривале, після фази значного перевищення початкового рівня об'єм енергетичних речовин поступово повертається до норми. Чим більше витрата енергії під час роботи, тим швидше відбувається ресинтез енергетичних речовин і тим значніше перевищення початкового рівня у фазі суперкомпенсації. Однак, необхідно зазначити, що це правило застосовне лише в обмежених межах. Під час виснажливої, надмірної роботи, пов'язаної з дуже великою витратою енергії і накопиченням продуктів розпаду, швидкість відновних процесів може знизитися, а фаза суперкомпенсації буде досягнута в пізніші терміни і виражена в меншій мірі. Тривалість фази суперкомпенсації залежить від загальної тривалості виконання роботи і глибини біохімічних зсувів, що викликані нею в організмі. Після потужної короткочасної роботи ця фаза настає швидко і швидко

завершується. Наприклад, під час відновлення внутрішньо-м'язових запасів КрФ вона виявляється вже на 3–4-й хвилині відпочинку й завершується через 1,5–2 год після завершення вправи; відновлення АТФ відбувається ще швидше, оскільки здійснюється завдяки енергії аеробного метаболізму. Під час виконання тривалих вправ, коли має місце виражений ацидоз через посилення гліколізу в працюючих м'язах, суперкомпенсація КрФ настає тільки через 12 хв після закінчення вправи і продовжується протягом декількох годин. Причини явища суперкомпенсації пов'язані з підвищенням концентрації гормонів анаболічної дії в період відпочинку після роботи і індукцією ними синтезу білків-ферментів, що контролюють процеси відновлення енергетичних ресурсів у скелетних м'язах.

Завдання до теми

1. Охарактеризувати й записати у звіті фази суперкомпенсації.
2. Описати модель гетерохроності.
3. Охарактеризувати причини явища суперкомпенсації.
4. Розробити схему енергетичного забезпечення м'язів під час тривалої роботи.

Контрольні питання

1. Біохімічні показники під час роботи у зоні субмаксимальної потужності.
2. Біохімічні показники в зоні великої потужності.
3. Біохімічні показники в зоні помірної потужності.

Література: [4, с. 45–47].

Практична робота № 5

Тема. Послідовність відновлення енергетичних запасів організму після інтенсивної м'язової роботи

Мета роботи: вивчити поточне відновлення, термінове, віддалене й довготривале.

У результаті проведення практичної роботи здобувачі повинні:

– знати послідовність відновлення за особливостями фізіологічних чи біохімічних процесів;

– уміти пояснити зв'язок між енергетичним запитом роботи і можливостями поточного відновлення.

Короткі теоретичні відомості

Біохімічні зміни в організмі людини, викликані виконанням вибраної вправи, не обмежуються тільки часом роботи, а розповсюджуються також на значний період часу відпочинку після завершення роботи. Такі біохімічні наслідки вправи звичайно називаються «відновленням». У цей період здійснюється перехід метаболізму від катаболічних процесів, що відбуваються в працюючих м'язах під час вправи, до процесів анаболічної спрямованості, що сприяють відновленню зруйнованих під час роботи клітинних структур, заповненню витрачених енергетичних ресурсів і відновленню порушеної ендокринної та водно-електролітної рівноваги організму. За особливостями фізіологічних чи біохімічних процесів виділяють: поточне відновлення, термінове, віддалене і довготривале. Поточне відновлення – це відновлення, яке має місце під час роботи. Воно полягає у частковому відновленні використаних енергетичних запасів у найактивніше працюючих органах, переважно у наслідок перерозподілу речовин в організмі: підтримці гомеостазу завдяки усуненню надлишків продуктів розпаду з працюючих органів, збереженню постійності активної реакції внутрішнього середовища організму, установленню стаціонарних станів у споживанні та витраті різних метаболітів, у тому числі й кисню. Під час поточного відновлення доробочі фізіологічні й біохімічні співвідношення в організмі не досягаються, однак забезпечується можливість продовжувати роботу без різких зсувів у внутрішньому середовищі організму. Спрямування поточного відновлення визначається, в основному потужністю виконуваного фізичного навантаження. У найбільшій мірі компенсація енергетичних запасів у працюючих скелетних м'язах, міокарді, головному мозку, підтримка гуморальної рівноваги може відбуватися під час фізичних навантажень помірної потужності, одночасно забезпечується підтримка цієї потужності на постійному рівні. Чим інтенсивніше навантаження, тим більша невідповідність виникає між енергетичним запитом роботи і можливостями поточного відновлення, і тим швидше настає стан втоми. Фаза термінового

відновлення охоплює перші 30 хв після закінчення вправи і пов'язана з відновленням внутрішньом'язових ресурсів АТФ і креатинфосфату, а також з поверненням алактатного компонента кисневого боргу. Після закінчення роботи має місце надлишкове, порівняно зі станом спокою, споживання кисню, яке називається «кисневим боргом». Після помірних навантажень відбувається швидке зниження споживання кисню. Уже через декілька хвилин воно повертається до робочого рівня. Після інтенсивної роботи споживання кисню спочатку знижується так само швидко, як після помірної роботи, а потім темпи його сповільнюються, і впродовж двох годин і більше споживання кисню залишається підвищеним. Навіть коли встановлюється постійний рівень споживання, він може бути дещо вищим, ніж до роботи, що пов'язано з необхідністю енергетичного забезпечення анаболічних реакцій. Отже, зниження рівня споживання кисню проходить через дві фази: швидко з половинним часом (час, за який швидкість його знижується на половину) біля 30 с, і повільну – з половинним часом 20–30 хв. Ці фази називають швидким («алактатним») та повільним («лактатним») компонентами «кисневого боргу». У фазі віддаленого відновлення, що продовжується від 0,5 до 6–12 год після закінчення вправи, відбувається відновлення витрачених вуглеводних і жирових резервів, повернення до початкового стану водно-електролітної рівноваги організму. У фазі довготривалого відновлення, яке може продовжуватися до 2–3 днів, посилюються процеси протеїносинтезу і відбуваються формування й закріплення в організмі адаптаційних зсувів, викликаних виконанням вправи. Кожна фаза відновлення має свої особливості в динаміці виниклих метаболічних процесів.

Завдання до теми

1. Описати кожен фазу відновлення стосовно особливостей у динаміці виниклих метаболічних процесів.
2. Описати фази зниження рівня споживання кисню.

.Контрольні питання

1. Навести приклади використання регіональної роботи під час фізичної терапії спортсменів.

2. Значення локальної роботи в ерготерапії.
3. Як здійснюється регуляція метаболічних шляхів?
4. Поясніть зв'язок катаболізму й анаболізму.
5. Розкрийте основні стадії дихального ланцюга.

Література: [4, с. 51–60].

Практична робота № 6

Тема. Вплив вихідного рівня енергетичних субстратів у працюючих м'язах на розвиток втоми

Мета роботи: вивчити вплив вихідного рівня енергетичних субстратів у працюючих м'язах на розвиток втоми.

У результаті проведення практичної роботи здобувачі повинні:

- знати механізми втоми;
- уміти розрізняти поняття «втома» і «втомленість».

Короткі теоретичні відомості

Втома - це тимчасове зниження працездатності, що виникає під час виконання вправи і сигналізує про наближення несприятливих біохімічних і функціональних зрушень в організмі, що призводить до відмовлення від продовження роботи або значному зниженню її потужності. Іншими словами, це стан організму, який виникає внаслідок тривалої й напруженої діяльності й характеризується зниженням працездатності. Втому не слід плутати з втомленістю. Втома об'єктивна і проявляється саме у зниженні працездатності. Втомленість суб'єктивна. Відчуття втомленості може не супроводжуватись зниженням працездатності. І, навпаки, у разі втоми, що супроводжується зниженням працездатності, може бути відсутнє почуття втомленості. Так, у стані високого емоційного підйому, і людина і тварина здатні проявляти високу працездатність, зовсім недосягну за звичайних умов. Втома – це і наслідок змін, викликаних інтенсивною або тривалою активністю, і захисна реакція, яка запобігає розвитку в організмі надмірних, небезпечних, або навіть несумісних з життям змін. Залежно

від виду роботи механізми втоми суттєво відрізняються. Виділяють розумову, втому, яка виникає під час тривалої розумової роботи (гра в шахи та ін.); сенсорну – втому органів чуття, яка виникає під час стрільби, швидкісного гірськолижного спуску, слалому та ін.; емоційну, що виникає під час роботи з високим емоційним підйомом (спортивні ігри); фізичну, що настає під час тривалої напруженої фізичної діяльності. Залежно від кількості м'язів, охоплених фізичною втомою, вона може мати локальне (не більш 1/3 усіх м'язів), регіональне (від 1/3 до 2/3) і глобальне, або загальне (більш 2/3 усіх м'язів), спрямування. Локальна (місцева) втома настає в основному після швидкісної роботи максимальної інтенсивності, супроводжується порушенням біохімічного стану працюючих м'язів, зниженням надходження до них ацетилхоліну і може бути переборена вольовим зусиллям людини. У разі регіональної та глобальної втоми в організмі порушуються функції органів дихання, кровообігу, накопичується велика кількість проміжних продуктів обміну речовин, що значною мірою знижує працездатність людини, а в деяких випадках порушує координацію її рухів. Переважна більшість видів спорту є м'язовою діяльністю глобального спрямування. Розвиток втоми, що виникає під час виконання роботи, залежить від багатьох внутрішніх і зовнішніх чинників. У комплексі причин, що сприяють розвитку втоми, функції ведучої ланки може виконувати будь-який орган або функція, можливості яких у певний момент роботи стають неадекватними вимогам навантаження, що виконується. Провідне значення у розвитку втоми мають зміни у відділах центральної нервової системи, які ведуть до виникнення в них захисного охоронного гальмування. Причини цих змін дуже різноманітні й зосереджені як у самих нервових центрах, так і на периферії. Вони пов'язані, по-перше, з діяльністю нервових центрів з формування рухових імпульсів; по-друге, з переробкою нервовими центрами імпульсів, що надходять з периферії, переважно з пропріорецепторів, інформуючи ЦНС про форми руху, їх інтенсивність, та хеморецепторів, які інформують про хімічні зміни у працюючих м'язах, крові, інших органах і тканинах; по-третє, з діяльністю нервових центрів із забезпечення напруженої роботи органів і тканин, що обслуговують м'язову діяльність (серцево-судинної і дихальної). Напружена

діяльність нервових центрів призводить до порушення у них обмінних процесів і, насамперед, викликає неузгодженість процесів розпаду і ресинтезу АТФ, що приводить до зниження співвідношення АТФ/АДФ і вмісту креатинфосфату. У нервових клітинах і порушується синтез ацетилхоліну в синансах, унаслідок чого порушується формування рухових імпульсів і передавання їх до працюючих м'язів центральною нервовою системою. Сповільнюється швидкість перетворення електричного сигналу в хімічний у синаптичній щілині, розвивається захисне охоронне гальмування, пов'язане зі змінами вмісту ГАМК (γ-аміномасляна кислота). Якщо цей процес відбувається у невеликій ділянці кори головного мозку, то настає локальна втома (почуття втоми руки, окремої групи м'язів). У разі поширення процесу виникає почуття загальної втоми. Виникнення охоронного гальмування пояснюють дві гіпотези. Перша базується на факті зниження збудливості центральної нервової системи зі зниженням рівня АТФ. Згідно з цією гіпотезою, збільшення співвідношення АДФ/АТФ веде до зниження специфічної функціональної активності нервової клітини і переключення потоку енергії на пластичні процеси. Згідно з іншою гіпотезою, підґрунтям розвитку охоронного гальмування є підвищення рівня ГАМК у нервових структурах. ГАМК є нормальним метаболітом нервової тканини. Проте напрям зміни вмісту цього метаболіту залежить від інтенсивності і тривалості роботи. ГАМК генерується способом декарбоксілювання глютамінової кислоти, далі, дезамінуючись через стадію янтарної кислоти, окислюється у циклі трикарбонових кислот. У фазі м'язової діяльності, що передує розвитку охоронного гальмування, генерування ГАМК посилюється, а ліквідація знижується. Проте підвищення рівня ГАМК не є первинним ефектом, а наслідком зниження активності сукцинатдегідрогенази і, відповідно, окиснення янтарної кислоти. Отже, речовина, що викликає гальмівний ефект, накопичується унаслідок порушення нормального протікання окисних процесів. Функція ГАМК пов'язана зі зміною проникності клітинних мембран (для іонів K^+), що зумовлює зміну амплітуди і полярності дендритних потенціалів, блокує аксо-дендритні синапси нейронів кори, вступаючи у конкурентні стосунки з медіатором нервового збудження – ацетилхоліном. Отже, залежно від конкретних

умов м'язової діяльності та індивідуальних особливостей організму, першопричиною втоми можуть бути: зміна нервової й гормональної регуляції, зниження енергетичних ресурсів і активність основних ферментів у працюючих м'язах, накопичення кінцевих продуктів обміну; порушення цілісності функціонувальних структур через недостатність їх пластичного забезпечення. Незважаючи на певні спільні риси, втома, викликана роботою різної інтенсивності та різної тривалості, має і свої особливі риси.

Завдання до теми

1. Охарактеризувати розумову, сенсорну, емоційну, фізичну види втом.
2. Визначити чинники виникнення втоми.
3. Визначити кількість м'язів, охоплених фізичною втомою у разі локального, регіонального і глобального, або загального, спрямування.

Контрольні питання

1. Біохімічні чинники виникнення втоми під час виконання короткочасних вправ максимальної і субмаксимальної потужності.
2. Біохімічні чинники виникнення втоми під час виконання тривалих вправ великої і помірної потужності.
3. Порушення біохімічного стану працюючих м'язів за локальної (місцевої) втоми.
4. Порушення функцій у разі регіональної і глобальної втоми.

Література: [5, с. 61–68].

2 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

**Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами
і критерії оцінювання**

Сума балів за 100-бальною шкалою	Оцінка в ЕКТС	Значення оцінки ЕКТС	Критерії оцінювання	Рівень компетентості	Оцінка за національною шкалою	
					іспит	Диференційований залік
90–100	A	відмінно	Студент виявляє особливі творчі здібності, уміє самостійно здобувати знання, без допомоги викладача знаходить та опрацьовує необхідну інформацію, уміє використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді, самостійно розкриває власні обдарування і нахили	Високий (творчий)	відмінно	зараховано
82–89	B	дуже добре	Студент вільно володіє вивченим обсягом матеріалу, застосовує його на практиці, вільно розв'язує вправи і задачі у стандартних ситуаціях, самостійно виправляє допущені помилки, кількість яких незначна	Достатній (конструктивно-варіативний)	добре	

74–81	C	добре	Студент уміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; у цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати аргументи для підтвердження думок			
64–73	D	задовільно	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень; за допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих	Середній (репродуктивний)	задовільно	
60–63	E	достатньо	Студент володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні			
35-59	FX	незадовільно з	Студент володіє матеріалом на	Низький (рецептивно-	незадовільно	не зараховано

		можливістю повторного складання семестрового контролю	рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу	продуктивний)		
--	--	---	--	---------------	--	--

Вид контролю	Максимальний бал
Відвідування практичних занять	5
Контрольні тести	5 (детальний розподіл балів здійснюється в робочій навчальній програмі)
Захист практичного заняття	20 (детальний розподіл балів здійснюється в робочій навчальній програмі)
Усього	30

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Біохімія людини: підручник / за ред. Я. І. Гонського, Т. П. Максимчука. 3-тє вид., випр. і допов. Тернопіль: ТДМУ, 2017. 732 с.
2. Біологічна хімія. Лабораторний практикум / М. М. Корда та ін. 3-тє вид., випр. і допов. Тернопіль: ТДМУ, 2015. 216 с.
3. Копильчук Г. П., Волощук О. М., Марченко М. М. Біохімія: навч. посібник для біолог. спец. вищ. навч. закл. Чернівці: Рута, 2004. 224 с.
4. Осипенко Г. А. Основи біохімії м'язової діяльності: навч. посібник. Київ: Олімпійська література, 2007. 199 с.
5. Olena Antonova , Alyona Pasenko, Olena Nykyforova, Kateryna Prus, Oksana Sakun. The development of the express method for the assessment of the ecological condition of fresh water by physiological indicators of a biotest object. «International Conference on MODERN ELECTRICAL AND ENERGY SYSTEMS» Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ukraine, September 21-24, 2021, P. 1-6. Scopus
6. Трач В. М., Сибіль М. Г., Гложик І. З., Башкін І. М. Практикум з біохімії: навчальний посібник. Львів: ЛДУФК, 2014. 238 с.

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Біохімія у фізичній терапії» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної форми навчання зі спеціальності 227 – «Терапія та реабілітація»

Укладач к. б. н., доц. О. І. Антонова

Відповідальний за випуск к. фіз. вих., доц. кафедри ЗЛФК Т. І. Лошицька

Підп. до др. 31.10.24. Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.
Ум. друк. арк. 114. Наклад 2 прим. Зам. № 22 066. Безкоштовно.

Редакційно-видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Університетська, 20, м. Кременчук, 39600