

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет біології, географії та екології
Кафедра біології людини та імунології**

**БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ ПІДЛІТКІВ
У ПЕРІОД ВТОМИ ПІД ЧАС М'ЯЗОВОЇ РОБОТИ**

Кваліфікаційна робота (проект)
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Виконала: здобувачка 2 курсу 217М групи

Спеціальності 091 Біологія

Освітньо-наукової програми Ботаніка

Франєвич Яна Євгенівна

Керівник: д.б.н., професор Зав'ялов В. П.

Рецензент: д.б.н., професор Чернозуб А.А.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

СР - саркоплазматичний ретикулум.

Pi - неорганічний фосфат.

PCr - фосфокреатин.

АТФ - аденозинтрифосфат.

АДФ - аденозиндифосфат.

АМФ - аденозинмонофосфат.

pH - водневий показник.

RPE - рейтинг сприйнятого навантаження.

iEMG - інтегрована електроміографія.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ.....	7
1.1 Значення показників біохімії крові.....	7
1.2 Концептуальна основа.....	13
1.3 Фактори, що пояснюють відмінності.....	15
РОЗДІЛ 2. ВІДНОВЛЕННЯ М'ЯЗОВОЇ ВТОМИ.....	19
2.1 Ресинтез фосфокреатину.....	19
2.2 Втома та сприйняття навантаження у підлітків.....	23
РОЗДІЛ 3.БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ.....
У ДОСЛІДЖУВАНІЙ ГРУПІ.....	30
3.1 Організація та методи дослідження.....	30
ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

ВСТУП

Актуальність дослідження. З кожним роком та кожним днем у суспільстві зростає інтерес до фізичних оздоровчих навантажень та спорту. Велика кількість людей звертаються до послуг спортивних залів та фітнес-центрів з метою покращення фізичного стану, зменшення ваги тіла та набору м'язової маси. Вирішення питання, щодо біохімічних змін крові в підлітковому віці у відповідь на фізичне навантаження, залишається відкритим, оскільки більшість досліджень спрямовані саме на професійних спортсменів або ж досить високоінтенсивні тренування.

Кров є одним з найважливіших об'єктів біохімічних досліджень, оскільки вона відображає всі метаболічні зміни в тканинних рідинах та лімфі організму. Зміна складу крові або рідкої її частини - плазми може свідчити про гомеостатичний стан внутрішнього середовища організму або про зміну його під час фізичної активності.

Збільшення фізичної активності супроводжується значними метаболічними та біохімічними змінами, які при високій інтенсивності можуть виснажити ресурси організму та призвести до перетренування або перевтоми.

Відомо, що при тривалій фізичній активності змінюється динаміка основних біохімічних показників крові. Наприклад, вміст глюкози в крові помітно знижується, якщо тривалість вправ перевищує 90 хвилин. Вміст лактату та вільних жирних кислот у крові зберігається на рівні спокою до тих пір, поки не буде досягнуте значне вичерпання вуглеводних ресурсів організму.

Біохімічні дослідження грають важливу роль у вивченні процесів адаптації організму до фізичних навантажень. Склад крові

є досить чутливим і відображає всі хімічні зміни, які відбуваються в тканинах організму людини. Показники крові дозволяють на ранніх етапах виявити перенапруження та відповідно коригувати тренування, а також покращити стан після втоми.

Підлітки краще, ніж дорослі, протистоять втомі протягом одного або кількох повторюваних комплексів вправ високої інтенсивності. Цей висновок було отримано шляхом останніх досліджень вимірювання профілів механічної сили або вихідної потужності під час тривалого ізометричного максимального скорочення або повторні виконання високоінтенсивних динамічних вправ. Здатність підлітків краще підтримувати працездатність під час повторних вправ високої інтенсивності можуть бути пов'язані з їхнім меншим рівнем втоми під час тренування та/або швидше відновлення після тренувань. Це можна пояснити особливостями м'язів підлітків, які кількісно та якісно відрізняються від дорослих.

Втома, як концепція, викликала багато дебатів протягом останнього століття, не в останню чергу щодо того, як фізіологи кількісно її визначають. Часто втома розглядається як «негативна» властивість нервово-м'язової системи. Однак, не будучи негативним наслідком активності, втома повинна розглядатися як захисне явище, яке запобігає метаболічній кризі та зберігає цілісність м'язового волокна. Іншими словами, втому слід розглядати як результат прояву одного або кількох «безвідмовних» механізмів в організмі, які вимагають стриманості, перш ніж настане пошкодження.

Об'єкт дослідження: підлітки віком 16-17 років, які відвідували фітнес-центр.

Предмет дослідження: сироватка крові для визначення концентрації неорганічних речовин в крові.

Метою роботи є визначити зміни біохімічних показників підлітків при фізичному навантаженні.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати наявну наукову літературу та ознайомитись з дослідженнями з приводу біохімічних змін крові підлітків.
2. Дати характеристику поняттям біохімічних показників крові та визначити їх значення.
3. Провести дослідження для визначення змін крові при фізичному навантаженні.
4. Визначити значення біохімічних показників крові.
5. Ознайомитись з концепцією втоми та сприйняттям навантаження у підлітків.

Наукова новизна результатів. Виявлені особливості концентрації основних неорганічних речовин (натрій, калій, кальцій, фосфор, хлор) сироватки крові підлітків в період втоми після м'язових навантажень.

Практичне значення отриманих результатів. Виявлені особливості концентрації натрію, калію, кальцію, фосфору, хлору сироватки крові в підлітків в період втоми після м'язової роботи, можемо використовувати, як основні діагностичні критерії втоми та етапу відновлення після втоми.

Апробація результатів роботи. Підготовлені тези: «Зміна концентрацій основних неорганічних речовин в сироватці крові підлітків на етапі втоми після м'язової роботи».

Структура роботи. Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, шести підрозділів, висновків, списку використаної літератури.

РОЗДІЛ 1. БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ

1.1 Значення показників біохімії крові

Визначення біохімічних показників крові має велике значення для діагностики стану органів організму. Однак не всі знають, про що говорять значення біохімічних показників. Нижче наведено значення найпоширеніших біохімічних показників крові[1].

1. Концентрація глюкози в крові

Глюкоза є основним джерелом палива для клітин, які виробляють енергію та синтезують глікоген, амінокислоти та деякі жири в організмі.

Концентрація глюкози в крові, регулюється печінкою і підтримується досить стабільною. Коли з'являються ознаки ненормального рівня цукру в крові, це може бути спричинено розладом або ознакою якогось захворювання.

Низький рівень цукру в крові викликає розлади центральної нервової системи, важкі випадки можуть призвести до міастенії, інвалідності, коми.

Високий рівень цукру в крові може бути ознакою діабету.

Індекс рівня глюкози в крові часто поєднується з тестом на HbA1C для діагностики та моніторингу лікування хворих на цукровий діабет і гіпотонію. Нормальна концентрація глюкози в крові становить приблизно 3,9 – 6,4 ммоль/л.

2. Сечовина крові

Сечовина крові є важливим показником біохімічного дослідження крові. Сечовина є основним продуктом розпаду білків

в організмі. Сечовина буде фільтруватися в клубочках, щоб виводитися з організму через сечу. Водночас це також є основою для оцінки рівня білка в раціоні.

Нормальний вміст сечовини в крові становить 2,5 – 7,5 ммоль/л. Рівень сечовини в крові часто підвищується у пацієнтів із захворюваннями нирок, такими як гломерулонефрит, ниркова недостатність, камені в нирках, запалення каналців, камені в сечоводах, зневоднення через високу температуру, діарея, застійна серцева недостатність.

Зниження рівня сечовини в крові зазвичай викликано дієтою з низьким вмістом білка, нефротичним синдромом, переливанням рідини, вагітними жінками та порушенням функції печінки, що призводить до зниження синтезу сечовини.

3. Креатинін сироватки крові

Сироватковий креатинін є продуктом розпаду креатинінфосфату в м'язах, і ці креатиніни повністю фільтруються нирками. Нормальний рівень креатиніну в сироватці крові становить 62-120 ммоль/л для чоловіків і 53-100 ммоль/л для жінок.

Сироватковий креатинін зазвичай підвищується у випадках ниркової недостатності, серцевої недостатності, гіпертонії, подагри, гіпертиреозу.

Сироватковий креатинін зазвичай знижується у вагітних жінок, людей з атрофією м'язів, паралічем, які приймають протиепілептичні препарати,

4. AST (SGOT), ALT (SGPT), GGT

АТС, АЛТ, ГГТ – показники, які використовуються для оцінки та діагностики захворювань печінки, таких як гострий і хронічний гепатит, ураження паренхіми печінки (вірусний гепатит, ураження печінки, викликане вживанням алкоголю.) Крім того, ці індекси

також використовуються при скринінгу та діагностиці кардіоміопатії.

Нормальні значення всіх трьох показників нижче 35 Од / л для жінок і менше 50 Од / л для чоловіків.

5. ALP

Індекс ALP також відомий як індекс лужної фосфатази. ALP присутній в основному в печінці та кістках. Індекс ALP підвищується при захворюваннях гепатобіліарної та кісткової тканини, таких як рахіт, порушення обміну речовин у кістках, збільшення жовчних проток, рак простати. Нормальна ALP <120 Од/л.

6. Альбумін

Альбуміни - це білки, що синтезуються в печінці, вони становлять близько 60% від загального білка в сироватці крові. Альбумін виконує функцію створення осмотичного тиску, транспортування метаболітів, вільних жирних кислот, гормонів, ліків. Крім того, вони також відіграють роль у забезпеченні амінокислот для синтезу білка в тканинах.

Альбуміновий індекс відіграє роль в оцінці функції печінки. Нормальний вміст альбуміну людини знаходиться в межах 35-50 г/л[1,2].

7. Білірубін

Білірубін поділяють на три характерні показники: білірубін загальний, білірубін непрямий і білірубін прямий. Білірубіновий індекс часто використовують для діагностики гемолітичної жовтяниці, непрохідності жовчних шляхів, гепатиту.

Нормальний індекс загального білірубіну <21 мкмоль/л.

8. Індекс жирності крові

Індекс ліпідів крові включає 4 показники загального холестерину, ХС-ЛПВЩ, ХС-ЛПНЩ, тригліцеридів.

Загальний холестерин. Індекс холестерину використовується для діагностики та моніторингу у випадках дисліпідемії, атеросклерозу, гіпертонії, оцінки функції печінки, ожиріння або показаний для періодичних перевірок здоров'я у людей з вищенаведеним. 40 років.

Нормальна концентрація холестерину у людини становить близько 3,9 – 5,2 ммоль/л.

Індекс холестерину в крові зазвичай підвищується при дисліпідемії, атеросклерозі, цукровому діабеті, жовтяниці, гіпотиреозі, непрохідності жовчних шляхів, вагітних.

Індекс аналізу ліпідів крові HDL-C (холестерин ЛПВЩ)

Індекс ЛПВЩ-ХС допомагає оцінити дисліпідемію. Цей індекс відіграє важливу роль у транспортуванні холестерину, що відкладається на стінках кровоносних судин, назад у печінку, допомагаючи запобігти утворенню бляшок на стінках кровоносних судин, тому його також називають хорошим холестерином.

Нормальна концентрація ХС ЛПВЩ перевищує 0,9 ммоль / л. Рівень ХС ЛПВЩ часто знижується у випадках атеросклерозу, ожиріння, куріння, гіподинамії.

ХС-ЛПНЩ (холестерин ЛПНЩ)

Індекс ЛПНЩ-Х є одним із важливих показників для оцінки дисліпідемії, атеросклерозу, гіпертонії, ішемічної хвороби серця.

LDL-C транспортує холестерин до кровоносних судин і є основною причиною атеросклерозу, тому їх також називають поганим холестерином.

Чим вище концентрація холестерину ЛПНЩ, тим вище ризик атеросклерозу. Нормальний рівень холестерину ЛПНЩ становить 3,4 ммоль/л або менше.

Індекс ЛПНЩ-Х зазвичай підвищується при ожирінні, атеросклерозі, дисліпідемії. Індекс ЛПНЩ зазвичай знижується при виснаженні, цирозі печінки, мальабсорбції.

Тригліцериди

Як і у випадку з вищезазначеними показниками, тригліцеридний індекс часто показаний для дослідження при дисліпідемії, атеросклерозі, гіпертонії, ожирінні та гіподинамії.

Нормальний вміст тригліцеридів у людини коливається від 0,46 до 1,88 ммоль / л. Тригліцериди зазвичай знижуються при виснаженні, гіпертиреозі, мальабсорбції, після інтенсивних фізичних навантажень.

Тригліцеридний індекс підвищується при ожирінні, цирозі печінки, гіпотиреозі, атеросклерозі, дисліпідемії, нефротичному синдромі, цукровому діабеті.

9. Індекс іонів

Цей тест зазвичай перевіряє індекс іонів Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+}

Na^+

Це основний катіон позаклітинної рідини, відповідальний за утримання води. При надлишку Na^+ вода буде повторно всмоктуватися в нирках. Нормальне значення концентрації Na^+ в крові становить 135 – 145 ммоль / л.

Концентрація Na^+ в крові знижується у випадках затримки рідини внаслідок ниркової недостатності, серцевої недостатності, цирозу або втрати натрію внаслідок блювоти, кровотечі, діареї, опіків і т. д. Концентрація Na^+ в крові зазвичай підвищується в випадки гіперемії. альдостерон, препарати, що містять кортикостероїди, зневоднення.

K^+ – Іон K^+ є електролітним компонентом внутрішньоклітинної рідини. Нормальна концентрація K^+ в крові становить приблизно 3,5-5,0 ммоль/л.

Концентрація іонів K^+ в крові зазвичай знижується при діареї, блювоті. Ця концентрація в крові підвищується при нирковій недостатності, інгібіторах метаболічних ферментів, калійзберігаючих діуретиках.

Cl^-

Іони Cl^- є основною складовою позаклітинної рідини. Аніон Cl^- у поєднанні з іоном HCO_3^- відіграє роль у підтримці лужно-кислотного балансу в організмі. Крім того, іон Cl^- також виконує низку інших функцій, таких як підтримка осмотичного тиску та водного балансу в організмі, діючи як компонент буферної системи, підтримуючи нейтральний заряд і підтримуючи процес травлення. Нормальне значення концентрації іонів Cl^- становить 98 – 106 ммоль/л.

Концентрація іонів Cl^- зазвичай підвищується при вживанні солоної їжі, нирковій недостатності, комі, метаболічному ацидозі, анафілаксії тощо, і зазвичай ця концентрація знижується при тривалому блюванні (стеноз пілоричного відділу), діареї, втрата рівня води викликає метаболічний алкалоз або переїдання тощо.

Ca^{++}

Іони Ca^{++} – це йони металів, яких багато в організмі? Однак обмінюється лише 0,5% загальної кількості іонів Ca^{++} . Ca^{++} відіграє важливу роль у роботі серця, скороченні м'язів, проведенні нервових імпульсів і процесі захоплення тіла. Концентрація Ca^{++} зазвичай знижується при лужній інфекції і підвищується при ацидозі. Нормальне значення індексу Ca^{++} становить близько 4,2 – 5,2 мекв / л (2,1 – 2,6 ммоль / л).

Концентрація катіонів Са ++ часто підвищується при тиреотоксикозі, гіперпаратиреозі, надлишку вітаміну D. Зазвичай ця концентрація знижується при дефіциті вітаміну D, гіпопаратиреозі та ін[1,2]

10. Тест на сечову кислоту

Концентрація сечової кислоти є основою для діагностики та контролю за лікуванням деяких захворювань, таких як подагра, захворювання нирок тощо. Індекс сечової кислоти в нормі становить 180 – 420 ммоль/л для чоловіків і 180 – 360 ммоль/л для жінок. Концентрація сечової кислоти в крові зазвичай підвищується при подагрі, ожирінні, серцевій недостатності, нирковій недостатності, гіпотиреозі, псоріазі, прееклампсії тощо.

Концентрація сечової кислоти в крові зазвичай знижується при пошкодженні клітин печінки, хворобі Вільсона, Фанконі, Ходжкіна та ін.

1.2 Концептуальна основа втоми

М'язова втома

Втому слід розглядати як форму пластичності, яка змінює скоротливі властивості, щоб підвищити ефективність скорочень. Окрім концептуального визначення того, що означає втома, дослідження цієї теми було обмежено відсутністю згоди щодо загального визначення втоми. Ця розбіжність щодо відповідного визначення не дивна, враховуючи численні парадигми для його вивчення, наприклад, методи *in vivo* та *in vitro* та природу втоми, що залежить від завдання. Ці різні парадигми, безсумнівно, вплинули на спроби фізіологів дослідити втому, які наразі привели до більш підтверджуючих доказів того, що втома знаходиться в м'язах, ніж деінде в тілі [3, 4].

За словами організаторів симпозіуму Фонду Сіба, що відбувся в 1980 році, втому можна визначити як «нездатність фізіологічного процесу продовжувати функціонувати на певному рівні та/або нездатність всього організму підтримувати заздалегідь визначений стан/інтенсивність вправ». Втома м'язів людини вивчалася за допомогою різноманітних протоколів, методів оцінки та моделей вправ. У більшості досліджень втому оцінювали за допомогою вимірювання механічної сили або потужності у відповідь на максимальне довільне зусилля.

Дослідники, які мають досвід педіатричного тестування фізичного навантаження, часто відзначають, що діти та підлітки, на відміну від дорослих, відчують меншу втому під час короткочасних занять. Дорослі, які завершують вправи, як правило, виснажені, і їм потрібно кілька годин, щоб відновитися після зусиль. Діти та підлітки навпаки, часто вимагають повторити вправи високої інтенсивності через 15–30 хвилин після їх завершення, тому що вони вважають, що вони можуть покращити свою попередню продуктивність. За останнє десятиліття кілька досліджень показали, що під час високоінтенсивних вправ зниження максимальної продуктивності є нижчим у дітей, ніж у дорослих [3, 5].

Серед периферичних факторів основним механізмом, що призводить до розвитку втоми під час високоінтенсивних вправ, є порушення скорочувальної здатності м'язів і циклу збудження-скорочення (Е-С). Пара Е-С у посмикуванні м'язів включає такі основні події:

- поширення потенціалу дії вздовж сарколеми;
- активація скорочення міофіламентів шляхом вивільнення Ca^{2+} із саркоплазматичного ретикулуму (СР);

- і розслаблення м'язів, опосередковане зворотнім захопленням Ca^{2+} через SR-насоси аденозинтрифосфатази (АТФази).

Основними дискримінаційними факторами, які можуть порушити ділянки цього ланцюга та скоротливість м'язів і, отже, викликати зниження потужності та сили під час високоінтенсивних вправ, є інтраміоплазматична накопичення неорганічного фосфату (P_i), пов'язаного з розпадом фосфокреатину (PCr), підвищена концентрація іонів H^+ внаслідок анаеробного гліколізу та обмеження постачання АТФ [4, 6].

Під час вправ високої інтенсивності регенерація АТФ підтримується швидким розщепленням PCr і глюкози до лактату під час анаеробного гліколізу. Зменшення внутрішньом'язового вмісту PCr і зниження рН м'язів, пов'язане з накопиченням лактату, вплине на максимальну швидкість регенерації АТФ [4]. Зокрема, підвищений катаболізм пулу аденінових нуклеотидів (аденозиндифосфат [АДФ], аденозинмонофосфат [АМФ], інозинмонофосфат і P_i), пов'язаний зі зниженою здатністю регенерувати АТФ шляхом розпаду PCr, може погіршити генерацію сили. Крім того, ацидоз може перешкоджати забезпеченню енергією шляхом зниження швидкості гліколізу (через інгібування гліколітичних ферментів) і, за допомогою цього механізму, може бути пов'язаний із м'язовою втомою [5, 6].

1.3 Фактори, що пояснюють відмінності

На відміну від дорослих, фізіологічні та метаболічні реакції під час високоінтенсивних вправ погано задокументовані як у дітей, так і у підлітків. Відсутність інформації про метаболічні реакції в основному пояснюється етичними та методологічними обмеженнями, пов'язаними з педіатричним тестуванням. В даний

час метаболічні адаптації під час фізичних вправ у дітей і підлітків рідко досліджуються за допомогою біопсії м'язів, радіоактивних матеріалів або артеріальних катетерів. Це пов'язано з інвазивністю цих методів[7]. З етичної точки зору для дітей вимірювання мають бути відносно неінвазивними і, звичайно, мають мінімально або взагалі не становити ризику для здоров'я. Тим не менш, незважаючи на ці міркування, доступна деяка інформація з цих інвазивних методів, яка може призвести до додаткових гіпотез про різні механізми для пояснення вікових/дозрілих відмінностей у стійкості до втоми під час високоінтенсивних вправ[7]. Ці механізми можуть включати такі фактори, як мотивація, активна м'язова маса, м'язова структура, м'язовий метаболізм і нервово-м'язова активація. Під час відновлення після високоінтенсивних вправ можна також спостерігати вікові відмінності у швидкості ресинтезу деяких енергетичних субстратів, напр. PCr, швидкості виведення різних м'язових метаболітів H^+ і лактату, а також швидкість відновлення початкових кардіореспіраторних параметрів[7,8].

Мотивація

Жодних об'єктивних критеріїв для підтвердження максимальності у дітей немає. Педіатри, які займаються фізичними вправами, повинні покладатися на охочу співпрацю суб'єкта та на непрямі показники, такі як : відтворюваність потужності, сили або сприйнятої швидкості навантаження за результатами тестування та повторного тестування. Важливо підтримувати високу мотивацію протягом максимального зусилля, щоб забезпечити валідність тесту для вимірювання стійкості до втоми. У більшості досліджень діти були ознайомлені з процедурами, які використовувалися під час наступних сеансів. Діти та підлітки , як правило, дуже готові до співпраці та мотивовані під час короткочасних вправ високої інтенсивності[8,9].

М'язова маса

Задokumentоване швидше відновлення дітей збігається з їхньою нижчою максимальною енергогенеруючою здатністю. Насправді, коли діти виконують максимальні спринти або вправи з фіксованими відсотками від своїх максимальних значень потужності, вони генерують нижчі значення абсолютної потужності, ніж дорослі. Іншими словами, оскільки об'єм м'язової тканини ніг (LLV) пояснює значну різницю в потужності ніг під час росту, тобто 88,2 %, більший опір втомі у дітей може бути пов'язаний із їхньою нижчою залученістю LLV під час вправ. Однак для пояснення спостережуваних відмінностей у м'язовій втомі між дітьми та дорослими слід брати до уваги інші фактори, крім розміру м'язів[9,10].

Нещодавно науковці показали під час десяти повторюваних 10-секундних спринтів на велосипеді або біговій доріжці, розділених 15-секундними інтервалами відновлення, що більше зниження вихідної механічної потужності у дорослих було особливо пов'язане з вищими значеннями їх вихідної потужності порівняно з LLV. Подібним чином було показано у дітей, підлітків і дорослих, що для високоінтенсивних періодичних анаеробних вправ (4×30 секунд або 2×60 секунд) відсоток відновлення загальної роботи (TW) і максимальний крутний момент згиначів коліна (PTEX) були негативно корелює з TW і PTEX (відносно маси тіла) першого сету[10]. Це відкриття також було раніше задokumentовано дослідниками, які вимірювали максимальний крутний момент (відносно об'єму м'язів стегна) під час 50 повторних максимальних розгинань коліна між 14-річними хлопцями та 18-25-річними чоловіками. Крім того, порівнюючи підготовлених хлопчиків і дівчаток-підлітків (середній вік 16,4 року), показали, що після десяти 5-секундних максимальних спринтерських пробіжок,

розділених 10-секундними інтервалами відновлення, що більший спад абсолютної м'язової сили у хлопців пояснюється їх вищими значеннями середньої потужності (відносно LLV) під час перших двох спринтів. Виходячи з цих результатів, відмінності, що спостерігаються між дітьми та дорослими у здатності протистояти втомі, можуть бути пов'язані з якісними м'язовими факторами на початковій фазі вправ. Ці пояснювальні фактори можуть включати структуру м'язів, енергетичний метаболізм і нервово-м'язову активацію[10,11].

Крім того, використовуючи ^{31}P -MRS, досліджували плавців у препубертатному та пубертатному періодах під час субмаксимальних і супрамаксимальних вправ і показали, що значення рН м'язів наприкінці вправи не відрізнялися в двох групах. Автори дійшли висновку, що анаеробний гліколітичний метаболізм не був послаблений у дітей до статевого дозрівання. Цей конфлікт у результатах може бути пов'язаний з відмінностями у дослідницьких моделях, що використовуються, включаючи інтенсивність вправ, яка часто є субмаксимальною та максимальною, зрілістю та розміром суб'єкта, статусом тренування та використанням контрольної групи дорослих[12].

РОЗДІЛ 2. ВІДНОВЛЕННЯ М'ЯЗОВОЇ ВТОМИ

2.1 Ресинтез фосфокреатину

Кілька кінетичних параметрів використовуються для опису змін PCr під час переходу від тренування до відновлення, включаючи константу швидкості (k_{PCr}) однієї експоненціальної кривої, початкову швидкість відновлення PCr (V_{iPCr}) і максимальну аеробну потужність ($V \dot{V} \max$). Ці три параметри, що характеризують ресинтез PCr, позитивно корелюють з окислювальною здатністю. Однак, на відміну від k_{PCr} , V_{iPCr} і $V \dot{V} \max$ будуть нечутливі до інтенсивності вправ і метаболічних умов у кінці вправи. Дійсно, було показано, що k_{PCr} був обернено пропорційний ступеню внутрішньоклітинного ацидозу та спожитому PCr. Іншими словами, значний внутрішньоклітинний ацидоз і велике споживання PCr були б пов'язані з більш повільним ресинтезом PCr. Таким чином, оскільки метаболічний статус наприкінці тренування в основному відрізняється у дітей і дорослих, сам по собі k_{PCr} не можна використовувати як індекс ресинтезу PCr і пряму оцінку окисного метаболізму[13,14,28]. Отже, V_{iPCr} і $V \dot{V} \max$ слід розглядати як додаткові індекси для порівняння швидкості відновлення PCr після фізичних вправ між дітьми та дорослими.

Видалення побічних продуктів метаболізму

При високих рівнях гліколізу вміст у м'язах лактату та іонів H^+ підвищується до надзвичайно високих рівнів у дорослих. Накопичення лактату та супутнє зниження рН викликають втому м'язів і частково пов'язані з ослабленим виробленням АТФ. Таким чином, видалення лактату з м'язів та іонів H^+ має фундаментальне значення для м'язів. функції і відіграє важливу роль для осіб, які

повинні виконувати безперервні та періодичні супрамаксимальні вправи[14,15].

Внутрішньоклітинний простір

Кліренс іонів лактату та H^+ у м'язах може бути вищим у дітей. По-перше, це можна пояснити меншою появою іонів лактату та H^+ у м'язах у дітей. Однак ця теорія все ще є суперечливою. По-друге, у підлітків вищі концентрації лактату можуть окислюватися в волокнах типу I, а вищі показники іонів H^+ можуть використовуватися для виробництва АТФ в результаті аеробного метаболізму. Ця друга гіпотеза підтверджується роботою Pilegaard та ін. який показав у зразках м'язів людини, що вміст монокарбоксилатних транспортерів типу I (MCT1s: білки, які опосередковують мембранний транспорт між потоками лактату та H^+ з обов'язковим зв'язком 1:1) позитивно корелює з часткою типу I волокна. Оскільки відсоток волокон типу I вищий у підлітків, ніж у молодих людей, можливо, що транспорт лактату та іонів H^+ MCT1 через мембрану волокон типу I вищий у дітей. Отже, окислення лактату та використання іонів H^+ у волокнах типу I буде вищим у дітей порівняно з дорослими[15,17,29]. Однак значна частина цієї роботи є припущеннями, і перед тим, як можна буде зробити остаточні висновки, необхідно провести подальшу роботу.

Дифузія з м'язів у кров

Вплив віку на дифузію іонів лактату та H^+ з м'язів у кров є сумнівним. В певних дослідженнях під час повторюваних велосипедних спринтів було показано, що при однаковій концентрації лактату в крові підлітки мають нижчу концентрацію іонів H^+ у крові, ніж дорослі. Під час цього типу активності рН їхньої крові слабо змінюється, ймовірно, системою вентиляції. Фактично, під час перших інтервалів відпочинку підлітки вентилують відносно більше, ніж дорослі, щоб видихнути певну

кількість вуглекислого газу, що дозволяє їм регулювати парціальний тиск вуглекислого газу до нижчого рівня. Якщо гліколітичний метаболізм подібний у підлітків і дорослих і що м'язове виробництво іонів H^+ не відрізняється в двох групах, можна припустити, що градієнт тиску іонів H^+ між внутрішньо- та екстра-клітинний простір у дітей та підлітків вище[18,20,30]. Отже, дифузія їхніх іонів H^+ через сарколемму та стінку капіляра відбувається швидше.

Можливий менший дифузійний простір між м'язами та капілярами у дітей може сприяти швидшому обміну метаболітів між м'язами та кров'ю. Крім того, повідомлялося, що максимальні концентрації лактату в крові та іонів H^+ досягаються у дітей та підлітків раніше, ніж у дорослих [20]. Крім того, згідно з Фройндом і Ойно-Енгуеллем, здатність обмінювати та виводити лактат із м'язів знижується, у крові буде вищим після вправ, що виконуються з нижчою абсолютною швидкістю роботи, як у випадку з дітьми.

Динаміка зникнення лактату в крові

Нещодавно було показано, що динаміка зникнення лактату в крові під час відновлення після високоінтенсивних вправ не відрізнялася у дітей та підлітків і дорослих, незалежно від тривалості попередніх вправ або початкових пікових значень концентрації лактату. Таку саму динаміку зникнення лактату в крові також було виявлено після супрамаксимальних вправ, коли динаміку зникнення лактату в крові коригували на тимчасові зміни в об'ємі плазми під час відновлення як у підлітків, так і у дорослих [21,22,31].

Навіть якщо вплив віку на динаміку зникнення лактату в крові після короточасних фізичних вправ високої інтенсивності на даний момент є неоднозначним, слід зазначити, що діти та

підлітки мають перевагу в швидкості зникнення лактату через їхній піковий час затримки лактату в крові.

Відкоригування початкових кардіореспіраторних параметрів

Для кількісної оцінки швидкості відновлення початкових кардіореспіраторних параметрів після фізичного навантаження більшість досліджень розраховують постійну часу (τ), яка є часом, який потрібен фізіологічній функції, щоб відновитися на 63,2% від свого рівня під час пікового навантаження до початкового рівня. Інші дослідження розраховували $t_{1/2}$, тобто час для відновлення 50% початкового рівня. Ці дві постійні часу визначаються підгонкою даних відновлення кожного суб'єкта за допомогою одного або двох експоненційних рівнянь. Характер відновлення серцевого ритму після тренування часто характеризується одним або принаймні двома експоненціальними зниженнями[22,32]. Деякі автори, однак, вважають, що зручніше і корисніше вимірювати абсолютну частоту серцевих скорочень або обчислювати зміну частоти серцевих скорочень як функцію часу відновлення, розглядаються також захворювання серця.

Механізми, які можуть пояснити швидке одужання дітей, можуть бути різними залежно від різних фізіологічних функцій. Більша центральна парасимпатична еферентна нервова активність серця у дітей та підлітків і відносно високий внесок серцевої симпатичної нервової діяльності у дорослих можуть бути частково відповідальними за швидше відновлення серцевого ритму дітей після фізичних вправ. Вважається, що менше збільшення активності катехоламінів, спричинене фізичним навантаженням, також пояснює швидше відновлення серцевого ритму у дітей. Однак необхідні подальші дослідження, щоб підтвердити або спростувати цю гіпотезу, оскільки дослідження підвищення рівня норадреналіну

(норадреналіну) плазми (норадреналіну) на фізичні вправи у дітей і дорослих дають суперечливі результати [23, 24,33].

Швидше відновлення $V \text{O}_2$ у дітей та підлітків можна пояснити їхнім коротшим часом циркуляції або меншою середньою дифузійною відстанню між м'язовою тканиною та прилеглими капілярами. Іншою можливою причиною є менший дефіцит кисню, який відчувають діти та підлітки на початку вправ, що вимагає меншого погашення кисневого боргу. Можливі механізми, що пояснюють швидше відновлення виділення CO_2 і вентиляції у дітей та підлітків, можна пояснити тим фактом, що вони накопичують менше CO_2 під час фізичних вправ, ніж дорослі. Під час високоінтенсивних вправ у дорослих, ніж у дітей, більше CO_2 накопичуватиметься в повільніше обмінних компартментах (тобто в жировій тканині) [21, 24,34]. Таким чином, у дорослих метаболічно вироблений CO_2 буде накопичуватися внутрішньом'язово або в прилеглий жировій тканині та повільно вивільнятися в центральний кровотік.

2.2 Втома та сприйняття навантаження у підлітків

Концепція сприйняття

Важливо розрізняти поняття втоми та уявного навантаження. Втома пов'язана з відчуттям фізичної та/або розумової втоми, що призводить до зниження працездатності. Хоча таке саме зниження продуктивності відбувається при сприйнятому навантаженні високої інтенсивності, при помірній або низькій інтенсивності сприйняте навантаження може мати позитивний вплив на продуктивність [20, 35].

Сприйняте навантаження визначається як «акт виявлення та інтерпретації відчуттів, що виникають у тілі під час

фізичних вправ». Сприйняття зусиль і сприйняте навантаження є синонімами, які представляють складний психофізіологічний процес, який об'єднує кілька симптомів навантаження. Таким чином, оцінки сприйнятого навантаження під час фізичних вправ являють собою інтеграцію інформації, що стосується попереднього досвіду, де самооцінені зміни в зусиллі відображають фізіологічні та психологічні процеси, які за деяких умов викликають втому [20,36].

Вплив віку

Шкала оцінки сприйнятого навантаження (RPE).

У цьому розділі проєкту найактуальніші питання: чи вміють діти використовувати шкалу RPE для оцінки втоми? Незважаючи на численні дослідження RPE і предмет кількох широких оглядів у дорослих, дослідження ефективності використання відчутного навантаження у дітей все ще є відносно новим і є однією з причин, чому наше розуміння залишається обмеженим.

Одна з проблем полягає в тому, що для дітей і дорослих використовуються одні й ті ж шкали RPE. Методи (призначені для дорослих) і застосування не підходять для використання дітьми та підлітками. При розгляді валідності та надійності шкали RPE для дітей та підлітків не слід ігнорувати вік, досвід і концептуальне розуміння. За останнє десятиліття відбулися важливі розробки шкал оцінювання для дітей[25,26,37]. Подібно до дорослих, сприйняття зусиль порівнювалося з об'єктивними показниками фізіологічного навантаження, такими як частота серцевих скорочень, вихідна потужність, використовуючи або періодичні, або безперервні протоколи.

Вплив режиму фізичних вправ

Кілька досліджень у підлітків порівнювали RPE, отримані під час виконання вправ на біговій доріжці, з вправами на

велосипеді. Результати в літературі дуже суперечливі. Після періодичних вправ високої інтенсивності (десять 10-секундних спринтів з 15-секундними інтервалами відновлення) порівняли RPE підлітків після вправ бігу (безмоторизована бігова доріжка) з вправами їзди на велосипеді. RPE був значно вищим після бігу порівняно з їздою на велосипеді. Ці результати були пов'язані з вищим накопиченням лактату та з більшим зниженням вихідної потужності (середньої та пікової) під час бігу, ніж під час їзди на велосипеді. Ці дані свідчать про те, що периферичні сигнали корелювали з RPE у підлітків під час високоінтенсивних вправ[22,26,38]. Таким чином, у подальших дослідженнях слід вивчити швидкість розвитку втоми у підлітків під час їзди на велосипеді та бігу у зв'язку з їхньою фізіологічною реакцією та сприйняттям зусиль.

Втома та рухова працездатність

Концепція м'язової коактивації

Коактивація має важливий зв'язок із центральними теоріями втоми, оскільки зниження сили може бути пов'язане зі зниженням «моторного потягу», отже, нездатністю підтримувати м'язову активацію. Ці зміни в активації м'язів можна оцінити за допомогою інтегрованої електроміографії (iEMG). Максимальна iEMG, яка демонструється під час максимального довільного скорочення, є індексом ступеня збудження м'яза в ЦНС. Під час тестів на втому, які можуть включати підтримку постійної субмаксимальної сили або повторних скорочень, доки не буде продемонстровано втому, iEMG буде прогресивно зростати. Це пояснюється залученням додаткових моторних підрозділів і збільшенням темпів стрільби[27,39]. Це також може бути наслідком уповільнення швидкості м'язової провідності та/або підвищення синхронізації між швидкостями розряду різних рухових одиниць. Ці

альтернативні пояснення необхідно розглянути до того, як зміна iEMG буде безпосередньо пов'язана зі змінами в моторному приводі. Наступна ситуація дуже відрізняється для випробувань на втому, за допомогою яких підтримується максимальне скорочення, оскільки iEMG буде падати приблизно пропорційно силі [40].

Коактивація, також відома як коконтракція, є результатом одночасної активації груп м'язів-агоністів і антагоністів під час довільних скорочень. Численні дослідження підтвердили, що коактивація антагоністів створює сили в протилежному напрямку до м'язів-агоністів під час ізометричних і динамічних довільних м'язових скорочень. Під час бігу або їзди на велосипеді, коли квадрицепси виробляють силу, будь-яке збільшення сили підколінного сухожилля через коактивацію обмежить силу квадрицепса. Таким чином, якщо потрібно підтримувати постійну вихідну силу або швидкість бігу, тоді необхідне залучення квадрицепсів понад те, що вимагається для компенсації втоми, щоб протидіяти зростаючій коактивації. Відомо, що дії м'язів, які генерують велику кількість сили та на високих швидкостях, пов'язані з підвищеною коактивацією показали, що коактивація була більшою на вищій швидкості в стані без втоми, і що коактивація збільшувалась із втомою під час динамічних м'язових скорочень[15,27,41]. Один із запропонованих механізмів такого взаємного розташування полягає в тому, що він служить для захисту та стабілізації суглоба під час скорочення. Кілька досліджень показали, що якщо буде показано, що спільна активність збільшується під час гострого фізичного навантаження, це може збільшити втрату здатність до утворення сили, пов'язана з втомою. І навпаки, зменшення спільної активності може допомогти збільшити межу витривалості та відстрочити втому. Оскільки спільна активація часто пов'язана з активністю ЕМГ, вважається, що

коактивація опосередковується централізовано, або незалежно, або через інші спільні стимули до пари агоніст-антагоніст. Однак нещодавнє дослідження показало, що під час субмаксимального виснажливого скорочення коактивація антагоніста не може бути просто опосередкована центральним низхідним «спільним приводом» до пулів мотонейронів м'язових пар агоніст-антагоніст [22, 42].

Втома та коактивація м'язів

Хоча коактивацію частіше вивчали у дорослих, є лише кілька досліджень, які вивчали цей параметр у дітей та підлітків. Таким чином, здається, що в майбутньому можна буде зробити значний внесок у педіатричну літературу. Досліджували вплив віку, статі та дії м'язів на момент сили: співвідношення ЕМГ-агоністів і ЕМГ-активність антагоністів широкого латерального м'яза та двоголового м'яза стегна під час ізокінетичного концентричного та ексцентричного розгинання та згинання коліна. Дев'ять статевозрілих хлопчиків і дівчаток віком 12,6 років порівнювали з дев'ятьма дорослими чоловіками і жінками під час ексцентричних і концентричних скорочень колінних суглобів із заданою швидкістю 30 о/sec. Відсутність вікових ефектів на даний момент: середні коефіцієнти ЕМГ агоністів або антагоністів для розгиначів або згиначів колінного суглоба не виявлено. Хоча інші дослідники виявили значні відмінності в рівнях коактивації груп м'язів-антагоністів коліна під час ходи між дітьми віком 7–10 і 15–16 років, ця діяльність була обмежена ходьбою на біговій доріжці. Таким чином, природа протоколу завдання, ймовірно, буде фактором, який суттєво вплине на активність агоніста та антагоніста. Автори також відкинули свою другу гіпотезу про те, що діти будуть проявляти більшу антагоністичну активність порівняно з дорослими, але слід зазначити, що використовуваний протокол не

був спеціально розроблений як завдання, що викликає втому. Лише три максимальні скорочення були визначені для ексцентричних і концентричних дій, тому навряд чи вони викликають значну втому [23, 27,43].

Втома та патофізіологія

Втома та м'язова дистрофія Дюшенна

М'язова дистрофія Дюшенна (МДД) є найпоширенішою серед людських м'язових дистрофій, що вражає приблизно одного з 3500 народжених чоловіків. Це смертельне дегенеративне захворювання м'язів, при якому відсутній білок дистрофін. Виходячи з передбачуваної структури та розташування білка, дистрофін відіграє важливу роль у забезпеченні механічного зміцнення сарколеммальної мембрани м'язових волокон. Таким чином, дистрофін може допомогти захистити м'язові волокна від потенційно руйнівних тканинних стресів, що розвиваються під час м'язового скорочення[19]. Механізми, за допомогою яких відсутність дистрофіну посилює пошкодження, викликане скороченням, невідомі. Однак загально визнано, що надлишкове надходження Ca^{2+} у внутрішньоклітинний простір є ознакою дистрофічних м'язів. Одна з теорій, яка пояснює надлишкове надходження Ca^{2+} , полягає в тому, що скорочення, спричинені розтягуванням, призводять до розривів мембрани, які потім дозволяють проникнути іонам[45,46]. Підвищення внутрішньоклітинного Ca^{2+} у стані спокою може ініціювати порушення пари Е-С шляхом активації протеаз, які пошкоджують канал вивільнення Ca^{2+} SR. З біоенергетичної точки зору, дослідження з використанням ^{31}P -MRS показали, що рівні іонів PCr і H^+ у стані спокою були нижчими у пацієнтів з МДД, ніж у контрольній групі. Крім того, було виявлено, що співвідношення PCr/Pi у стані спокою та рівні фосфорильованого дієфіру, що

відображає мембранні фосфоліпіди, більше у пацієнтів з МДД. Це демонструє аномалії мембрани та біохімічні аномалії, спричинені порушенням окисного фосфорилування або зміненою активністю АТФази при дистрофії. Ці аномалії більш виражені у пацієнтів старше 9 років. Поступове зменшення з віком біоенергетичних резервів у стані спокою у пацієнтів Дюшенна може бути спричинене прогресуючим зменшенням сили та активності. Під час фізичних вправ повідомлялося про більш значне зниження рівня PCr і невелике зниження рН, що призводить до підвищення концентрації АДФ і Рі в дистрофічних м'язах[17,26,44].

РОЗДІЛ 3. БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ У ДОСЛІДЖУВАНІЙ ГРУПІ

3.1 Організація та методи дослідження

До дослідження було залучено підлітків віком 16-17 років, які регулярно відвідують фітнес-центр. Всіх досліджуваних ми розподілили на дві групи. Контрольна група (n=7) особи, що займалися з більшою інтенсивністю з малою вагою. Інша група (n=5) що займалися з меншою інтенсивністю але з великою вагою, до відмови, саме їх ми розцінювали як, як експериментальну групу періоду втоми.

Зразки крові отримували вранці в положенні сидячи з ліктьової вени після нічного голодування і сну. У дослідження включали осіб в стані практичного здоров'я, без гострих захворювань і серйозних травм або госпіталізації протягом останніх 3 місяців. Всі досліджувані не споживали ліки за рецептом протягом тижня, що передував забору крові. Збір крові ми проводили до навантаження і після навантаження. У сироватці крові визначили концентрацію неорганічних речовин в крові, результати якої наведено у таблицях 1 та 2.

Ця речовина має жовтуватий відтінок завдяки наявності певної кількості білірубіну. Якщо порушується обмін пігментів, концентрація цього елемента може постраждати. У цьому випадку сироватка крові людини буде дуже прозорого кольору. Якщо витягти її з плазми у людини, яка нещодавно їла, то вона буде каламутного відтінку, тому зразки були зібрані натщесерце. Все це через те, що в сироватці можуть бути присутні жирові домішки.

У сироватці крові міститься значна кількість різних речовин, серед яких:

Креатинін грає важливу роль у енергетичних процесах тіла та використовується для діагностики ниркової патології. У сироватці крові також містяться різноманітні елементи, такі як калій, кальцій, магній, залізо, натрій, фосфор та інші. Крім того, там знаходяться ферменти, холестерин низької та високої щільності, поживні речовини, такі як ліпіди та глюкоза, вітаміни та різні гормони, такі як пролактин, кортикотропін, адреналін, кортизол, інсулін, допамін, прогестерон, тестостерон та інші.

Метод отримання сироватки крові

Під час природного згортання крові поза організмом людини відбувається утворення тромбу та розділення рідкої складової. Спочатку кров просто стоїть протягом 30 хвилин, після чого з неї видаляють згусток крові, а рідку частину поміщають на 10 хвилин у центрифугу. Після цього сироватка, яка залишилась, відливається або відсмоктується в стерильну пробірку.

Таблиця 1

Показники сироватки крові контрольної групи (n=7).

Натрій	M±m	139,09±0,33	138,43±0,24	-0,2
Калій	M±m	4,44±0,05	4,45±0,03	+0,6
Хлориди	M±m	102,11±0,16	102,43±0,22	
Кальцій	M±m	2,35±0,01	2,56±0,02	+2,6
Фосфор	M±m	1,15±0,02	1,01±0,02	-12,8

Таблиця 2

Показники сироватки крові підослідної групи (n=5).

Натрій	M±m	136,62±0,16	137,79±0,12	+0,6
Калій	M±m	4,51±0,12	5,22±0,41	+10,8
Хлориди	M±m	104,27±0,22	105,73±0,30	+1,2
Кальцій	M±m	2,33±0,02	2,75±0,04	+8,9
Фосфор	M±m	1,15±0,03	1,79±0,03	-15,4

Таким чином, отримавши результати дослідження, котрі наведено у таблицях 1-2 ми можемо зробити висновок, що у експериментальній групі показники натрію, калію, хлориду, кальцію та фосфору вищі, ніж в результатах контрольної групи. На це вплинули умови, в яких було проведено дослідження та в які було поміщено підлітків в ході проведеного дослідження, а також перенавантаження.

Показники концентрації натрію в сироватці крові підлітків в контрольній групі n=7 та групі n=5, що мали навантаження з великою вагою, відбулося підвищення в другій групі, але не дуже значне. Встановлено, що концентрація йонів натрію знаходиться в межах вікової норми. Оскільки натрій є основним електролітом в людському організмі, його виходження за встановлені межі концентрації може відобразитися на самопочутті.

Показники концентрації йонів калію в сироватці крові підлітків в контрольній групі n=7 суттєво відрізняються від групи n=5, показники підвищились. Хоча калій знаходиться в основному всередині клітин, його критично важлива кількість присутня в плазмі, рідкій частині крові. Контроль над рівнем калію є

надзвичайно важливим, оскільки навіть дрібні зміни можуть впливати на серцевий ритм та здатність серця скорочуватись.

Показники концентрацій хлоридів в сироватці крові підлітків в контрольній групі $n=7$ та групі $n=5$, в другій групі було наявне невелике підвищення. Встановлено, що показники знаходяться в межах вікової норми. Хлориди пересуваються через мембрану всередину та назовні клітини, що дозволяє підтримувати її електронейтральність. Рівень хлоридів зазвичай відповідає рівню натрію. Хлор виконує функції регулювання кислотно-лужного балансу крові та осмотичного тиску, допомагаючи підтримувати рівновагу в клітинах та тканинах [28].

Показники концентрації йонів кальцію в сироватці крові підлітків в контрольній групі $n=7$ відмінні від групи $n=5$ в якій показники мають суттєве підвищення. Встановлено, що показники обох груп знаходяться в межах вікової норми. Більшість кальцію в організмі зберігається в кістках, але невелика кількість цього елемента циркулює в крові, що є необхідним для нормальної фізіології. Приблизно половина цього циркулюючого кальцію є йонізованою формою, тобто несе електричний заряд. Правильний обмін кальцію в організмі є ключовим для процесів, таких як скорочення м'язів, згортання крові і запобігання виснаженню кісткової маси[28].

Показники концентрації йонів фосфору в сироватці крові підлітків в контрольній групі $n=7$ відмінні від групи $n=5$. Встановлено, що показники знаходяться в межах вікової норми.

Взаємозв'язок між обміном фосфору в організмі тісно пов'язаний з обміном кальцію, тому важливе діагностичне значення має співвідношення кальцію та неорганічного фосфору в крові. Концентрація фосфору в сироватці характеризується циркадним ритмом, де найвищі значення спостерігаються вранці, а найнижчі -

вечері. Крім того, ця концентрація схильна до швидких змін, які можуть бути викликані такими факторами, як дієта (вуглеводи), наявність фосфатзв'язуючих антацидів та зміни рівнів соматотропного гормону, інсуліну та функції нирок [29].

В ході нашого дослідження було виявлено суттєве підвищення показників йонів калію та кальцію, що свідчить про певне перенавантаження організму піддослідних. Відомо, що калій є одним з елементів, які відповідають за нормальну роботу м'язів та проведення нервових імпульсів. У комплексі з іншими електролітами калій допомагає забезпечувати нормальний кислотно-лужний баланс та регулює обмін води в організмі. Крім того, кальцій забезпечує належне скорочення скелетної мускулатури та міокарда, служить для передачі нервового імпульсу та бере участь у процесах згортання крові [28].

Для характеристики змін гормонального, метаболічного та імунного гомеостазу в умовах довгострокової надмірної м'язової діяльності істотне значення можуть мати дослідження, які будуть одержані під час обстежень підлітків впродовж тривалого часу тренувань, тому наше дослідження буде продовжуватись надалі для отримання нових результатів, які будуть давати змогу краще зрозуміти роботу організму під час фізичних навантажень та м'язової втоми, а також коригувати інтенсивність тренувань та їх ефективність.

ВИСНОВКИ

Провівши дослідження біохімічних показників крові підлітків у період втоми та під час м'язової роботи нами було зв'язовані зміни, а саме:

1. Отримавши результати дослідження, котрі наведено у таблицях 1-2 ми можемо зробити висновок, що у експериментальній групі показники натрію, калію, хлориду, кальцію та фосфору вищі, ніж в результатах контрольної групи. На це вплинули умови, в яких було проведено дослідження та в які було поміщено підлітків в ході проведеного дослідження, а також рівень фізичного навантаження.

2. Зв'язовано, що важливо розрізнати поняття втоми та уявного навантаження. Втома пов'язана з відчуттям фізичної та/або розумової втоми, що призводить до зниження працездатності. Хоча таке саме зниження продуктивності відбувається при сприйнятому навантаженні високої інтенсивності, при помірній або низькій інтенсивності сприйняте навантаження може мати позитивний вплив на продуктивність. Сприйняте навантаження визначається як «акт виявлення та інтерпретації відчуттів, що виникають у тілі під час фізичних вправ». Сприйняття зусиль і сприйняте навантаження є синонімами, які представляють складний психофізіологічний процес, який об'єднує кілька симптомів навантаження.

3. Значення біохімічних показників крові є дуже важливим аспектом успішного протікання тренувань, адже саме він дає змогу вивчати процеси адаптації організму до фізичних навантажень, також дає змогу дізнатись про перенапруження та відповідно внести корективи в систему тренувань.

4. Під час інтенсивних фізичних навантажень в організмі відбуваються зміни на різних рівнях, які відображаються в

сироватці крові. Щоб оцінити зміни гормонального, метаболічного та імунного гомеостазу в умовах тривалої та надмірної м'язової діяльності, необхідно проводити дослідження, що охоплюють тривалий період часу та виконуються на підлітках під час тренувань. Ці дослідження можуть мати значення для характеристики стану гомеостазу в організмі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біологічна хімія / О.Я. Скляров.- Тернопіль: Укрмедкнига, 2020.- 706 с.
2. Біохімія людини: підручник / Я. І. Гонський, Т. П. Максимчук ; За ред. Я.І. Гонського. — 3-тє вид., випр. і доп. — Тернопіль : Укрмедкнига, 2019. — 732 с.
3. Бойків Д.П. Біохімічні показники в нормі та при патології: Навчальний довідник / Д.П.Бойків, Т.І. Бондарчук, О.Л. Іванків та ін.; За ред. О.Я.Склярова. – Київ “Медицина”, 2007.- 320с.
4. Вілмор Дж.Х. Фізіологія спорту / Дж. Х. Вілмор, Д. Л. Костілл. - К.: Олімпійська література, 2003. - 655 с.
5. Головченко І.В. Особливості змін електролітів у крові жінок 18–21 років під час занять різними видами фітнесу / І. Головченко, А. Бондар, О. Міненко, О. Петренко // Фізична активність, здоров'я і спорт. 2017. №3(29). С. 3-13.
6. Головченко І.В. Особливості змін ферментів амінотрансфераз в крові жінок 18-21 років в умовах використання різних видів фітнесу / Головченко І.В., Боднар А.І., Чабан І.О., Міненко О.В. // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт», №147 (1), 2017. – С 79-85.
7. Головченко І.В. Особливості обміну електролітів у крові жінок 18-21 років в умовах використання різних видів фітнесу / Головченко І.В., Шкуропат А.В. // Природничий альманах. Біологічні науки, випуск 28. Збірник наукових праць. – Херсон: Вид-во ПП Вишемирський В. С., 2020. – С. 33 - 43.

8. Головченко І.В. Особливості реагування концентрації хлоридів в крові жінок 18-21 років при різних фізичних навантаженнях / І.В. Головченко, А.В. Шкуропат, А.А. Чернозуб, М.І. Гайдай // Фізіологічний журнал. –Т.65, № 3 (додаток). – 2019. – С. 147-148

9. Головченко, І. В. Вплив фізичного навантаження на показники загального білку сироватки крові у жінок другого періоду зрілого віку / І. Головченко, А. Шкуропат, В. Швець, О. Руда, Ю. Плахотник // Медико-біологічні проблеми фізичного виховання різних груп населення, ерготерапії, інклюзивної та спеціальної освіти : матер. VI наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 9 грудня 2020 р.) / ред. В. В. Чижик. – Луцьк : ЛІРОЛ, 2020. – 209 с.

10. Грейда Б. П. Розлади мінерального і водного обміну // Патологічна анатомія і фізіологія при хворобах органів та систем : навч. посіб. / Б. П. Грейда, А. М. Войнаровський, Ю. М. Валецький. – Луцьк, 2004.

11. Губський Ю.І. Біологічна хімія.- Київ-Вінниця:Нова книга, 2007. – 656 с.

12. Меліхова М.А. Динаміка біохімічних процесів в організмі людини при м'язовій діяльності/ М.А.Меліхова / / ГЦОЛІФК. - М., 1992.

13. Осипенко, Г. А. Основи біохімії м'язової діяльності : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізичного виховання і спорту / Г. А. Осипенко. – Київ : Олімпійська література, 2007. – 200 с.

14. Патофізіологія водно-електролітного обміну. Патофізіологія мінерального обміну [Електронний ресурс] // Патологічна фізіологія : підруч. для студентів / А. І. Березнякова [та ін.]. – Харків, 2003. – С. 190– 202.

15. Скляр О.Я. Клінічна біохімія. – Київ “Медицина”, 2006.- 432с.
16. Тимошенко О.П. Клінічна біохімія. – Харків: Вид-во НФаУ; Золоті сторінки, 2003.- 239с.
17. Фердман Д.Л. Біохімія / Д.Л. Фердман.- М. Вищ. шк., 1966. - С. 189-191, 194.
18. Edwards RHT. Biochemical basis of fatigue in exercise performance: catastrophe theory of muscular fatigue. In: Knuttgen HG, Vogel JA, Poortmans J, editors. Biochemistry of exercise V. Champaign (IL): Human Kinetics, 1983: 3-28
19. Sargeant AJ. Human power output and muscle fatigue. Int J Sports Med 1994; 15: 116-21
20. Bigland-Ritchie B. Muscle fatigue and the influence of changing neural drive. Clin Chest Med 1984; 5: 21-34
21. Vollestad NK. Measurement of human muscle fatigue. J Neurosci Methods 1997; 74 : 219-27
22. Halin R, Germain P, Bercier S, et al. Neuromuscular response of young boys versus men during sustained maximal contraction. Med Sci Sports Exerc 2003; 35: 1042-8
23. Balsom PD, Seger JY, Sjodin B, et al. Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. Eur J Appl Physiol 1992; 65: 144-9
24. Bogdanis GC, Nevill ME, Boobis LH, et al. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. J Appl Physiol 1996; 80: 876-84
25. Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, et al. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. J Appl Physiol 1993; 75: 712-9
26. Nevill ME, Bogdanis GC, Boobis LH, et al. Muscle metabolism and performance during sprinting. In: Maughan RJ, Shireffs

SM, editors. Biochemistry of exercise IX. Champaign (IL): Human Kinetics, 1996: 243-59

27. Spriet LL, Lindinger MI, McKelvie RS, et al. Muscle glycogenolysis and H⁺ concentration during maximal intermittent cycling. *J Appl Physiol* 1989; 66: 8-13

28. Wootton SA, Williams C. The influence of recovery duration on repeated maximal sprints. In: Knuttgen HG, Vogel JA, Poortmans J, editors. Biochemistry of exercise V. Champaign (IL): Human Kinetics, 1983: 269-73

29. Cheatham ME, Boobis LH, Brooks S, et al. Human muscle metabolism during sprint running. *J Appl Physiol* 1986; 61: 54-60

30. Dore´ E, Diallo O, Franca NM, et al. Dimensional changes cannot account for all differences in short-term cycling power during growth. *Int J Sports Med* 2000; 21: 360-5

31. McCartney N, Heigenhauser GJ, Sargeant AJ, et al. A constant-velocity cycle ergometer for the study of dynamic muscle function. *J Appl Physiol* 1983; 55: 212-7

32. Sutton NC, Childs DJ, Bar-Or O, et al. A nonmotorized treadmill test to assess children's short-term power output. *Pediatr Exerc Sci* 2000; 12: 91-100

33. Van Praagh E, Falgairette G, Bedu M, et al. Laboratory and field tests in 7-year old boys. In: Oseid S, Carlsen KH, editors. Children and exercise XIII. Champaign (IL): Human Kinetics, 1989: 11-7

34. Williams CA, Dore´ E, Jammes A, et al. Short term power output in 9 year old children: typical error between ergometers and protocols. *Pediatr Exerc Sci* 2003; 15: 302-12

35. Hebestreit H, Mimura KI, Bar-Or O. Recovery of muscle power after high-intensity short-term exercise: comparing boys and men. *J Appl Physiol* 1993; 74: 2875-80

36. Kanehisa H, Okuyama H, Ikegawa S, et al. Fatigability during repetitive maximal knee extensions in 14-year-old boys. *Eur J Appl Physiol* 1995; 72: 170-4
37. Ratel S, Bedu M, Hennegrave A, et al. Effects of age and recovery duration on peak power output during repeated cycling sprints. *Int J Sports Med* 2002; 23: 397-402
38. Ratel S, Williams CA, Oliver J, et al. Effects of age and mode of exercise on power output profiles during repeated sprints. *Eur J Appl Physiol* 2004; 92: 204-10
39. Yanagiya T, Kanehisa H, Kouzaki M, et al. Effect of gender on mechanical power output during repeated bouts of maximal running in trained teenagers. *Int J Sports Med* 2003; 24: 304-10
40. Williams CA, Ratel S, Armstrong N. Achievement of peak VO₂ during a 90-s maximal intensity cycle sprint in adolescents. *Can J Appl Physiol* 2005; 30: 157-71
41. Lakomy HKA. The use of a non-motorised treadmill for analysing sprint performance. *Ergonomics* 1987; 30: 627-37
42. Giannesini B, Cozzone PJ, Bendahan D. Non-invasive investigations of muscular fatigue: metabolic and electromyographic components. *Biochimie* 2003; 85: 873-83
43. Enoka RM. Mechanisms of muscle fatigue: Central factors and task dependency. *J Electromyogr Kinesiol* 1995; 5: 141-9
44. Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev* 1994; 74: 49-94
45. Біологічна хімія / О.Я. Склярів.- Тернопіль: Укрмедкнига, 2020.- 706 с.
46. Biological chemistry/ Yu.I. Gubskiy. - 3-nd. ed. - Vinnitsa : Nova Knyha, 2020. - 488 p.

**КОДЕКС АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ ХЕРСОНЬСЬКОГО
ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Я, Франевич Яна Євгенівна, учасник(ця) освітнього процесу Херсонського державного університету, **УСВІДОМЛЮЮ**, що академічна доброчесність – це фундаментальна етична цінність усієї академічної спільноти світу.


ЗАЯВЛЯЮ, що у своїй освітній і науковій діяльності **ЗОБОВ'ЯЗУЮСЯ**:

- дотримуватися:
 - вимог законодавства України та внутрішніх нормативних документів університету, зокрема Статуту Університету;
 - принципів та правил академічної доброчесності;
 - нульової толерантності до академічного плагіату;
 - моральних норм та правил етичної поведінки;
 - толерантного ставлення до інших;
 - дотримуватися високого рівня культури спілкування;
- надавати згоду на:
 - безпосередню перевірку курсових, кваліфікаційних робіт тощо на ознаки наявності академічного плагіату за допомогою спеціалізованих програмних продуктів;
 - оброблення, збереження й розміщення кваліфікаційних робіт у відкритому доступі в інституційному репозитарії;
 - використання робіт для перевірки на ознаки наявності академічного плагіату в інших роботах виключно з метою виявлення можливих ознак академічного плагіату;
- самостійно виконувати навчальні завдання, завдання поточного й підсумкового контролю результатів навчання;
 - надавати достовірну інформацію щодо результатів власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використаних методик досліджень та джерел інформації;
 - не використовувати результати досліджень інших авторів без використання покликань на їхню роботу;
 - своєю діяльністю сприяти збереженню та примноженню традицій університету, формуванню його позитивного іміджу;
 - не чинити правопорушень і не сприяти їхньому скоєнню іншими особами;
 - підтримувати атмосферу довіри, взаємної відповідальності та співпраці в освітньому середовищі;
 - поважати честь, гідність та особисту недоторканність особи, незважаючи на її стать, вік, матеріальний стан, соціальне становище, расову належність, релігійні й політичні переконання;
 - не дискримінувати людей на підставі академічного статусу, а також за національною, расовою, статевою чи іншою належністю;
 - відповідально ставитися до своїх обов'язків, вчасно та сумлінно виконувати необхідні навчальні та науково-дослідницькі завдання;
 - запобігати виникненню у своїй діяльності конфлікту інтересів, зокрема не використовувати службових і родинних зв'язків з метою отримання нечесної переваги в навчальній, науковій і трудовій діяльності;
 - не брати участі в будь-якій діяльності, пов'язаній із обманом, нечесністю, списуванням, фабрикацією;
 - не підроблювати документи;
 - не поширювати неправдиву та компрометуючу інформацію про інших здобувачів вищої освіти, викладачів і співробітників;
 - не отримувати і не пропонувати винагород за несправедливе отримання будь-яких переваг або здійснення впливу на зміну отриманої академічної оцінки ;
 - не залякувати й не проявляти агресії та насильства проти інших, сексуальні домагання;
 - не завдавати шкоди матеріальним цінностям, матеріально-технічній базі університету та особистій власності інших студентів та/або працівників;
 - не використовувати без дозволу ректорату (деканату) символіки університету в заходах, не пов'язаних з діяльністю університету;
 - не здійснювати і не заохочувати будь-яких спроб, спрямованих на те, щоб за допомогою нечесних і негідних методів досягати власних корисних цілей;

– не завдавати загрози власному здоров'ю або безпеці іншим студентам та/або працівникам.

УСВІДОМЛЮЮ, що відповідно до чинного законодавства у разі недотримання Кодексу академічної доброчесності буду нести академічну та/або інші види відповідальності й до мене можуть бути застосовані заходи дисциплінарного характеру за порушення принципів академічної доброчесності.

21.09.2021 р.
(дата)



(підпис)

Яна Франевич
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)