Міністерство освіти і науки України

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Кафедра медико-біологічних дисциплін

**Кваліфікаційна робота**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за спеціальністю 091 Біологія

освітньою програмою «Спортивна дієтологія»

на тему: «**ОСОБЛИВОСТІ взаємозв'язкУ між показниками обміну карнітину та фізичноЮ працездатнІстЮ юних спортсменІВ**»

здобувача вищої освіти

другого (магістерського) рівня

**Кузовенкової Єлизавети В’ячеславівни**

**науковий керівник:** доцент Хмельницька Юлія Костянтинівна, к. фіз. вих. і спорту

**Рецензент:** Вдовенко Наталія Володимирівна, ст. науковий співробітник лабораторії ергогених чинників Державного науково-дослідного інституту фізичної культури і спорту, к.б.н.

Рекомендовано до захисту на зсіданні кафедри (протокол № 4 від 24.11.2022 р.)

Завідувач кафедри: Пастухова В.А.,

д.м.н., професор 

Київ – 2022

**Зміст**

Стор.

|  |  |
| --- | --- |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ позначень ………………………... | 4 |
| Вступ ………………………………………………………… | 5 |
| Розділ 1 | **Теоретико-методологічний аналіз особливостей обміну карнітину та фізичної працездатності юних спортсменів, які займаються різними видами спорту** ………….....……. | 10 |
| 1.1. | Особливості енергетичного забезпечення м'язової діяльності юних спортсменів …………………………………  | 10 |
| 1.2. | Роль карнітину в метаболізмі………………………………… | 19 |
| 1.3. | Ефективність L-карнітину при фізичних навантаженнях ….. | 28 |
|  | Висновки до розділу 1…………………………………..…….. | 30 |
| РОЗДІЛ 2 | **Методи та організація дослідження** ……………................. | 32 |
| 2.1 | Методи дослідження……………………………...…………... | 32 |
| 2.1.1 | Теоретичний аналіз спеціальної науково-методичної літератури та мережі Інтернет….……………………..…...… | 32 |
| 2.1.2 | Педагогічне спостереження і контроль ……………………... | 33 |
| 2.1.3 | Методи математичної статистики …………………………... | 37 |
| 2.2 | Організація досліджень …………………………………..….. | 39 |
| РОЗДІЛ 3 | **Результати дослідження та їх обговорення** ........................ | 40 |
| 3.1. | Клініко-статистична характеристика досліджуваних груп юних спортсменок …………………………………………….. | 41 |
| 3.2. | Результати дослідження стану карнітинового обміну у юних спортсменів ……………………………………………………. | 45 |
| 3.3. | Вивчення показників фізичної працездатності у юних спортсменів ……………………………………………………. | 55 |
| 3.4. | Вивчення впливу L-карнітну на функціональні показники юних спортсменів ……………………………………………... | 58 |
|  | Висновки до розділу 3………………………………….…….. | 63 |
| РОЗДІЛ 4 | **Аналіз та узагальнення отриманих результатів дослідження** …………………………………………………... | 65 |
| ВИСНОВКИ……………………………………………........…. | 73 |
| ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ …………………...…………. | 75 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ… | 77 |

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ позначень**

АДФ – аденозиндифосфорна кислота;

АК – ацилкарнітини (пов'язаний карнітин) С0 – вільний карнітин;

АК/С0 – співвідношення зв'язаний карнітин/вільний карнітин;

АТ – артеріальний тиск крові;

АТФ – аденозинтрифосфорна кислота;

ЖЄЛ – життєва ємність легень;

КрФ – креатинфосфат;

МВЛ – максимальна вентиляція легень;

МСК – максимальне споживання кисню.

ЧСС – частота серцевих скорочень;

ШКТ – шлунково-кишковий тракт;

# Вступ

**Актуальність**. В умовах раннього залучення дітей до занять спортом, неухильного зростання спортивних результатів та інтенсивності тренувань спроби покращити адаптацію організму до «граничних» фізичних навантажень шляхом використання різних препаратів та біологічно активних добавок привертають увагу як фахівців спортивної медицини, так і самих спортсменок [1]. Не торкаючись питань використання в дитячо-юнацькому спорті допінгових засобів, яке, незважаючи на всі заборони, з кожним роком зростає, слід констатувати, що й застосування незаборонених «ергогенних» субстанцій є дуже серйозною проблемою.

По-перше, виробники даних речовин стверджують, що запропоновані ними продукти, не будучи допінгом, збільшують результативність спортсменів або швидкість відновлення після навантажень. Але при цьому вплив більшості біологічно активних речовин на фізичну працездатність не підтверджено [2].

По-друге, основна маса подібних препаратів і дієтичних добавок містить вітаміни, мінерали, мікроелементи, рослинні алкалоїди та інші відносно безпечні в рекомендованих дозах субстанції. Однак деякі засоби, наприклад, що містять алкалоїди ефедри і кофеїн, навіть при звичайних режимах дозування здатні викликати серйозні побічні ефекти у вигляді гіпертрофії та фіброзу міокарда, ішемічного некрозу кардіоміоцитів, периферичного вазоспазму і коронарного тромбозу, які в ряді випадків можуть привести до серйозних порушень та навіть летальних випадків. Подібні засоби надзвичайно популярні, наприклад, у США щорічно витрачаються десятки мільйонів доларів на виробництво подібних препаратів та їх використовують щонайменше 60% учнів спортивних шкіл [3].

У зв'язку з цим отримують своє логічне пояснення дані американського національного реєстру, що свідчать про суттєве збільшення в останні роки частки кардіоваскулярних причин, зокрема гіпертрофії міокарда у структурі раптової смерті спортсменів [4, 5].

Нарешті, основним фактором, що лімітує використання «ергогенних субстанцій» у дитячому та юнацькому спорті, є, на нашу думку, етична неприпустимість самого факту цілеспрямованого стимулювання фізичної працездатності дітей та підлітків. Очевидно, у дитячо-юнацькому спорті слід віддавати перевагу недопінговим засобам, що довели свою ефективність і безпеку при тривалому спостереженні і обов'язково мають, крім безпосередньо «ерготропного», інші позитивні фармакологічні властивості (наприклад, що прискорюють відновлення після навантажень, підвищують швидкість адаптації організму або здатні усувати дисфункції організму, пов'язані з інтенсивним навантаженням).

На жаль, перелік таких засобів дуже обмежений. Найбільшу увагу фахівців привертають креатин, L-карнітин та натрію бікарбонат [6]. Одним із найбільш вивчених є холіноподібний четвертинний амін – L-карнітин, який набув особливої ​​популярності як коректор енергетичного обміну, який збільшує переважно аеробну працездатність [7, 8]. Хоча останніми роками було виявлено низку нових механізмів [9].

Думка про розвиток дефіциту карнітину в ході інтенсивних фізичних навантажень висловлювалася і раніше [10], проте лише нещодавно було встановлено, що при цьому вміст вільного карнітину в м'язах знижується настільки значно – до 05 ммоль на 1 кг вологої маси м'яза [11]. Цей процес корелює з інтенсивністю навантаження і розглядається як один із механізмів зниження окислення жирних кислот у плазмі та триацилгліцеролів у м'язах під час вправ [12]. На думку В.М. Копелевича (2003), особливо швидко вторинна карнітинова недостатність формується у дітей та підлітків, що мають вкрай обмежені запаси цього метаболіту [13]. J. Lee та співавт. (2007) показали, що прийом екзогенного карнітину (4 г/добу протягом тижня) у поєднанні з фізичним навантаженням здатний підвищувати його запаси у м'язах [14].

У той же час при фізичному навантаженні загальна кількість жирних кислот, що поставляється в м'язи, перевищує енергетичні потреби та доступність кисню [15]. Надлишок утвореного ацилкоензиму А (КоА) з довгим ланцюгом може призводити до короткочасного порушення нормального перебігу процесів окисного фосфорилювання та зниження продуктивності при максимальному навантаженні [16]. Прийом L-карнітину здатний зменшити накопичення цих небезпечних амфіфілів і цим підвищити працездатність спортсменів. Крім того, карнітин здатний попереджати накопичення надлишкової кількості ацетил-КоА в мітохондріях [17]. Під час інтенсивного фізичного навантаження швидкість утворення останнього перевищує швидкість його утилізації в циклі Кребса, що пригнічує активність піруватдегідрогеназного комплексу [18] та веде до накопичення лактату. Карнітин реагує з ацетил-КоА, переходячи в ацетилкарнітин і вивільняючи коензим А, необхідний для нормального перебігу метаболічних процесів, інтенсифікує аеробний гліколіз і виділення енергії за рахунок нього [19] і пригнічує накопичення в крові та м'язах молочної кислоти [20] головну причину стомлення.

Істотний психологічний тиск на юних спортсменів, ранній початок занять спортом та використання надмірно інтенсивних навантажень визначає основне завдання – збереження здоров'я дітей, які займаються спортом [Баликова Л.А. та співавт., 2014]. Надмірні навантаження викликають перенапругу у функціонуванні багатьох органів та систем, погіршення психологічного стану, зниження адаптаційних можливостей, що впливає на інтенсивність тренувальних навантажень, які юний спортсмен здатний виконати без шкоди здоров'ю [Яковлєва Л.В. та співавт, 2013]. При цьому необхідно враховувати індивідуальні особливості росту та розвитку організму дитини, що важливо для збереження його здоров'я, попередження зниження працездатності та дозування фізичного навантаження. Також необхідно ретельно підходити до питання системності та адекватності фізичних навантажень під час тренувань, психосоматичного благополуччя юних спортсменів, оскільки для досягнення найкращих результатів спортсменки зазвичай вдаються до посилених навантажень [Ключников С.О. та співавт., 2010].

Багатьма авторами встановлено, що під впливом інтенсивних фізичних навантажень процеси клітинного метаболізму зазнають певні зміни. Внаслідок дефіциту кисню у клітинах у процесі циклу трикарбонових кислот відбувається накопичення проміжних продуктів обміну вільних жирних кислот. Поточні процеси ведуть до порушення функції клітини, і найчастіше до її загибелі. Виразність цих процесів збільшується зі зростанням ступеня гіпоксії тканин. Тому для профілактики погіршення стану здоров'я та зниження працездатності дітей необхідний всебічний підхід до вивчення енергозабезпечення фізичної діяльності.

У дитячій практиці у діагностиці різних станів особливо важливим є використання малоінвазивних та ефективних методів дослідження процесів, що відбуваються під впливом фізичної діяльності. Серед цих методів значну роль відіграє оцінка показників обміну карнітину. З огляду на вищесказане стає очевидною актуальність визначення особливостей обміну карнітину, вивчення фізичної працездатності у дітей-спортсменок на основі застосування сучасних методів дослідження.

**Мета роботи:** вивчити особливості взаємозв’язку між показниками обміну карнітину та фізичною працездатністю юних спортсменів, які займаються різними видами спорту.

**Завдання дослідження**

1. Вивчити стан карнітинового обміну за вмістом вільного карнітину та ацилкарнітинів у юних спортсменів, які займаються різними видами спорту.

2. Оцінити можливості фізичної працездатності у юних спортсменів залежно від виду фізичного навантаження за допомогою кардіореспіраторного тесту.

3. Виявити наявність взаємозв'язків між показниками обміну карнітину та фізичної працездатності юних спортсменок.

*Об'єктом дослідження* є юні спортсменки, які займаються різними видами спорту.

*Предметом дослідження* є стан карнітинового обміну юних спортсменів.

**Наукова новизна дослідження**

Вперше представлені дані про особливості обміну карнітину та фізичної працездатності у дітей, які займаються різними видами фізичного навантаження. У представників циклічних видів спорту вміст вільного карнітину достовірно вищий, ніж у дітей, які займаються художньою гімнастикою. Співвідношення пов'язаний карнітин/вільний карнітин достовірно нижче у юних спортсменок, які займаються циклічними видами спорту, що свідчить про високий мітохондріальний потенціал.

Виявлено позитивну кореляцію між значенням вільного карнітину та рівнем МСК. Прогностична цінність показника вільного карнітину та рівня максимального споживання кисню становить 20,9%. Прогностична значимість для рівня фізичної працездатності при комплексній оцінці показників обміну карнітину (вільного карнітину) та композиційного складу тіла (відсоткового вмісту жирової маси) збільшується до 36,8%.

**Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.** Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, практичних рекомендацій, висновків, списку використаної літератури (70 джерел, із яких 58 відображають результати досліджень зарубіжних фахівців). Загальний обсяг кваліфікаційної роботи становить 83 сторінки, ілюстрована таблицями та рисунками.

**РОЗДІЛ 1**

**Теоретико-методологічний аналіз особливостей обміну карнітину та фізичної працездатності дітей, які займаються різними видами спорту**

**1.1. Особливості енергетичного забезпечення м'язової діяльності юних спортсменів**

У сучасних умовах активного зростання популярності дитячо-юнацького спорту, спорту вищих досягнень стає дуже актуальним питання спеціалізації дітей та підлітків у спорті, медичного супроводу, розробки адекватного тренувального процесу, змагальної діяльності та відновлення спортсмена [21, 22]. Успіхи спортсменок на найвищому рівні (олімпійських іграх, чемпіонатах світу) визначаються досконалістю організації дитячого та юнацького спорту. З метою збереження здоров'я юних спортсменок на ранніх етапах тренувань необхідно приділяти багато уваги медичному забезпечення дитячо-юнацького спорту [23]. Цей процес становить особливий інтерес, оскільки у різні вікові періоди організм дитини проходить процес становлення і має анатомо-фізіологічні особливості. На фізичне та психосоціальне здоров'я підлітків впливають безліч зовнішніх факторів [24, 25].

Медико-біологічне забезпечення підготовки юних спортсменок є окремою специфічною частиною медичної науки та практики [26, 27]. Ця область медицини включає визначення стану здоров'я та фізичного розвитку спортсменок, а також діагностику, лікування та профілактику захворювань і пошкоджень, пов'язаних із заняттями фізкультурою і спортом. Основною метою медико-біологічного забезпечення дитячо-юнацького спорту є гармонійний розвиток дитини в рамках обраного виду спорту з урахуванням її вікових особливостей, функціональних можливостей, фізичного розвитку, у тому числі статевого дозрівання [28, 29]. У цьому мають бути зацікавлені тренери, лікарі-педіатри, спортивні лікарі. Особливе значення має надаватися аналізу динаміки фізичного розвитку, особливостям функціонування провідних систем організму, зокрема опорно-рухової. Лікар спільно з тренером повинен брати участь у медико-біологічному відборі в конкретні види спорту, а також в організації тренувального та відновлювального процесів з урахуванням специфіки вправ. Медико-біологічна підготовка спортсмена є невід'ємною частиною як тренувального, так і процесу змагання. Тому важливим розділом спортивної медицини як клінічної дисципліни є оцінка функціонального стану спортсмена - тренованості. Вирішення цього завдання допомагає лікарю, тренеру і самому спортсмену намітити найбільш раціональні шляхи вдосконалення спортивної майстерності [30, 31].

На жаль, у дитячо-юнацькому спорті існує низка проблем, пов'язаних із бажанням досягти найвищих результатів протягом короткого періоду часу. Дуже ранній початок спеціалізації дітей (у віці 4-5 років починається відбір дітей у таких видах спорту, як гімнастика, фігурне катання), бажання тренерів і навіть батьків отримати результат нерідко призводить до виснаження резервів дитячого організму, зростання травматизму серед юних спортсменок, погіршення стану здоров'я дитини [32]. Спроба досягти успіху будь-яким способом найчастіше призводить до того, що в процесі підготовки юних спортсменок починають використовувати різні фармакологічні препарати та інші методи допінгу. Неадекватні навантаження, яким піддається дитина, зростання обсягу та інтенсивності тренувань негативно позначаються на функціональному стані та здоровї спортсменок затримують фізичний та статевий розвиток дитини через фізіологічні особливості організму [33, 34].

Своєчасне виявлення факторів, що негативно позначаються і обмежують фізичну діяльність, вміння усувати ці фактори та адекватне застосування засобів корекції допомагають досягти високих результатів у спорті та зберегти здоров'я спортсмена. Застосування різних способів таких як, фізична дія, фармакологічні засоби дозволяють підвищувати працездатність та здатність до швидкого відновлення ресурсів організму спортсмена після інтенсивного фізичного навантаження. При використанні різних засобів, що впливають на механізми енергозабезпечення, необхідно враховувати індивідуальні особливості організму кожного спортсмена, його спортивні досягнення та кваліфікацію. Неправильне використання цих прийомів може бути малоефективним чи негативно вплинути здоров'я спортсмена [35, 36]. Питання адаптації юних спортсменок до фізичного навантаження та інших стресових ситуацій, підвищення працездатності та якнайшвидшого відновлення організму після навантаження привертають увагу фахівців [37]. Найважливішим механізмом, що визначає ці процеси, є продукування енергії у клітинах.

У біохімічних змінах, що виникають в організмі при заняттях деякими видами спорту, існує виражена подібність. Це обумовлено цілою низкою причин. По-перше, найбільш виражені зміни в організмі при м’язовій діяльності пов’язані з діяльністю механізмів енергетичного забезпечення роботи.

Існують три основні механізми енергозабезпечення: аеробний, пов’язаний з використанням кисню повітря, анаеробний алактатний (креатинфосфокіназний) і анаеробний лактатний (гліколітичний). Ці механізми енергопродукції забезпечують ресинтез основного енергетичного джерела м’язів - АТФ. Залежно від специфіки виконуваної м’язової діяльності частка кожного з видів питомої енергопродукції буде змінюватися. При будь-якій м’язовій роботі функціонують усі три шляхи ресинтезу АТФ, але включаються вони послідовно. У перші секунди роботи ресинтез АТФ відбувається за рахунок креатинфосфкіназної реакції, далі включається гліколіз і, нарешті, відповідно продовження роботи на зміну гліколізу приходить аеробний ресинтез АТФ (рис 1.1) [38].

Як видно з рисунка, перехід енергозабезпечення м’язової діяльності з 4 анаеробних шляхів на аеробні веде до зменшення сумарного вироблення АТФ за одиницю часу, що знижує потужність виконуваної роботи.



Рис. 1.1. Включення шляхів ресинтезу АТФ при виконанні фізичної роботи (Осипенко, 2018 р.).

Внесок кожного з механізмів утворення АТФ в енергозабезпечення м’язових рухів залежить від інтенсивності та тривалості фізичних навантажень. При короткочасній, але дуже інтенсивній роботі (наприклад, біг на 100 м) головним джерелом АТФ є креатинфосфокіназна реакція [39]. При більш тривалій інтенсивній роботі (наприклад, біг на середні дистанції) більша частина АТФ утворюється гліколітичним шляхом. При виконанні вправ великої тривалості, але помірної потужності енергозабезпечення м’язів здійснюється в основному за рахунок аеробного окиснення [40]. У табл. 1 наведені величини критеріїв вищезазначених шляхів ресинтезу АТФ.

*Таблиця 1*

*Кількісні критерії основних шляхів ресинтезу АТФ*

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерії** | **Шляхи ре синтезу АТФ** |
| **Креатинфосфо****кіназний** | **Гліколітичний** | **Аеробний** |
| Максимальна потужність, кал/ хв.кг | 900-1100 | 750-850 | 350-450 |
| Час розгортання | 1-2 с | 20-30 с | 2-4 хв. |
| Час збереження максимальної потужності | 8-10 с | 2-3 хв. | десятки хвилин |

Участь різних механізмів в енергетичному забезпеченні роботи та біохімічні зміни, що обумовлені їхньою діяльністю в організмі визначаються рядом факторів, тим або іншим чином представлених у всіх видах спорту [41]. Серед цих факторів у першу чергу необхідно виділити наступні: - режим діяльності м’язів (статичний, динамічний, змішаний); - кількість м’язів, що приймають участь у роботі; - потужність і тривалість роботи. Статичний режим діяльності м’язів утрудняє кровообіг, постачання працюючих м’язів киснем і живильними речовинами, видалення продуктів розпаду [42]. Це призводить до підвищення ролі анаеробних процесів в енергетичному забезпеченні роботи, тобто робить її більш анаеробною. Навпроти, динамічний характер сприяє кровообігу в працюючих м’язах, поліпшує їх постачання енергетичними субстратами, киснем, прискорює видалення продуктів розпаду, тобто сприяє аеробізації роботи. Виконання однакової роботи за участю різної кількості м’язових груп супроводжується різними біохімічними зрушеннями в організмі. Зменшення кількості м’язів, що приймають участь у роботі, підвищує значимість анаеробних процесів в енергетичному забезпеченні роботи, тобто призводить 6 до посилення анаеробних зрушень в організмі [43].

Виконання інтенсивної м’язової роботи за участю невеликої кількості м’язових груп може супроводжуватися анаеробними зрушеннями в самих працюючих м’язах. Однак в організмі у цілому це може й не викликати істотних змін. Значні анаеробні зрушення в організмі відбуваються при виконанні інтенсивної м’язової роботи глобального характеру, яка здійснюється за участю великих м’язових груп [44].

Найважливішими факторами, що визначають характер і глибину біохімічних змін в організмі, є потужність і тривалість вправи. Основне значення для біохімічної оцінки фізичних вправ має їхня потужність, тому що саме цим визначається величина кисневого запиту. Від ступеня його задоволення залежить протікання хімічних процесів, пов’язаних з енергетичним забезпеченням м’язової діяльності та ресинтезом АТФ [45].

 Між потужністю та тривалістю вправи існує зворотна залежність: чим інтенсивніше робота, тим коротший час її можна виконувати. Найчіткіше ця залежність проявляється в циклічних видах спорту, наприклад, у легкоатлетичному бігу середня швидкість бігу швидко знижується зі збільшенням дистанції. Потужність і тривалість вправи визначають енерговитрати (загальні та в одиницю часу роботи), як і участь різних енергостворюючих механізмів в енергетичному забезпеченні роботи [46].

У свою чергу участь в енергозабезпеченні різних механізмів перетворення енергії, ступінь їх активізації в найбільшому ступені визначають характер і глибину біохімічних змін. Короткочасні вправи високої інтенсивності забезпечуються енергією переважно за рахунок анаеробних механізмів. Зі збільшенням тривалості роботи зростає роль аеробних процесів [47].

Інтенсивні фізичні навантаження викликають певні метаболічні зміни у спортсменок. В організмі процеси енергообміну здійснюються за рахунок універсальних органел – мітохондрій [48, 49, 50]. Основний шлях ресинтезу АТФ – окисне фосфорилювання з використанням вуглеводів та ліпідів як енергетичного субстрату [51]. В останні роки теорія ремоделювання стала витісняти уявлення про мітохондрії, як про статичні субстанції. Так, за певних умов мітохондрії здатні утворювати конгломерати або зазнавати процесу розподілу, зберігаючи при цьому загальну зовнішню мембрану [52, 53]. Особливого значення в останні роки набуває поняття мітохондріальна патологія [54]. Згідно з літературними даними, виділяють морфологічні, біохімічні критерії (цитохімічні ознаки пригнічення активності ферментів СДГ, α-ГФДГ, ЛДГ, зниження рівня карнітину в крові) та клінічні симптоми мітохондріальної недостатності (низька толерантність до фізичних навантажень, швидка стомлюваність) [55].

 Незважаючи на те, що окиснювальна здатність м'язів визначається кількістю мітохондрій та активністю окислювальних ферментів у них, клітинний метаболізм, зрештою, залежить від адекватності постачання клітин у тканинах киснем [56]. В результаті дефіциту кисню в клітинах в процесі циклу трикарбонових кислот відбувається нагромадження проміжних продуктів обміну вільних жирних кислот – ацилкарнітину, ацил-КоА, НАД·Н, пригнічується піруватдегідрогеназа, відповідно, можливість утилізації пірувату, він усувається, перетворюється на лактат (рис. 1.2).



*Рис. 1.2. Цикл трикарбонових кислот (цикл Кребса)*

Лактат накопичується в цитозолі разом з Н+, що призводить до зниження внутрішньоклітинного рН та порушення функції клітини. Крім цього, проміжні продукти обміну вільних жирних кислот ускладнюють перенесення макроергічних фосфатів через їхню мембрану, сприяючи зниженню енергодефіциту та подальшої активації гліколізу. Виразність цих процесів збільшується зі зростанням ступеня дефіциту кисню. Це сприяє виникненню тяжкого ацидозу, що спочатку призводить до функціональних порушень, пошкодження мембран, а в результаті і загибелі клітини [57]. Таким чином, пошкодження клітинних структур можна охарактеризувати послідовністю, представленою на схемі (рис. 1.3).

*Рис. 1.3. Послідовність ушкодження клітинних структур*

***Особливості енергозабезпечення у плаванні***

Основні дистанції спортивного плавання (25, 50, 100, 200, 400, 1000, 1500м і понад 1500м) відносяться до максимальної, субмаксимальної, великої і помірної зон потужності. За своїм характером біохімічні зміни в організмі плавців подібні змінам, що відбуваються при виконанні відповідних за тривалістю бігових вправ. Особливості біохімічних змін при плаванні зв’язані, насамперед, з водним середовищем. Крім енерговитрат, що забезпечують виконання роботи, плавання характеризується більшими тепловтратами, що викликаються високою теплопровідністю води, яка приблизно в чотири рази перевищує теплопровідність повітря. Це обумовлює істотніші витрати енергетичних субстратів у плавців. Саме перебування у воді збільшує потребу організму у кисні на 35-55 % і підвищує тепловіддачу тіла більше, ніж у 4 рази. Усе це значно підсилює обмін речовин, і, таким чином, викликає відповідні біохімічні зміни в організмі.

Додатковий вплив на організм водного середовища, а також відсутність потовиділення при виконанні навантаження у воді значно збільшують вплив плавання на біохімічний стан організму спортсменок. Виконання ними будь-якої фізичної вправи у воді супроводжується підвищеними показниками кисневого боргу, використання енергетичних джерел, вмісту продуктів гліколізу і окисного фосфорилювання [58].

При плаванні на короткі дистанції у зв’язку з високим кисневим боргом вміст молочної кислоти у крові значно збільшується, а її лужний резерв зменшується (на 45-60 %). Відсутність потовиділення при роботі у воді супроводжується меншою втратою маси тіла плавців і значним підвищенням концентрації молочної кислоти та аміаку в сечі.

Плавання на середні і довгі дистанції характеризується менш вираженими біохімічними змінами. При цьому у крові плавців знижується вміст цукру і фосфоліпідів. У меншій кількості накопичується молочна кислота, що несуттєво змінює її буферні властивості [59].

У зв’язку зі збільшеними енерговитратами у організмі плавців активно використовуються ліпіди, а силовий характер плавання суттєво впливає на обмін білків, що значно підвищує вміст у крові і сечі спортсменок проміжних продуктів обміну цих речовин. Таким чином, величина біохімічних зрушень в організмі плавців залежить від тривалості їхньої роботи на дистанції і може також залежати від способу плавання та температури води. Швидші способи плавання (кроль), як і зниження температури води, супроводжуються поглибленими біохімічними зрушеннями в організмі спортсмена [60].

***Особливості енергозабезпечення у гімнастиці (художній)***

Відноситься до ациклічних, але найбільш універсальних видів спорту, що гармонійно розвивають усі м’язи тіла спортсменок. Постійне заняття спортивною гімнастикою сприяє розвитку сили і розтяжності м’язів, швидкісносилових якостей, гнучкості і координації пересування в просторі. Тривалість виконання гімнастичних вправ невелика, тому їх слід розглядати як роботу максимальної і субмаксимальної потужності. У зв’язку з тим, що періоди відпочинку між роботою гімнастів в окремих вправах тривалі, біохімічні зміни в їхньому організмі незначні [61].

Енергозабезпечення організму в процесі виконання гімнастичних вправ відбувається в основному за рахунок креатинфосфату. Однак при потужнішій діяльності гімнастів (махи на коні, кільце) до енергетичного забезпечення залучаються анаеробні реакції гліколізу, підвищується інтенсивність обміну білків крові, що супроводжуються збільшенням вмісту молочної кислоти і сечовини. Величина біохімічних зрушень в організмі залежить від складності програми, а також від майстерності гімнастів. Зміни біохімічного складу організму, що настали в період роботи, в значній мірі усуваються під час перерв аеробними процесами [62].

При постійних тренуваннях гімнастичними вправами анаеробні і аеробні можливості організму спортсменок розвиваються недостатньо, що є причиною їх низької витривалості. Тому з метою підвищення загальної працездатності організму в тренувальні заняття гімнастів потрібно включати фізичні вправи, спрямовані на вироблення анаеробних можливостей і витривалості організму до тривалої роботи [63].

**1.2. Роль карнітину в метаболізмі**

Карнітин – це амінокислотний дериват, що грає есенціальну роль у клітинному метаболізмі шляхом ацилювання його β-гідроксильної групи. L-карнітин надходить в організм з їжею тваринного походження і накопичується в основному в м'язовій тканині - до 95% всього споживаного карнітину, у зв'язку з цим його дефіцит насамперед відбивається на м'язовій активності [56]. Біологічно активним є природний L-стереоізомер карнітину, тому як харчова добавка або лікарський препарат повинен застосовуватися тільки L-карнітин [64].

Необхідно відзначити, що попередження м'язових порушень, спричинених насамперед високими фізичними навантаженнями, зумовлене антиоксидантною активністю L-карнітину [15, 26]. При цьому роль L-карнітину не обмежується лише участю в енергетичному обміні м'язів. По суті, він забезпечує високий фармакотерапевтичний ефект при пошкодженні м'язової тканини [17, 42].

В організмі людини та тварин L-карнітин синтезується переважно в печінці та нирках шляхом трансформації лізину та метіоніну за участю вітамінів С, В3, В6, фолієвої кислоти, заліза, ряду амінокислот та ферментів [6]. Основна його функція полягає у перенесенні довголанцюгових жирних кислот з цитозолю в мітохондріальний матрикс, де відбувається їх β-окислення до ацетил-КоА, який є субстратом для утворення АТФ у циклі Кребса [1, 6, 29].

Жирні кислоти з короткою та середньою довжиною ланцюга (від 4 до 12 атомів вуглецю) можуть проникати в матрикс мітохондрій шляхом дифузії. Жирні кислоти з довгим ланцюгом, які переважають в організмі людини (від 12 до 20 атомів вуглецю), активуються ацил-КоА-синтетазою, розташованою на зовнішній мембрані мітохондрій, за участю іонів магнію та АТФ [8]. Ці ферменти каталізують реакцію, в ході якої виникає тіоефірний зв'язок між карбоксильною групою жирної кислоти та тіоловою групою коферменту А, тобто утворюється СоА – похідне жирної кислоти; одночасно АТФ розщеплюється на АМФ та неорганічний фосфат.

Довголанцюжковий ацил-СоА (ДЦАСоА), що утворився, каталізується ферментом карнітінацилтрансферазою I на зовнішній поверхні внутрішньої мембрани з утворенням ацилкарнітину, який переносяться через внутрішню мітохондріальну мембрану за допомогою транспортного білка – карнітінацилтранслокази (рис. 1.4) [65].



глюкоза жирні кислоти ацил-карнітин

*Рис. 1.4. Участь карнітину у переносі довголанцюгових жирних кислот через мітохондріальну мембрану*

На внутрішній поверхні внутрішньої мембрани мітохондрій фермент карнітінацилтрансферазу II каталізує перенесення ацилу на внутрішньомітохондріальний СоА з утворенням ацил-СоА, який у процесі β-окислення перетворюється на ацетил-СоА, що бере участь у циклі трикарбонових кислот [48]. Вільний карнітин повертається на зовнішню сторону внутрішньої мембрани мітохондрій тією ж транслоказою.

Вважається, що цим шляхом у мітохондрії надходять переважно довголанцюгові жирні кислоти.

Крім функції переносника жирних кислот, карнітин також модулює співвідношення ацил-СоА/СоАSH, підтримує пул вільного CoA, який необхідний для функціонування піруватдегідрогенази, α-кетоглутаратдегідрогенази [66] і, отже, до роботи ЦТК.

Зниження надходження карнітину викликає зменшення вмісту СоА в матриксі і супутнє підвищення співвідношення ацил-СоА/СоАSH, що викликає інгібування ферментативної активності згаданих вище дегідрогеназ. Отже, послаблюється не тільки окислення жирних кислот, а й утилізація вуглеводів, катаболізм деяких амінокислот, дезінтоксикація цитотоксичних органічних кислот і ксенобіотиків [67].

Важлива в ефектах експресія міогенних регуляторних факторів Myf5 та MyoD, спричинена карнітином, що призводить до гальмування прогресування процесів раннього диференціювання незрілих клітин м'язів [11, 35, 43].

Крім того, карнітин сприяє експресії міогенних регуляторних факторів, таких як міогенін та скелетно-м'язовий білок MyHC, який модулює IGF-1/AKT/p70S6 сигнальні шляхи [22, 24, 31]. Ця властивість сприяє інгібіюванню експресії таких білків, як MuRF1 і атрогіна-1, – факторів, залучених до убіквітін-протеасомної системи (UPS – ubiquitin proteasome system), що регулює механізми білкової деградації [12, 22, 44]. Надходження з їжею карнітину сприяє придушенню експресії генів, що модулюють вивільнення IGF-1 [27, 32, 33] – інгібітора UPS.

Також L-карнітин зберігає цілісність мембран, стабілізує імунну систему, сприяє більш економному витрачанню запасів глікогену та глюкози в період тривалих інтенсивних тренувань [1], бере участь в обміні кетонових тіл та холінів, пригнічує утворення лактату та процеси апоптозу [25].

У стресової для клітини ситуації може виникати дефіцит карнітину, що насамперед відбивається на внутрішньоклітинному його вмісті (концентрація карнітину в плазмі менше 20 мкмоль·л-1, а тканинах менше 20% від норми). У разі гіпоксії змінюється метаболізм жирних кислот, який характеризується порушенням бета-окисленням жирних кислот. Цей процес пов'язаний зі зниженням рівня карнітину, внаслідок чого відбувається внутрішньоклітинне накопичення жирних кислот, ацилкарнітінов, ацил-КоА. Підвищена концентрація ацил-КоА пригнічує транспорт аденінуклеотидів у мітохондріях, зменшує активність ацил-КоА-синтетази [10, 30, 69]. При дефіциті ферментів, що здійснюють транспорт карнітину та його сполук через мітохондріальні мембрани, виникає порушення транспорту карнітину. Дефіцит карнітинпальмітоїлтрансфераз порушує транспортування довголанцюгових жирних кислот в комплексі з карнітином через мітохондріальні мембрани, виникає дефіцит.

Залежно від причини дефіциту карнітину виділяють первинний дефіцит карнітину, обумовлений дефектом транспорту карнітину в клітини та тканини, який виникає при генетично детермінованих дефектів метаболізму карнітину, і має аутосомно-рецесивний тип успадкування. Ген транспортер карнітину SLC22A5 експресується у серці, нирках та скелетних м'язах. Вторинна недостатність карнітину характерна для групи спадкових захворювань обміну речовин, у тому числі для хвороб транспорту та окислення жирних кислот, органічних ацидемій, спостерігається переважання втрат карнітину над його надходженням. При цих станах відбувається активне виведення кон'югатів карнітину з токсичними органічними кислотами через сечу, що зумовлює низький рівень карнітину в крові та тканинах. Вторинний дефіцит карнітину, пов'язаний з порушенням обміну органічних кислот, дефіцитом ацил-КоА-дегідрогеназ, дефектами в ланцюзі дихальних ферментів мітохондрій та деякими соматичними захворюваннями та патологічними станами [14, 41, 152].

Симптоми недостатності карнітину різноманітні та неспецифічні. При цьому порушується робота трьох основних систем організму: серцевого м'яза; центральної нервової системи та скелетних м'язів [26, 32, 34, 38].

Добова потреба організму в карнитині варіює у межах (200-50 мг). Частина її (25%) покривається з допомогою ендогенного синтезу, а 75% з допомогою надходжень ззовні [30, 38, 59, 70]. Основна частка карнітину надходить до організму з їжею тваринного походження: молоко, м'ясо, риба. Ендогенний синтез L-карнітину відбувається у печінці шляхом трансформації лізину, донатором метильних груп при цьому є метіонін. Джерелом лізину та метіоніну є харчові продукти, а також власні білки м'язової тканини. 97% L-карнітину знаходиться в скелетних м'язах та міокарді. Це тканини, які використовують жирні кислоти, як основне джерело енергії [22]. Ендогенний синтез карнітину знижується також при гіпотрофії, ураженні печінки та нирок, порушенні фізичного розвитку.

 Порушення харчування, супутні захворювання, різні стресові ситуації не тільки погіршують всмоктування, а й прискорюють виведення карнітину з організму [54, 57, 61]. Тому при організації харчування спортсменок необхідно враховувати білкову, енергетичну цінність продуктів, вміст жирів у раціоні. Харчування молодих спортсменок з низьким вмістом жирів пригнічує запас тригліцеридів, що клінічно виявляється у ранньому настані стомлення у процесі тренувань [17, 64].

Вперше L-карнітин було виділено В.С. Гулевичем та Р. Кримбергом понад сто років тому – у 1905 р. з екстракту м'язової тканини. Структура карнітину було встановлено 1927 р, але функції було вивчено лише п'ятдесят років тому. Виявилося, що вітаміноподібна амінокислота, здатна синтезуватися в організмі, є стимулятором окислення жирних кислот в енергетичному центрі тваринної клітини [58].



*Рис. 1.5. Хімічна формула речовини*

L-карнітин – це речовина з групи четвертинних амінів (рис. 1.5), яка відіграє важливу роль в енергетичному обміні клітини: переносить вільні жирні кислоти з цитозолю всередину мітохондрії, таким чином, збільшується надходження кращих субстратів для окисного метаболізму. А в умовах гіпоксії ця речовина запобігає накопиченню ефірів жирних кислот. При гіпоксії тканин вміст L-карнітину знижується [30, 48].

Потреба в L-карнітіні залежить від віку, виду спорту та підвищується при фізичних та психо-емоційних навантаженнях у 4–20 разів. Щоденний харчовий раціон, що включає повноцінне різноманітне харчування, тобто продукти, як тваринного, так і рослинного походження, забезпечує 25% потреби організму в L-карнітині. Тому стає необхідним прийом препаратів L-карнітину для відновлення його рівня при інтенсивних навантаженнях [54].

При застосуванні препаратів L-карнітину у юних спортсменок збільшується тривалість та інтенсивність тренувань, підвищується фізична витривалість, заняття стають більш ефективними [21, 27]. Поєднане застосування L-карнітину з препаратами коензиму Q10 призводить до активації мітохондріального ферменту сукцинатдегідрогенази, тобто аеробного компонента [6, 25, 55]. Внаслідок комплексного впливу енерготропних препаратів знижується потреба у додатковому компоненті утворення енергії – анаеробному [44]. При тривалому навантаженні в аеробних умовах вивільняються вільні радикали, які негативно впливають на мітохондрії, пригнічуючи їхню діяльність, що позначається на енергозабезпеченні всього організму [35, 69].

Так як при фізичному навантаженні необхідне інтенсивніше забезпечення м'язової діяльності енергією, це веде до виснаження ресурсів організму, перевтоми та розвитку енергодефіцитного стану. Виявлятися перевтома може загальним занепадом сил, дисфункціями окремих органів чи систем, перевтомою, нервово-психічним стресом. Симптоми перенапруги різноманітні і включають вісцеральні прояви: дисфункції серцево-судинної системи у вигляді порушення реполяризації міокарда; зниження реактивності імунної системи, що проявляється частими респіраторними вірусними інфекціями та алергічними реакціями; зменшення маси тіла та м'язової маси; почастішання травм та ушкоджень [28]. Незважаючи на те, що в такій ситуації організм людини може нормально функціонувати, зокрема спортсмен може демонструвати непогані результати, надалі це призводить до розвитку негативних наслідків на психофізіологічному або соматичному рівні, а також до погіршення спортивних показників [3, 13]. Стає очевидним, що стан енергодефіциту потребує корекції.

Необхідно пам'ятати, що при використанні методів, що впливають на працездатність, енергозабезпечення та механізми адаптації до фізичного навантаження, важливо враховувати індивідуальні особливості розвитку кожного спортсмена, вік, стать, його спортивні досягнення та кваліфікацію [9, 15].

При призначенні фармакологічних засобів корекції необхідно дотримуватись рекомендацій щодо їх вживання. Варто звертати увагу на потреби органів і систем відповідно до етапів підготовки спортсмена, можливість якнайшвидшого придбання якостей, властивих обраному виду спорту (швидкість, сила, витривалість, координація), необхідність отримання ефекту суперкомпенсації для досягнення максимального результату змагання [5, 8, 18]. Фармакологічні препарати, що призначаються, повинні підвищувати фізичну працездатність, психічну стійкість і здатність до швидкого відновлення ресурсів організму і не виходити за рамки забороненого списку, регламентованого Всесвітнім антидопінговим агентством [38]. За офіційними даними, сьогодні вже 48% юних спортсменок використовують ті чи інші дозволені чи заборонені «ергогенні» субстанції задля досягнення найкращих результатів [28, 30].

Енерготропна терапія – це комплекс лікувально-профілактичних заходів, покликаних вирішити проблеми порушення внутрішньоклітинних процесів енергообміну. Застосування засобів енерготропної терапії при різних патологічних станах (ураження серцево-судинної, дихальної, нервової систем), інфекційних захворюваннях, у тому числі й у дітей, вивчено досить детально. Існує безліч прикладів успішного, патогенетично обґрунтованого застосування засобів корекції енергодефіцитних станів у клінічній практиці. Багато авторів також роблять спроби вивчити можливість застосування засобів метаболічної корекції для підвищення адаптаційних процесів у юних спортсменок, оскільки на сьогоднішній день пріоритетні питання оздоровлення, формування здорового способу життя, залучення дітей і підлітків до активних, регулярних занять фізичною культурою і спортом [17, 27, 28]. В окрему групу було винесено рекомендації щодо застосування енерготропних препаратів для:

1) підвищення адаптаційного потенціалу організму;

2) реабілітаційних заходів при різних захворюваннях та підвищення компенсаторно-адаптаційних можливостей організму [63].

Енерготропними препаратами називаються метаболічно активні засоби, метою яких є механізми енергетичного обміну. Вони впливають на внутрішньоклітинні процеси анаеробного та аеробного окислення [17, 63]. На біохімічному рівні потреба у них виникає за невідповідності рівня споживання тканинами кисню та обсягу його доставки. До таких речовин відносяться L-карнітин, коензим Q10, тіамін, янтарна кислота, нікотинамід, рибофлавін, малат, вітаміни групи А, Е, В, цитрулін та інші препарати [6].

Залежно від етапів клітинного метаболізму, де має діяти речовина, виділяють кілька груп препаратів (табл. 1.2). Однак цей поділ є умовним, оскільки представлені засоби можуть виконувати різні функції в метаболізмі клітини [28].

 *Таблиця 1.2*

*Засоби, що застосовуються при порушеннях клітинного енергообміну*

|  |  |
| --- | --- |
| Речовини, що переносять електрони | Вітаміни К1 та К3, коензим Q10, янтарна кислота, цитохром С, біофлавоноїди |
| Кофактори енергообміну | Вітаміни групи В, РР, ліпоєва кислота, біотин, L-карнітин |
| Зменшують ступінь лактат-ацидозу | Димефосфон |
| Антиоксиданти | Вітаміни С та Е |

Також є класифікація В.В. Гацури (1984), згідно з якою у клінічній практиці застосовується кілька груп засобів “метаболічної” терапії. Вони використовуються відповідно до їх ролі в механізмах адаптації та компенсації зрушень енергетичного обміну.

• активатори гліколітичної енергопродукції (“Гексозофосфат”, гіалуронідаза, інсулін, вітамінно-мінеральні комплекси);

• активатори продукції макроергів у циклі Кребса (сукцинат, аспаркам, глутамінова кислота);

• модулятори жирового обміну (нікотинова кислота, есенціал, антиоксиданти);

• екзогенні макроергічні фосфати [48].

У практиці найбільш доцільним вважається застосування комплексів енерготропних препаратів, які мають здатність впливати на кілька ланок клітинного енергообміну. Це пояснюється тим, що не вдається виявити точкове пошкодження мітохондрій, оскільки в більшості випадків симптоми мітохондріальної дисфункції проявляються клінічно, а на якому саме етапі стався збій, сказати складно. Наявність ефективного діагностичного інструментарію, розробка клінічних, біохімічних, морфологічних та молекулярно-генетичних критеріїв мітохондріальної недостатності, дозволяє оцінювати полісистемність порушення клітинного енергообміну та впливати на нього [26].

**1.3. Ефективність L-карнітину при фізичних навантаженнях**

В останні 30 років відзначається помітне підвищення кількості наукових публікацій щодо вивчення ролі L-карнітину в обміні речовин. До 2020 року було вже понад 10 000 наукових повідомлень та щорічно публікується близько 300 робіт з вивчення властивостей та ефектів L-карнітину. Протягом багатьох років L-карнітин входить до складу біологічно активних добавок, які є у спорті високих досягнень [2, 47].

Однак найбільшу перспективу є застосування L-карнітину при інтенсивних фізичних навантаженнях. У спортивній практиці він зарекомендував себе як досить ефективний недопінговий анаболічний засіб, здатний запобігати накопиченню надлишкової кількості молочної кислоти в м'язах, яку розглядають як головну причину втоми.

Потреба організму спортсмена в екзогенному надходженні L-карнітину багаторазово збільшується в умовах підвищеного фізичного навантаження, що можна усунути застосуванням препаратів, що містять його аналоги.

Надмірне накопичення в мітохондріях ацилCoAs в умовах підвищеного фізичного навантаження веде до пригнічення швидкості ферментозалежних процесів окисного метаболізмуу різних тканинах організму. Карнітин здатний приймати ацильні групи для перетворення на ацетил-карнітин, ефективно знижуючи рівень ацил-CoA та розширюючи можливість для продовження вправ з високою інтенсивністю [36]. Цей процес обмежений рівнем L-карнітину в м'язах, який поступово зменшується із продовженням інтенсивних вправ. Таким чином, рівні L-карнітину в м'язах асоціюються зі здатністю підтримувати високий рівень аеробного окислення за низького рівня продукції молочної кислоти [1, 6, 9, 36, 47].

Отже, з теоретичних позицій використання L-карнітину дозволяє зменшити частку анаеробного лактатного енергоутворення та збільшити внесок більш ефективної аеробної енергопродукції, підвищуючи активність дихального ланцюга у м'язах та працездатність в умовах інтенсивних фізичних навантажень. Він сприяє зменшенню ознак фізичного та психічного перенапруги, стимулює працездатність, підвищує апетит і виявляє кардіо-, гепато-, нейропротекторну дію, має імуностимулюючі властивості [36].

Думка про доцільність застосування L-карнітину під час підготовки спортсменок висловлювалася вітчизняними вченими [4]. Однак глибоке теоретичне та практичне обґрунтування цього питання було дано у зарубіжних дослідженнях. Так, у кількох незалежних дослідженнях, що включали загалом 350 осіб, виявлено позитивний ефект карнітину при досить тривалому його застосуванні (не менше 1 місяця в дозі близько 3 г/добу).

Ряд досліджень свідчить, що регулярне вживання L-карнітину не призводить до змін дихального коефіцієнта, працездатності м'язів та акумуляції лактату у здорових спортсменок, що, ймовірно, можна пояснити індивідуальними відмінностями спортсменок і спонукає до подальших досліджень [46, 50]. Дослідження, проведені на базі Національного університету фізичного виховання та спорту України, свідчать про підвищення працездатності та ігрової витривалості волейболістів та баскетболістів, які застосовували L-карнітин, про зменшення гострих респіраторних захворювань у спортсменок [46].

Ефект від застосування L-карнітину при інтенсивному фізичному навантаженні був показаний більш ніж у 300 дослідженнях. Слід зазначити, що поряд з цим L-карнітин здатний послаблювати побічні ефекти інтенсивних тренувань, знижуючи рівень гіпоксії, сприяє відновленню м'язів та активізує імунну систему. Нові дані про ефекти L-карнітину на імунну систему, метаболічні процеси, ендокринні функції є основою для подальших досліджень системних ефектів його застосування спортсменами [27].

**Висновки до розділу 1**

Роль багатьох нутрієнтів у підтримці здоров'я, збільшенні тривалості життя добре відома. Багато харчових продуктів і макро- і мікронутрієнти, що містяться в них, сприяють профілактиці серцево-судинних, нейродегенеративних, запальних захворювань, діабету, міопатій, а також профілактиці ускладнень в результаті опромінення. L-карнітин відіграє важливу роль у придушенні запальних реакцій, окислювального стресу та апоптозу, ішемічної хвороби серця. Тривалий прийом карнітину стимулює окислення пірувату, що сприяє ремоделлінгу міокарда і покращує функції міокарда, при цьому усуваються мембранні дисфункції мітохондрій, пригнічується окислювальний стрес.

Сучасний спорт вищих досягнень вимагає від спортсмена прояву максимуму фізіологічних можливостей, але при цьому дає мінімум часу та можливостей для повноцінного відновлення. При напруженому графіку інтенсивних тренувань природні процеси відновлення функцій організму перебувають під постійним тиском прогресивно наростаючої втоми. Працездатність у видах спорту, що потребують розвитку аеробної витривалості, багато в чому залежить від можливостей системи доставки та видалення продуктів енергетичного метаболізму, а також окисного потенціалу робочих м'язів та доступності енергосубстратів (вуглеводів та ліпідів). Вуглеводні запаси при субмаксимальній аеробній роботі можуть забезпечувати виконання вправи протягом 80-90 хв. Тому у видах спорту, де змагальна вправа триває довше (марафон, лижні гонки, велоспорт та ін.), особливо гостро постає проблема доступності жирових субстратів.

Аналіз літератури дозволяє констатувати, що до сьогодні ще не сформовано уявлення про нормативні показники імунофізіологічних параметрів для представників професійного спорту. Також найважливішою проблемою і досі залишається забезпечення організму енергетичними речовинами та повноцінне видалення метаболітів.

У контексті подібних проблем виникає фізіологічно обґрунтована потреба у застосуванні недопінгових ергогенних засобів корекції метаболічних порушень, які покликані активізувати та скоротити час адаптаційних реакцій організму до прогресивно наростаючих тренувань.

**РОЗДІЛ 2**

**методи та організація дослідження**

**2.1. Методи дослідження**

Для вирішення поставлених завдань і отримання об'єктивних даних у роботі використовувалися наступні методи досліджень:

1. теоретичний аналіз спеціальної науково-методичної літератури та мережі Інтернет;
2. педагогічне спостереження і контроль;
3. методи математичної статистики.

**2.1.1. Теоретичний аналіз спеціальної науково-методичної літератури та мережі Інтернет**

Вивченнялітературних джерел і узагальнення даних спеціальної літератури дозволили сформувати загальне враження про досліджувану проблему, встановити рівень її розвитку та перспективності. Аналіз літературних джерел дозволив вивчити проблему і використати отримані дані при написанні першого та другого розділів роботи.

При роботі з літературними джерелами особлива увага приділялась вивченню особливостей обміну карнітину та фізичної працездатності у дітей, які займаються різними видами спорту.

У результаті узагальнення даних літератури був виділений комплексний підхід до системного аналізу, обґрунтовані стратегія і методи дослідження. Аналітичний огляд літературних даних наведено у першому розділі роботи. Переважно розглядалися роботи останніх років (2000-2022 рр.), всього 70 літературних джерел, з них 52 – іноземних.

**2.1.2. Педагогічне спостереження і контроль**

З метою вирішення поставлених завдань проведено комплекс фізіологічних, біохімічних, гігієнічних та педагогічних методів досліджень. В дослідженнях брали участь спортсменки, що спеціалізуються в плаванні (7 осіб), художній гімнастиці (10 осіб) та контрольна група (7 осіб). Навчально-тренувальні заняття проводилися 4-5 разів на тиждень. Вік спортсменок становив 12 – 16 років. Спортивна кваліфікація спортсменок КМС, І розряд. Всі спортсменки, які брали участь в експерименті на момент проведення дослідження, були практично здоровими. Спортсменки підписували письмову згоду на проведення дослідження.

Структура та якість харчування спортсменок вивчалася анкетно-опитувальним методом. Керуючись рекомендаціями з урахуванням індивідуальних добових енерговитрат та фізичних даних спортсменок розраховувалися потреби в енергії та основних харчових речовинах маро- та мікроряду, за якими оцінювали фізіологічну повноцінність харчування та рівень дефіциту окремих нутрієнтів.

 Для досягнення поставленої мети і вирішення ряду завдань дослідження використовувалися такі методи:

1) *Загальноклінічні методи дослідження* включали: збір анамнезу життя, біохімічний аналіз крові, загальний аналіз сечі, докладне анкетування, встановлення особливостей режиму харчування молодих спортсменок. Анкета включає питання кратності і частоти харчування, смакових пристрастей, застосування вітамінних комплексів, БАДів, енерготропних препаратів. Зразок крові для загального аналізу (ОАК) забирався вранці в приватній лабораторії, аналіз проводився за допомогою автоматичного аналізатора.

2) *Рідинна тандемна хромато-мас-спектрометрія.* Для лабораторної діагностики порушень метаболізму ацилкарнітинів (жирних кислот) застосовувався метод рідинної тандемної хромато-мас-спектрометрії з іонізацією в електроспреї. Цей метод реалізується на тандемних хромато-мас-спектрометрах фірми «Agilent 6410». Дослідження проводилося у приватній генетичній лабораторії у м. Київ. Рідинні хроматомас-спектрометри призначені для високочутливого кількісного аналізу слідових концентрацій речовини. Мас-спектрометрія – метод дослідження речовини шляхом визначення ставлення маси до заряду (якості) та кількості заряджених частинок, що утворюються при тому чи іншому процесі на речовину. Перевагою цієї методики є максимальна автоматизованість аналізу. Програмне забезпечення виконує кількісний розрахунок аналізованих сполук за співвідношенням їх відгуків з відповідним відповідним внутрішнім стандартом і автоматично генерує індивідуальний звіт, в якому містяться концентрації компонентів та їх необхідні співвідношення. Отримані результати порівнюються з розробленими нормами концентрацій біомаркерів і за допомогою колірної індикації відзначаються можливі критичні значення. У підсумковому протоколі дослідження ознаки порівнюються із нормальними значеннями для вікової групи. За допомогою даного методу дослідження визначалися такі показники (мкмоль·л-1): вільний карнітин (С0), пов'язаний карнітин та його складові, амінокислоти, а також обчислюється індекс співвідношення вільного та зв'язаного карнітину.

При аналізі зразка капілярної крові методом рідинної тандемної хромато-мас-спектрометрії є можливість отримання даних про вміст понад 40 речовин. Референсні значення вмісту вільного карнітину, амінокислот, пов'язаного карнітину, складових його ацилкарнітинів, а також індексу пов'язаний карнітин/вільний карнітин у віковій групі, що досліджується нами (від 12 до 16 років) представлені в таблиці 2.1.

*Таблиця 2.1*

*Нормальні значення показників карнітінового обміну*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Речовина | Результат,мкмоль·л-1 |
| 2-17 років |
| min | max |
| 1 | Аланін (Ala) | 157 | 543 |
| 2 | Аргінін (Arg) | 10 | 128 |
| 3 | Аспарагінова кислота (Asp) | 1 | 218 |
| 4 | C0 (вільний карнітин) | 19 | 45 |
| 5 | C14(тетрадеканоілкарнітин) | 0 | 0,7 |
| 6 | C16(гексадеканоілкарнітин) | 0 | 5,5 |
| 7 | C16-OH(3-ОН-гексадеканоілкарнітин) | 0 | 0,06 |
| 8 | C2(ацетилкарнітин) | 2 | 50 |
| 9 | C3(пропіонілкарнітин) | 0 | 5 |
| 10 | C4(бутірилкарнітин) | 0 | 0,95 |
| 11 | C5 (ізовалерілкарнітин) | 0 | 0,56 |
| 12 | C5DC(глутарілкарнітин) | 0 | 0,3 |
| 13 | C8(октаноілкарнітин) | 0 | 0,44 |
| 14 | Цитрулін (Cit) | 9 | 52 |
| 15 | Глутамінова кислота (Glu ) | 100 | 535 |
| 16 | Гліцин (Gly ) | 138 | 349 |
| 17 | Метіонін (Met) | 6 | 37 |
| 18 | Орнітин (Orn) | 33 | 203 |
| 19 | Фенілаланін (Phe) | 12 | 86 |
| 20 | Тірозин (Tyr) | 23 | 108 |
| 21 | Валін (Val) | 85 | 307 |
| 22 | Xle (Лейцин/Ізолейцин) | 50 | 310 |
| 23 | C6 (гексаноілкарнітин) | 0 | 0,19 |
| 24 | C10(деканоілкарнітин) | 0 | 0,45 |
| 25 | C10:1(деценоілкарнітин) | 0 | 0,47 |
| 26 | C12(додецаноілкарнітин) | 0 | 0,28 |
| 27 | C18:1(олеілкарнітин) | 0 | 3,4 |
| 28 | C18:1OH(3-ОН-олеілкарнітин) | 0 | 0,21 |
| 29 | C18:2OH(3-ОН-лінолеілкарнітин) | 0 | 1,16 |
| 30 | C18OH | 0 | 0,54 |
| 31 | C18(стеароілкарнітин) | 0 | 2,8 |
| 32 | C5OH(3-гідроксиізовалерілкарнітин) | 0 | 0,52 |
| 33 | C5:1(тиглил/3-метілкротонілкарнітин) | 0 | 0,33 |
| 34 | C4DC(метілмалонілкарнітин) | 0 | 1,4 |
| 35 | C4OH(гідроксибутирілкарнітин) | 0 | 0,59 |
| 36 | C3DC(малонілкарнітин) | 0 | 0,32 |
| 37 | C8:1(октеноілкарнітин) | 0 | 0,86 |
| 38 | C14:1(тетрадеценоілкарнітин) | 0 | 0,28 |
| 39 | C14:2(тетрадекадіеноілкарнітин) | 0 | 0,22 |
| 40 | C14OH(3-ОН-тетрадеканоілкарнітин) | 0 | 0,09 |
| 41 | C16:1 (гексадеценоілкарнітин) | 0 | 0,24 |
| 42 | C16:1OH(3-ОН гексадеценоілкарнітин) | 0 | 0,08 |
| 43 | Сукцинілацетон | 0 | 1,6 |
| Зв’язаний карнітин | \* |
| Зв’язаний карнітин/вільний карнітин | <0.7 |

\* Рівень зв'язаного карнітину визначається сумою вмісту ацилкарнітинів: C6 (гексаноїлкарнітин), C10 (деканоїлкарнітин), С10:1 (деценоїлкарнітин), C12 (додецаноілкарнітин), C18:1 (олеілкарнітин), C18:1OH (3 :2OH (3-ОН-лінолеїлкарнітин), C18OH, C18 (стеароілкарнітин), C5OH (3-гідроксиізовалерилкарнітин), C5:1 (тигліл/3-метилкротонілкарнітин), C4DC (метилмалонілкарнітин), C4OH (гідроксибутирилкарнітин) C8:1 (октеноїлкарнітин), C14:1 (тетрадеценоїлкарнітин), C14:2 (тетрадекадієноілкарнітин), C14OH (3-ОН-тетрадеканоїлкарнітин), C16:1 (гексадеценоілкарнітин), C16:1OH (3-ОН гекценілкарнітин) ), C3(пропіонілкарнітин), C4(бутирилкарнітин), C5 (ізовалерилкарнітин), C5DC(глутарилкарнітин), C8(октаноїлкарнітин), C14(тетрадеканоїлкарнітин), C16(гексадеканоїлкарнітин), C16-OH. І його підсумкова величина залежить від змісту цих речовин.

Ацилкарнітини є проміжними речовинами, що беруть участь у циклі трикарбонових кислот. Дані речовини переносяться через внутрішню мітохондріальну мембрану за допомогою транспортного білка, званого карнітінацилтранслоказу. У мітохондріальному матриксі ацилкарнітин взаємодіє з СоА за участю карнітинпальмітоілтрансферази II, в результаті чого знову утворюється ацил-СоА, який в процесі β-окислення перетворюється на ацетил-СоА, що бере участь у циклі трикарбонових кислот, і вільний карнітин. Висока утилізація субстратів в окислювальних процесах потребує оптимальної активності карнітінзалежних трансфераз.

3) *Кардіореспіраторне навантажувальне тестування*

Вимірювання максимального споживання кисню проводилося прямим методом. Основним принципом тестування є використання навантажень, що викликають максимальну мобілізацію системи кисневого забезпечення організму, наприклад, за допомогою ергометра. При кардіореспіраторному тестуванні навантаження використовувалися навантаження зростаючої потужності «до відмови» на біговому ергометрі. Величина навантаження на першому ступені становила 60 Вт (тривалість 3 хв) і збільшувалася на 15 Вт на наступних щаблях (з періодичністю 1 хв). Безпосередньо у процесі виконання тесту реєструвався показник максимального споживання кисню. За правилами тестування потужність навантаження підвищується доти, доки випробуваний може продовжувати роботу. Безпосередньо для визначення величини максимального споживання кисню під час проведення тестів проводиться аналіз повітря, що видихається через рот, за допомогою автоматичного газоаналізатора «Метамах» (Німеччина). Автоматичні аналізатори дозволяють безперервно реєструвати концентрацію кисню і вуглекислого газу в повітрі, що видихається, в дихальний коефіцієнт час навантаження та у відновному періоді. Тест проводився через 2-3 години після їжі, у першій половині дня, за умови відсутності інтенсивних, тривалих тренувань за 12 годин до дослідження.

**2.1.3. Методи математичної статистики**

Використовувалися наступні методи математичної статистики:

- описова статистика;

- вибірковий метод;

- параметрична і непараметрична статистика;

- кореляційний аналіз;

- регресійний аналіз.

Накопичення, коригування, систематизація вихідної інформації та візуалізація отриманих результатів здійснювалися в електронних таблицях Microsoft Office Excel 2007. Статистичний аналіз проводився за допомогою програми IBM SPSS Statistics.

Кожна з порівнюваних сукупностей показників, виміряних у кількісній шкалі, оцінювалася щодо відповідності її розподілу закону нормального розподілу. Для цього використовувався критерій Шапіро-Вілка, рекомендований при числі досліджуваних менше 60. У разі підтвердженого нормального розподілу сукупностей способом оцінки статистичної значущості відмінностей між ними служив t-критерій Стьюдента. У випадках, коли розподіл хоча б однієї з сукупностей не був нормальним, для порівняння використовувалися методи непараметричного аналізу із застосуванням U-критерію Манна-Уітні.

Отримані значення t-критерію Стьюдента оцінювалися порівняння з критичними значеннями, зазначеними у відповідних довідкових таблицях. Відмінності показників вважалися статистично значущими за рівня значущості p<0,05.

U-критерій Манна-Уітні використовувався для порівняння незалежних сукупностей у разі відсутності ознак нормального розподілу даних. Для цього становили єдиний ранжований ряд обох зіставних вибірок, розставивши їх елементи за ступенем наростання ознаки і приписавши меншому значенню менший ранг. Потім поділяли єдиний ранжований ряд на два, що складаються відповідно з одиниць першої та другої вибірок, у кожному з яких окремо підраховували суму рангів.

Розраховані значення U-критерію Манна-Уітні також оцінювалися шляхом порівняння з табличними даними: у тому випадку, якщо розраховане значення U-критерію Манна-Уітні було одно або менше критичного, визнавалася статистична значущість відмінностей.

**2.2. Організація дослідження**

Дослідницька робота була проведена в кілька етапів, в період з 2021 по 2022 рр., кожен з яких мав певні завдання:

На першому етапі було проаналізовано та опрацьовано сучасний науково-методичний матеріал різних авторів, опублікований у відкритій пресі, узагальнено досвід практичної роботи тренерів. Проведено апробацію інструментального комплексу шляхом проведення попередніх досліджень.

На другому етапі проведено серію досліджень з вивчення особливостей обміну карнітину та фізичної працездатності у дітей, які займаються різними видами спорту.

На третьому етапі було проведено систематизацію, обробку і аналіз отриманих даних, виявлено найбільш інформативні показники і критерії. Комплексне використання методів дослідження і отримані при цьому результати, дозволили вирішити ряд поставлених завдань, що, в свою чергу, сприяло формуванню важливих, на нашу думку, висновків і підготовці практичних рекомендацій

**РОЗДІЛ 3**

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

**3.1. Клініко-статистична характеристика досліджуваних груп юних спортсменок**

Дані про розподіл дітей за віком у досліджуваних групах наведено у таблиці 3.1. У зв’язку з тим, що художньою гімнастикою займаються тільки дівчата, тому і в групі плавців та контрольній групі приймали участь тільки дівчата.

*Таблиця 3.1*

*Розподіл дітей досліджуваної та контрольної груп за статтю та віком*

|  |  |
| --- | --- |
| Група / Вид спорту | Дівчата |
| Вікова група |
| 11-12 | 13-14 | 15-16 | M±m |
| Художня гімнастика | 4 | 4 | 2 | 13,2±0,3 |
| Плавання | 2 | 3 | 2 | 14,1±0,4 |
| Контрольнагрупа | 3 | 2 | 2 | 13,8±0,5 |
| Всього: | 9 | 9 | 6 | 13,7±0,2 |

У групі гімнасток середній вік становив 13,2±0,3 років. Серед плавців середній вік становив 14,1±0,4 років. До контрольної групи було включено 7 дівчаток віком 13,8±0,5 років. При порівнянні середнього віку досліджуваних залежно від занять спортом та її виду, нами був виявлено статистично значимі відмінності (p>0,05).

*3.1.1. Характеристика групи спортсменок, які займаються художньою гімнастикою*

Спочатку нами було вивчено розподіл досліджуваних, які займаються гімнастикою, за спортивними розрядами та званнями. Згідно з отриманим розподілом, серед дівчаток, які займаються гімнастикою, 8 осіб мали І розряд (80,0%), а 2 осіб мали звання кандидата у майстри спорту (20,0%).

Далі було проведено оцінку розподілу досліджуваних за величиною спортивного стажу. Отримані відомості відображені у таблиці 3.2.

*Таблиця 3.2*

*Розподіл спортсменок, які займаються художньою гімнастикою за спортивним стажем*

|  |  |
| --- | --- |
| Спортивний стаж,років | Дівчата |
| *осіб* | *%* |
| 2 – 4 | 2 | 20,0 |
| 5 – 7 | 6 | 60,0 |
| 8 – 10 | 1 | 10,0 |
| 11 – 13 | 1 | 10,0 |
| **Всього:** | **10** | **100,0** |

Спортивний стаж гімнасток варіював у межах від 2 до 13 років. Найбільшу частку становили спортсменки, які займаються гімнастикою від 5 до 7 років – 60,0%.

Нами було вивчено структуру скарг у досліджуваній групі. Усі спортсменки, які займаються художньою гімнастикою, на момент обстеження активних скарг не висували. За наявності хворобливості у суглобах досліджувані розподілилися так (таблиця 3.3).

*Таблиця 3.3*

*Розподіл спортсменок, які займаються гімнастикою, за наявністю хворобливості у суглобах*

|  |  |
| --- | --- |
| Наявність хворобливостіу суглобах | Дівчата |
| *осіб* | *%* |
| Після тренувань та змагань, в тому числі: | 8 | 36,36 |
| *-* у колінних суглобах | 6 | 27,27 |
|  *-* у поперековій такрижовій області  | 2 | 9,09 |
| Спонтанна біль | 5 | 22,73 |
|  Ніколи не відчували | 1 | 4,55 |

З-поміж дівчаток, які займаються гімнастикою, 1 (4,55 %) зазначила, що ніколи не відчували хворобливості в суглобах, м'язах або інших областях. 8 спортсменок (36,36%) відповіли, що відчувають болючість у колінних суглобах після тренувань та змагань. 5 спортсменки (22,73 %) відзначали болючість у суглобах рук та ніг без будь-якої періодичності чи закономірності.

 При вивченні анамнезу життя досліджуваних обтяженість спадкового анамнезу не відзначив ніхто з дівчаток. Відзначалися різні шкірні реакції при вживанні цитрусових, меду, впливу холодного повітря або сонця.

Згідно з результатами виконаного у групі гімнасток загального аналізу крові, у 1 спортсменки (3,5%) було виявлено незначний лейкоцитоз зі зсувом лейкоцитарної формули вліво, а також збільшення ШОЕ. Отримані дані погодилися з клінічною картиною фарингіту, їй було надано рекомендації та призначено повторний аналіз крові. За результатами загального аналізу сечі патології не виявлено.

За результатами комплексного обстеження всі досліджувані, які займаються художньою гімнастикою, були допущені до тренувального та змагального процесу.

Тривалість та інтенсивність тренувань у досліджуваній групі дівчаток становила 1,5-3 години на день, 4-5 разів на тиждень, участь у змаганнях – 1 раз на 2 місяці. Суб'єктивні симптоми перетренованості та перенапруги не відзначав ніхто з досліджуваних.

При аналізі анкет для встановлення особливостей харчування було виявлено, що переважна більшість юних спортсменок (80,0 %) харчуються 3-4 рази на день, повноцінно, різноманітно, з достатньою кількістю вуглеводів, жирів, білків рослинного та тваринного походження. 2 спортсменки (20,0%) вказали на те, що вони харчуються 2 рази на день, одноманітно, з переважним вмістом молочно-рослинних продуктів. Газовані напої, напівфабрикати, снеки (чіпси) не використовують зовсім 2 особи (20,0 %), 1 раз на місяць – 8 осіб (80,0 %).

Опитувані спортсменки наголосили, що приймають вітаміни та БАДи щорічно, суворо дотримуючись рекомендацій та інструкції препаратів.

*3.1.2. Характеристика групи спортсменок, які займаються плаванням.*

Нами було вивчено розподіл досліджуваних, які займаються плаванням, за спортивними розрядами та званнями. Згідно з отриманим розподілом, серед дівчаток, які займаються плаванням, 5 осіб мали ІІ розряд (33,3%), 4 особи мали І розряд (40,0%).

Далі було проведено оцінку розподілу досліджуваних за величиною спортивного стажу. Отримані відомості відображені у таблиці 3.4.

 *Таблиця 3.4*

*Розподіл спортсменок, що займаються плаванням за спортивним стажем*

|  |  |
| --- | --- |
| Спортивний стаж,років | Дівчата |
| *осіб* | *%* |
| 2 – 4 | 4 | 44,44 |
| 5 – 7 | 4 | 44,44 |
| 8 – 10 | 1 | 11,11 |
| **Всього:** | **9** | **100,0** |

Спортивний стаж спортсменок варіював у межах від 2 до 10 років. Найбільшу частку становили спортсменки, які займаються плаванням від 2 до 7 років – 44,44%.

Активних скарг на даний момент дослідження досліджувані, які займаються плаванням, не пред'являли. Обтяженість спадкового та алергологічного анамнезу також не відзначалася. Серед перенесених та супутніх захворювань були вказані вітряна віспа, ГРВІ, хронічний гастрит та гастродуоденіт, карієс, вегетосудинна дистонія. У групі дівчаток 1 спортсменка (11,1 %) відзначила наявність хворобливості у колінних суглобах. Болі в поперековій і крижової областях, навпаки, відзначало більшість спортсменок, що може бути пов'язане зі специфікою навантаження, що виконується. У деяких спортсменок відмічені болі суглобів рук після тренувань та змагань.

Згідно з результатами аналізу крові виконаного у групі плавців, у 2 спортсменок (22,2 %) було виявлено незначне збільшення ШОЕ.

Всі спортсменки були допущені до тренувального та змагального процесу.

Тривалість тренувань у досліджуваній групі плавців становила щонайменше 2 години на день, періодичність – щонайменше 4 рази на тиждень, участь у змаганнях – щонайменше 1 раз у кілька місяців. Суб'єктивні симптоми перетренованості та перенапруги не відзначав ніхто з досліджуваних. Усі плавці відзначали позитивну динаміку спортивних показників.

При аналізі анкет для встановлення особливостей харчування було виявлено, більшість плавців харчується 3-4 рази на день, повноцінно, різноманітно, з достатньою кількістю вуглеводів, жирів, білків рослинного і тваринного походження. 2 спортсменки (12,9%) вказали на те, що вони харчуються 2 рази на день, одноманітно, з переважним вмістом молочно-рослинних продуктів. Газовані напої, різні напівфабрикати, снеки (чіпси) не вживають зовсім 4 особи (44,4 %), харчуються в ресторанах швидкого харчування з періодичністю 1 раз на місяць – 8 осіб (88,8 %), 1 раз на тиждень – 3 особи (33,3 %).

55% опитуваних наголосили, що ніколи не вживали вітамінних комплексів, БАДів, енерготропних препаратів. Інші, зазначили, що приймають вітамінні комплекси за призначенням лікаря спортивного диспансеру із суворим дотриманням інструкції.

 *3.1.3. Характеристика групи дітей, які не займаються інтенсивними фізичними навантаженням*

До групи контролю увійшли діти переважно І та ІІ групи здоров'я. Інтенсивність фізичного навантаження у дітей мінімальна – тільки заняття фізичної культурою під час шкільних уроків. Медичне обстеження діти проходять з урахуванням дитячої поліклініки. Серед перенесених захворювань відзначені ГРВІ кілька разів на рік, тонзиліт, гострий фарингіт, бронхіт, порушення постави.

При аналізі анкет для встановлення особливостей харчування було виявлено, більшість досліджуваних харчується 2-3 рази на день, повноцінно, різноманітно, з достатньою кількістю вуглеводів, жирів, білків рослинного і тваринного походження. Більшість, однак, вказали, що харчуються у закладах швидкого харчування не рідше одного разу на тиждень, а також мають великий обсяг перекушування між основними прийомами їжі. Газовані напої, різні напівфабрикати, снеки (чіпси) не використовують зовсім 3 людини.

**3.2. Результати дослідження стану карнітинового обміну у юних спортсменів**

У ході проведеного дослідження у двох групах спортсменок (плавці та художні гімнастки), а також у групі контролю було проведено тандемну хромато-мас-спектрометрію для встановлення рівня амінокислот, вільного карнітину, а також ацилкарнітинів.

Основними характеристиками карнітинового обміну є вільний і зв'язаний карнітин, а також індекс їхнього співвідношення АК/С0.

 Результати порівняння показників карнітинового обміну залежно від виду спорту представлені у таблиці 3.5.

*Таблиця 3.5*

*Порівняння показників карнітинового обміну в досліджуваних групах залежно від виду фізичного навантаження*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показник карнітинового обміну | **Група досліджуваних** | **p** |
| Художня гімнастика | Плавання | Контроль |
| Вільний карнітин(С0), мкмоль·л-1 | 29,9±12 | 36,3±0,9 | 32,0±1,0 | **<0,01** |
| Зв’язаний карнітин(АК), мкмоль·л-1 | 16,0±0,6 | 16,3±0,8 | 14,3±0,6 | >0,05 |
| АК/С0 | 0,54±0,03 | 0,46±0,01 | 0,46±0,03 | **<0,01** |

Виходячи з отриманих результатів, при порівнянні вмісту вільного карнітину у дітей залежно від виду спортивного навантаження було встановлено, що цей показник має статистично значущі відмінності між групами (p<0,01). При застосуванні апостеріорного критерію за методом Тьюкі вміст вільного карнітину був істотно вищим у спортсменок, що займаються плаванням, порівняно як з гімнастками (p<0,001), так і з групою контролю (p<0,01). Виявлені відмінності можуть вказувати на наявність ефективнішої клітинної енергетики у представників аеробних навантажень.

При порівнянні рівня пов'язаного карнітину у всіх трьох групах статистично значимих відмінностей не виявлено (p>0,05).

Нами були встановлені суттєві відмінності між показниками АК/С0, виміряними у порівнюваних групах (p<0,01). Парні порівняння значень індексу дозволили виявити статистично значущі відмінності рівня AK/C0 при порівнянні гімнасток як з плавцями (p<0,05), так і з групою контролю (p<0,05).

Для трьох груп досліджуваних дітей було проведено порівняння рівня загального карнітину, і навіть вивчено відсоткове співвідношення вмісту вільного і пов'язаного карнітину. В результаті статистичного аналізу даних середній вміст загального карнітину в групі гімнасток становив 45,9±1,6 мкмоль·л-1, у групі плавців – 52,6±1,1 мкмоль·л-1, у контрольній групі – 46,3±1, 0 мкмоль·л-1. Вміст загального карнітину мав статистично значущі відмінності при порівнянні всіх трьох груп між собою (p<0,01). Парні порівняння показників за допомогою критерію Тьюкі виявили суттєво більш високий рівень загального карнітину у групі дітей, які займаються плаванням, при порівнянні як із групою гімнасток (p<0,01), так і контрольною групою (p<0,01).

Зіставлення часток вільного і зв'язаного карнітину в досліджуваних групах представлено малюнку 3.1.

**31,3**

**68,9**

**30,7**

**69,3**

**34,6**

**65,6**

Контроль  зв'язаний

 карнітин

Плавання  вільний

 карнітин

Художня

гімнастика

 **0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%**

*Рис. 3.1. Відсоткове співвідношення вільного та зв'язаного карнітину в групах, що вивчаються*

Відповідно до отриманих даних, нами було встановлено, що середній відсотковий вміст вільного карнітину в структурі загального карнітину у гімнасток статистично значуще нижче, ніж у плавців та в групі контролю (р<0,01).

Так, вміст вільного карнітину у дівчаток, що займаються плаванням, був статистично значуще вище, ніж у гімнасток (p<0,01) і у дівчаток контрольної групи (р<0,01). Цей показник у дівчаток достовірно нижче, ніж у дівчаток контрольної групи при р<0,05. Статистично значущі відмінності вмісту пов'язаного карнітину відзначені лише при порівнянні дівчаток-гімнасток та дівчаток контрольної групи, причому у останньої він був суттєво вищим (р<0,01). Найбільш високі значення індексу АК/С0 спостерігалися у дівчаток контрольної групи, що має статистично значущі відмінності як з гімнастками (р<0,01), так і з плавчихами (р<0,01).

Рівень зв'язаного карнітину визначався сумарним вмістом ацилкарнітинів. Більшу частину (від 28,0 % до 88,7 %) пов'язаного карнітину у всіх групах становив ацетилкарнітин. У групі гімнасток середній вміст ацетилкарнітину становив 9,7±0,5 мкмоль·л-1, а частка у складі зв'язаного карнітину – від 46,6 % до 70,3 % у середньому – 60,1±0,8 %. У групі плавців середній вміст ацетилкарнітину становив 9,9±0,6 мкмоль·л-1, відсотковий вміст змінювався в широкому діапазоні від 28,0 до 88,7 %, в середньому показник становив 59,3±1,5 %. У досліджуваних контрольної групи середній вміст ацетилкарнітину становив 8,8±0,5 мкмоль·л-1, частка цієї речовини у зв'язаному карнітині становила від 44,6 до 71,7 %, середнє значення – 60,2±1,3 %. На рисунку 3.2 представлено відсотковий вміст ацетилкарнітину у зв'язаному карнітині у досліджуваних групах.



*Рис. 3.2. Середній відсотковий вміст ацетилкарнітину у зв'язаному карнітині в залежності від виду фізичного навантаження*

В результаті проведених досліджень, найменший середній відсоток ацетилкарнітину у складі зв'язаного карнітину спостерігається у групі плавців – 59,3%. Статистично значущі відмінності середніх відсоткових показників при порівнянні груп залежно від виду спорту – не виявлено (p>0,05).

Особливий інтерес представляє співвідношення зв'язаний карнітин/вільний карнітин. Цей показник використовується для додаткової характеристики вмісту ацилкарнітинів (АК) та вільного карнітину (С0) і відображає ефективність клітинної енергетики. Таким чином, чим нижчий даний коефіцієнт, то ефективніший енергообмін. Нормальні значення цього показника – менше 0,7. Величина індексу зв'язаний карнітин/вільний карнітин знаходиться у зворотному зв'язку з рівнем вільного карнітину і в прямому – з рівнем зв'язаного карнітину. Збільшення цього співвідношення свідчить про недостатність вільного карнітину, що відбиває недосконалість клітинної енергетики і підтверджує збільшення частки пов'язаних форм карнитину у структурі показника загального карнітину. На рисунку 3.3 представлено порівняння середніх значень індексу AK/C0 залежно від виду фізичного навантаження.

*Рисунок 3.3. Порівняння середніх показників співвідношення зв'язаний карнітин/вільний карнітин у досліджуваних групах*

З рис. 3.3 помітно, що найвище значення індексу співвідношення АК/С0 відзначається у контрольній групі, у яких рівень цього показника виявився вищим у порівнянні з групою плавців (р<0,01) та гімнастками (р<0,01).

Під час вивчення особливостей карнітинового обміну у спортсменів та школярів контрольної групи також було визначено масу тіла досліджуваних та відсотковий вміст жирової тканини в організмі. Отримані дані подано у таблиці 3.6.

*Таблиця 3.6*

*Середні показники маси тіла (кг) та відсоткового вмісту жиру в організмі (%)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показник  | **Група досліджуваних** | **p** |
| Художня гімнастика | Плавання | Контроль |
| Маса тіла, кг | 43,1±1,8 | 63,0±1,3 | 69,4±5,8 | >0,05 |
| Жирова маса, % | 10,6±0,8 | 14,1±1,5 | 23,6±2,4 | **<0,001** |

Результати дослідження показали відсутність статистично значимих відмінностей маси тіла при порівнянні досліджуваних груп p>0,05).

Статистично значимі відмінності відсоткового вмісту жиру в масі тіла відзначалися при порівнянні представників художньої гімнастики з контрольною групою (р<0,001), а також при порівнянні плавців з контролем (p<0,01). У групах спортсменів показник жирової маси тіла був суттєво нижчим, ніж у школярів, які не займаються спортом.

Після визначення даних параметрів у досліджуваних було проведено кореляційно-регресійний аналіз залежностей між ними та показниками карнітінового обміну.

Спочатку було вивчено взаємозв'язок співвідношення АК/С0 і жирової маси тіла. В результаті було отримано наступне рівняння лінійної регресії (3.1):

YАК/С0 = 0,623 – 0,012\*XЖМТ, (3.1)

*де YАК/С0 – співвідношення зв'язаного карнітину до вільного карнітину, XЖМТ – вміст жиру в масі тіла (%).*

0,9

**Співвідношення зв'язаний**

**карнітин / вільний карнітин**

0,8

0,7

0,6

0,5

0,4

0,3

0,2

0,1

0

0,00 5,00 10,00 15,00 20,00 25,00 30,00 35,00

**Вміст жирової тканини в організмі, %**

*Рис. 3.4. Залежність співвідношення зв'язаний карнітин/вільний карнітин від вмісту жирової тканини в організмі (%)*

Отримана регресійна модель характеризується значенням коефіцієнта кореляції R = -0,55, що відповідає помітній тісноті зв'язку між показниками. Внесок показника жирової маси тіла у дисперсію співвідношення зв'язаного карнітину до вільного карнітину становить 20,6%. Залежність, що спостерігається, статистично значуща при p<0,001. Графічно регресійна функція (3.1) представлена ​​рисунку 3.4.

На наступному етапі дослідження було проведено аналіз залежності вмісту зв'язаного карнітину від кількісного вмісту амінокислот. Статистично значущими виявилися кореляційні зв'язки з двома амінокислотами – метіоніном та фенілаланіном. Для першої була отримана наступна регресійна модель (3.2).

YАК = 9,38 + 0,46 \* XМЕТ, (3.2)

*де YАК – вміст зв'язаного карнітину (мкмоль·л-1), XМЕТ – вміст метіоніну (мкмоль·л-1).*

Графічно регресійна функція (3.2) представлена ​​малюнку 3.5.

45

40

**Вміст зв'язаного карнітину**

**(мкмоль·л-1)**

35

30

25

20

15

10

5

0

0 10 20 30 40 50 **Вміст метіоніну в крові досліджуваних (мкмоль·л-1)**

*Рис. 3.5. Залежність вмісту зв'язаного карнітину (мкмоль·л-1) від вмісту метіоніну в організмі (мкмоль·л-1)*

Отримана регресійна модель характеризується позитивним значенням коефіцієнта кореляції R = 0,71, що відповідає високій тісноті зв'язку між показниками. Внесок рівня метіоніну в дисперсію вмісту зв'язаного карнітину становить 51,1%. Залежність, що спостерігається, статистично значуща при p<0,001.

Залежність вмісту зв'язаного карнітину від вмісту фенілаланіну в крові може бути описана формулою (3.3).

YАК = 9,38 + 0,46\*XФЕН, (3.3)

*де YАК – вміст зв'язаного карнітину (мкмоль·л-1), XФЕН – вміст фенілаланіну (мкмоль·л-1).*

Коефіцієнт кореляції, що характеризує цей зв'язок, склав 0,69, що за шкалою Чеддока відповідає помітній тісноті зв'язку між показниками. Внесок рівня фенілаланіну в дисперсію вмісту зв'язаного карнітину становить 47,8%. Статистична значимість кореляційного зв'язку відповідає p<0,001. Графічно регресійна функція (3.3) представлена малюнку 3.6.

45

40

**Вміст зв'язаного карнітину**

**(мкмоль·л-1)**

35

30

25

20

15

10

5

0

0 20 40 60 80 100 120 140

**Вміст фенілаланіну в крові досліджуваних (мкмоль·л-1)**

*Рис. 3.6. Залежність вмісту зв'язаного карнітину (мкмоль·л-1) від вмісту фенілаланіну в організмі (мкмоль·л-1)*

Відомості про середні значення вмісту амінокислот в досліджуваних групах залежно від виду спорту з урахуванням статистичної значущості відмінностей, що спостерігаються, наведені в таблиці 3.7.

*Таблиця 3.7*

*Кількісний вміст амінокислот у досліджуваних групах*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Амінокислота | Групи досліджуваних | p |
| Художня гімнастика | Плавання | Контроль |
|
| Аланін | 385,3±11,5 | 343,5±13,8 | 325,34±11,7 | **<0,01** |
| Аргінін | 20,7±1,5 | 23,4±1,8 | 13,782,9 | **<0,01** |
| Аспарагіновакислота | 130,2±3,4 | 103,4±3,9 | 125,0±5,5 | **<0,001** |
| Цитрулін | 31,2±1,4 | 30,2±0,9 | 29,4±1,4 | >0,05 |
| Глутаміновакислота | 285,5±8,7 | 307,8±7,1 | 329,1±8,3 | **<0,01** |
| Гліцин | 270,5±10,4 | 205,5±6,4 | 262,4±18,7 | **<0,001** |
| Метіонін | 13,8±1,2 | 14,5±1,0 | 11,6±0,6 | >0,05 |
| Орнітин | 102,3±5,2 | 64,4±3,8 | 83,4±5,6 | **<0,001** |
| Фенілаланін | 56,1±2,6 | 47,8±2,0 | 43,32±1,4 | **<0,01** |
| Тирозин | 65,4±2,8 | 67,4±2,8 | 60,7±2,7 | >0,05 |
| Валин | 136,5±4,5 | 155,4±5,1 | 136,7±5,2 | **<0,01** |
| Лейцин/ізолейцин | 130,8±4,9 | 147,2±6,6 | 108,6±3,8 | **<0,001** |

Серед усіх незамінних амінокислот особливе значення має метіонін за рахунок свого позитивного впливу на ліпідний обмін (надає ліпотропні дії), а також у зв'язку з тим, що ця речовина є субстратом для ендогенного синтезу карнітину.

Таким чином, у ході проведеного дослідження було відзначено деякі особливості стану карнітинового обміну залежно від виду діяльності. Було з'ясовано, що рівень вільного карнітину (С0) у групі гімнасток виявився достовірно нижчим, ніж у групі плавців (р<0,001), а найнижчий вміст вільного карнітину – у групі дівчаток, які займаються художньою гімнастикою. Коефіцієнт АК/С0 використовується для додаткової оцінки ефективності клітинної енергетики. При підрахунку співвідношення ацилкарнітинів і вільного карнітину, середні показники цього індексу виявилися значно вищими у групі гімнасток (р<0,01).

**3.3. Вивчення показників фізичної працездатності у юних спортсменів**

З метою оцінки стану фізичної працездатності у спортсменок нами було проведено оцінку показника максимального споживання кисню залежно від виду фізичного навантаження. Отримані дані подано у таблиці 3.8.

 *Таблиця 3.8*

*Порівняння абсолютного МСК (л·хв-1) та відносного МСК (мл·кг-1·хв-1) залежно від виду фізичного навантаження*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид спорту | Абсолютне МСК(л·хв-*1*) | Відносне МСК(мл·кг-1·хв-1) |
| 1. Художня гімнастика | 2,2±0,3 | 38,4±1,1 |
| 2. Плавання | 3,8±0,1 | 57,3±2,4 |
| 3. Контрольна група | 2,7±0,2 | 40,0±2,9 |
| p1-2 | **<0,001** | **<0,001** |
| p1-3 | **<0,05** | >0,05 |
| p2-3 | **<0,001** | **<0,001** |

Згідно з отриманими результатами, відмінності як абсолютного, так і відносного показника МСК між групами, що порівнюються, були статистично значущими (p<0,001). При порівнянні абсолютного показника МСК між групами було виявлено, що у плавців рівень МСК вищий, ніж у гімнасток і групи контролю при р<0,001. При вивченні відносного показника МСК, розрахованого залежно від маси тіла, було також встановлено, що у плавців рівень МСК значно вищий, ніж у гімнасток та групи контролю (р<0,001). Отримані дані пояснюються специфікою навантаження, що виконується.

Серед дівчат – представників гімнастики було виявлено такі показники. Рівень абсолютного МСК варіював від 1,37 до 2,67 л/хв, середнє 2,17±0,07 л·хв-1. Відносний рівень МСК був у межах від 26,0 до 45,5 мл/хв/кг, в середньому 38,4±1,0 л·хв-1.

У дівчаток, що займаються плаванням, абсолютні показники МСК варіювали від 2,54 до 2,60 л·хв-1, становлячи в середньому 2,57±0,03 л·хв-1. Відносні показники МСК становили 43,0-46,7 мл·кг-1·хв-1, середнє значення – 44,9±1,9 мл·кг-1·хв-1. У групі плавців абсолютні показники МСК перебували у межах від 3,68 до 4,87 л·хв-1, у середньому – 4,06±0,14 л·хв-1. Відносні показники МСК у цій групі становили від 56,1 до 65,4, середньому 60,4±1,3 мл·кг-1·хв-1.

У результаті зіставлення рівнів абсолютного і відносного МСК і стану карнітинового обміну в молодих спортсменок виявили значні достовірні кореляційні зв'язок між досліджуваними показниками.

Так, залежність абсолютного МСК від вмісту вільного карнітину описується рівнянням регресії (3.4)

YМСК(а) = 1,01 + 0,06\*XС0, (3.4)

*де YМСК(а) - абсолютне 2 (л·хв-1), XС0 - вміст вільного карнітину (мкмоль·л-1).*

Коефіцієнт кореляції, що характеризує цей зв'язок, склав 0,46, що відповідає помірній тісноті зв'язку між показниками. Внесок рівня вільного карнітину в дисперсію показника абсолютного МСК становить 20,9%. Рівень статистичної значущості виявленого кореляційного зв'язку відповідає p<0,01. Графічно регресійна функція (3.4) представлена малюнку 3.7.

6

**Абсолютне МСК (л/хв)**

5

4

3

2

1

0 10 20 30 40 50

**Вміст вільного карнітину (мкмоль·л-1)**

*Рисунок 3.7. Залежність абсолютного МСК (л·хв-) від вмісту вільного карнітину в організмі (мкмоль·л-1).*

Також нами було оцінено взаємозв'язок відносного показника МСК та вмісту вільного карнітину, який описувався наступним рівнянням (3.5).

YМСК(о) = 27,45 + 0,53 \* XС0, (3.6)

*де YМСК(о) – відносне МСК (мл·кг-1·хв-1), XС0 – вміст вільного карнітину (мкмоль·л-1).*

Коефіцієнт кореляції, що характеризує цей зв'язок, склав 0,36, що за шкалою Чеддока відповідає помірній тісноті зв'язку між показниками. Внесок рівня вільного карнітину у дисперсію показника відносного МСК становить 12,6%. Рівень статистичної значущості виявленого кореляційного зв'язку відповідає p<0,05. Графічно регресійна функція (3.6) представлена ​​малюнку 3.10.

Статистично значущі позитивні кореляційні зв'язки між рівнем абсолютного і відносного МСК та вільним карнітином можуть свідчити про більшу аеробну працездатність у спортсменок з високим вмістом вільного карнітину, оскільки достатня його кількість забезпечує адекватний перебіг процесів клітинного енергообміну та, в першу чергу, тканинного дихання.

70

**Відносне МСК (мл·кг-1·хв-1)**

60

50

40

30

20

10

0

0 10 20 30 40 50

**Вміст вільного карнітину (мкмоль·л-1)**

*Рис. 3.8. Залежність відносного МСК (мл·кг-1·хв-1) від вмісту вільного карнітину в організмі (мкмоль·л-1).*

Значення коефіцієнтів регресії свідчать про наявність прямого взаємозв'язку відносного МСК із вмістом вільного карнітину (0,592).

**3.4. Вивчення впливу L-карнітну на функціональні показники юних спортсменів**

Потреба організму в L-карнітині в десятки раз перевищує можливості його ендогенного синтезу печінкою та нирками. Основним джерелом цієї амінокислоти є їжа тваринного походження.

Проте спортсменки через низку причин відчувають особливий дефіцит цього метаболіту. Як відомо, основними причинами, що призводять до дефіциту поживних речовин у спортсменок, є їх недостатнє надходження, порушене засвоєння, збільшення потреби в них [5]. Зміни метаболізму при фізичних навантаженнях спрямовані на адаптаційні механізми, що специфічно реагують на серцево-судинну, дихальну та суглобо-м'язову системи. Відбувається перерозподіл енергії на користь необхідних для функціонування в умовах органів і тканин за рахунок інших, зокрема, травної системи, що мають менше значення в процесі пристосування до нових умов середовища. Останні відчувають нестачу кровопостачання, енергетичного та пластичного забезпечення. Таким чином, розвивається нестача всмоктування поживних речовин в організмі спортсмена, в тому числі L-карнітину.

А ось потреба у спортсменок у L-карнітіні значно перевищує ніж у осіб, які не займаються спортом, у зв'язку з прискореним споживанням його для окислення жирних кислот та вироблення енергії для обслуговування м'язової діяльності.

За даними експериментів, виконаних на тваринах, L-карнітин має анаболічну дію, сприяє гіпертрофії м'язів в умовах фізичної активності, знижує втому [17], підвищує аеробну продуктивність [13, 16].

Однак незважаючи на те, що роль L-карнітину в біохімічних реакціях енергоутворення на сьогоднішній день добре вивчена в експерименті на тваринах, описані його біологічні властивості та клінічне застосування [2, 3, 6, 11, 13], можливості та ефективність використання цього препарату у спортсменок слабо освітлена в літературі [17], особливо у вітчизняній [11].

У той же час згідно з наявними літературними даними L-карнітин є ефективним засобом метаболічного захисту мозку від гіпоксії, він нормалізує нейротрансмітерний обмін, сприяє відновленню ауторегуляції церебральної гемодинаміки [7, 8]. Крім того, препарат є також антиоксидантом [10, 11], сприяє утилізації жирних кислот та зниження гіпертригліцеридемії [12, 14, 15].

Таким чином, слід очікувати, що L-карнітин буде сприяти не тільки підвищенню фізичної працездатності, а й психічної та змагальної готовності спортсменок, а також зниження вираженості міолізу та гіпертригліцеридемії, що є основною дисліпідемією у спортсменок [9].

У зв'язку з цим метою цього дослідження було вивчення впливу препарату L-карнітин при його курсовому призначенні 1,5 г на добу протягом трьох тижнів у період тренувального мікроциклу при підготовці спортсменок, які займаються художньою гімнастикою, на їх фізичну та психічну працездатність, гемодинамічну забезпеченість фізичного навантаження, а також на рівень ферментемії скелетних м'язів, міокарда та тригліцеридемії.

У дослідженні взяли участь 10 спортсменок. Дослідження проводилося у два етапи: через три тижні від початку мікроциклу без прийому L-карнітину та на сьомому тижні, через три тижні після прийому препарату.

До початку кожного етапу та на 21-й день проводилася ергометрія з виконанням стандартного навантаження. Оцінювалася динаміка частоти серцевих скорочень (ЧСС) за допомогою Polar RS800sd, артеріального тиску (АТ) та швидкості їх відновлення до вихідних значень.

Стендовий експеримент включав дозоване п'ятиступінчасте безперервно зростаюче навантаження на ергометрі з початковим навантаженням 1/2 Вт/кг з приростом 1/2 Вт/кг на сходинку. За результатами навантаження здійснювалася оцінка аеробної продуктивності - максимальне споживання кисню (МСК, Вт·хв-1·кг-1).

Забори крові проводилися вранці натще, через добу після тренування. Біохімічний аналіз крові включав дослідження рівня загальної креатинфосфокінази (КФК) та її фракції (КФК МВ) кінетичним методом та тригліцеридів (ТГ) ензиматичним колориметричним методом.

У перші три тижні тренувального мікроциклу суттєвих достовірних відмінностей між показниками першого та другого обстеження без прийому L-карнітину у випробуваних виявлено не було.

Після прийому препарату відзначалася низка достовірних відмінностей у порівнянні з вихідними показниками.

Після тритижневого курсу прийому препарату середні значення всіх досліджуваних показників знизилися. Однак достовірним це зниження було лише щодо рівнів КФК (р<0,05) та тригліцеридів (р<0,01).

У той же час до дослідження серед 15 спортсменок рівень КФК МВ вище за норму (понад 24 u/L) відзначався у чотирьох спортсменок (26,7%), його максимальна величина становила 30 u/L. Після прийому препарату в жодного спортсмена рівень КФК МВ не перевищував нормальних значень, що свідчить про зниження рівня ферментемії, що відбиває міоліз міокарда (р=0,006).

Щодо КФК гіперферментемія (понад 174 u/L) до експерименту була виявлена ​​у 8 осіб (53,3%), після прийому препарату – лише у 3 (20%, р=0,03).

Гіпертригліцеридемія (більше 1,7 ммоль/л для осіб відповідної вікової групи) відзначалася у 8 спортсменок до експерименту (53,3%) проти 1 після експерименту (6,7% р=0,005).

Таким чином, після тритижневого курсу прийому препарату частка осіб із гіперферментемією та гіпертригліцеридемією у групі обстежених спортсменки достовірно знизилися.

З урахуванням наявних літературних даних таку динаміку можна пов'язати з антиоксидантними властивостями L-карнітину [10], зниженням постнавантажувального лактату [17] та зростання лужного резерву крові [8], а також з підвищенням швидкості утилізації жирних кислот [14, 15] на фоні прийому препарату.

Зміна гемодинамічних показників у ході проведення ергометрії, а також часу їх відновлення та дані МСК представлені в табл. 3.9.

*Таблиця 3.9*

*Середні значення гемодинамічних показників, часу їх відновлення та МСК за результатами ергометрії до та після прийому L-карнітину*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Показник* | *До прийому* | *Після прийому* |
| ЧСС вихідна, уд·хв-1 | 64,8±7,4 | 62,3±5,2 |
| ЧСС 1-а сход., уд·хв-1 | 90,6±15,5 | 80,7±8,9\* |
| ЧСС 2-а сход., уд·хв-1 | 98,8±11,8 | 95,2±9,7 |
| ЧСС 3-а сход., уд·хв-1 | 110,1±14,3 | 110,2±10,6 |
| ЧСС 4-а сход., уд·хв-1 | 128,2±12,1 | 127,4±9,2 |
| ЧСС 5-а сход., уд·хв-1 | 150,2±11,3 | 143,3±8,7\* |
| Час відновл. ЧСС, хв | 6,7±3,2 | 3,2±2,3\* |
| САТ вихідна, мм.рт.ст | 119,4±9,0 | 116,4±10,2 |
| САТ 1-а сход., мм.рт.ст | 132,7±15,7 | 122,6±10,6 |
| САТ 2-а сход., мм.рт.ст | 139,5±16,9 | 126,8±10,3 |
| САТ 3-а сход., мм.рт.ст | 143,8±19,2 | 134,4±10,6 |
| САТ 4-а сход., мм.рт.ст | 152,4±18,6 | 142,1±12,5 |
| САТ 5-а сход., мм.рт.ст | 162,3±17,3 | 147,2±12,5 |
| Час відновл. САТ, хв | 4,8±2,5 | 2,5±0,8 |
| ДАТ вихідна, мм.рт.ст | 76,4±5,2 | 74,6±16,9 |
| ДАТ 1-а сход., мм.рт.ст | 78,3±9,2 | 72,6±11,1 |
| СДАТ 2-а сход., мм.рт.ст | 80,4±5,6 | 71,0±8,5 |
| ДАТ 3-а сход., мм.рт.ст | 72,6±9,8 | 71,0±13,2 |
| ДАТ 4-а сход., мм.рт.ст | 70,1±11,8 | 69,6±11,4 |
| ДАТ 5-а сход., мм.рт.ст | 67,8±15,0 | 65,5±12,4 |
| Час відновл. ДАТ, хв | 4,7±2,6 | 2,4±0,7 |
| МСК, мл·хв-1·кг-1 | 45,4±6,7 | 52,2±8,2 |

Виходячи з табл. 3.9, пульсова вартість роботи після курсу L-карнітину суттєво знизилася.

Достовірними були відмінності на 1-му та 5-му ступенях навантаження, а час відновлення ЧСС зменшився вдвічі (з 6,7±3,2 хв до 3,2±2,3 хв після експерименту, р<0,01) .

Відповідно виріс і МСК, на 12,3% - з 45,4±6,6 мл/хв/кг до 52,2±8,2 мл·хв-1·кг-1після експерименту, р<0,05. Це вказує на зростання функціональних можливостей спортсменок, при прийомі L-карнітину, і підтверджує отримані раніше дані щодо зростання аеробної продуктивності під впливом препарату [13, 16].

Суттєвіше у ході дослідження змінився САТ. Зазначалося його достовірне зниження на чертвертій сходинці, що може бути пов'язане з поліпшенням нейрогуморальної регуляції міокарда та судин.

Практично вдвічі знизився час відновлення артеріального систолічного тиску після ергометрії (з 4,8±2,5 хв до 2,5±0,7 хв, р<0,01).

Діастолічний тиск у експерименті достовірно змінився лише на 2-ій ступені ергометричного навантаження (80,4±5,6 мм рт. ст. ст. проти 71,0±8,8 мм рт. ст., р<0,01).

Однак, час відновлення діастолічного тиску також достовірно знизився з 4,7±2,6 хв до 2,4±0,7 хв (р<0,01).

Таким чином, дані, отримані в експерименті, що включає п'ятиступінчасте навантаження на ергометрі, показали достовірне зниження вдвічі часу відновлення ЧСС і АТ до вихідних значень після прийому L-карнітину (р<0,01), що доводить його вплив на зниження втоми після виконання фізичного навантаження.

Отримані нами дані узгоджуються з літературними даними [17] щодо зниження втоми під впливом препарату.

**Висновки до розділу 3**

Під час проведеного дослідження було відзначено деякі особливості стану карнітинового обміну залежно від виду діяльності. Було з'ясовано, що рівень вільного карнітину (С0) у групі гімнасток виявився достовірно нижчим, ніж у групі плавців (р<0,001), а найнижчий вміст вільного карнітину – у групі дівчаток, які займаються художньою гімнастикою. Коефіцієнт АК/С0 використовується для додаткової оцінки ефективності клітинної енергетики. При підрахунку співвідношення ацилкарнітинів і вільного карнітину, середні показники цього індексу виявилися значно вищими у групі гімнасток (р<0,01).

Тритижневий курс прийому L-карнітину у дозуванні 1,5 г спортсменами, сприяв достовірному зниженню у цій групі частки осіб з гіперферментемією, що відображає міоліз скелетних м'язів та міокарда, а також осіб з гіпертригліцеридемією. Відзначалися зниження пульсової вартості роботи, систолічного тиску, зростання фізичної працездатності, психічної та змагальної готовності досліджуваних спортсменок, а також швидше відновлення гемодинамічних показників у тесті з фізичним навантаженням.

**РОЗДІЛ 4**

**Аналіз та узагальнення отриманих результатів дослідження**

Карнітин грає роль транспортера довголанцюгових жирних кислот через внутрішню мітохондріальну мембрану за участю спеціальної ферментної системи [37, 43]. Ця система оборотно перекидає ацил на зовнішній стороні мембрани з СоА на карнітин, а на внутрішній – з карнітину на внутрішньомітохондріальний СоА. Жирні кислоти спочатку з витратою енергії перетворюються на довголанцюговий ацил-СоА (ДЦАСоА), який не здатний проходити через внутрішню мембрану мітохондрій, тоді як таку здатність має ацилкарнітин (ДЦАКар), що утворюється в результаті реакції карнітину з ДЦА-СоА. Утворення ДЦАКар на мітохондріальній мембрані каталізується карнітінацилтрансферазами і карнітин є субстратом для цих ферментів. Ендогенне утворення карнітину здійснюється клітинами печінки, нирок та головного мозку шляхом трансформації амінокислот лізину та метіоніну. Карнітин, що утворився, транспортується в скелетні м'язи і міокард – тканини, в яких містяться основні запаси карнітину, що обумовлено високою активністю в них ліпідного обміну [6, 10, 36, 70, 107]. Як відомо, зниження рівня вільного карнітину веде за собою погіршення енергозабезпечення м'язової діяльності, що може спричинити стан перетренованості, втоми, а також призвести до травм. Подібні зміни ведуть до погіршення спортивних показників, інколи ж і до раннього завершення спортивної кар'єри [53]. У зв'язку з цим у спортивній медицині широко обговорюється питання про застосування карнітину при інтенсивному фізичному навантаженні [14, 28, 39, 57, 59, 67, 76, 105, 121]. Саме в цей час особливості транспорту жирних кислот у мітохондріальний матрикс та підтримання карнітином співвідношення ацетил-СоА/СоА у клітині стають актуальними. Карнітин здатний запобігати накопиченню молочної кислоти в скелетних м'язах, що є головною причиною стомлюваності. За рахунок підвищення активності дихального ланцюга в м'язах збільшується аеробна енергопродукція та працездатність. Подібними ефектами карнітину пояснюється також можливість лікування пацієнтів із синдромом хронічної втоми [10, 19, 30].

Вільний карнітин використовується для транспорту довголанцюгових жирних кислот з цитозолю клітини матрикс мітохондрій для виробництва енергії в процесі бета-окислення [38, 43, 106, 110, 141] . За виконання переважно аеробних навантажень (таких як плавання) необхідний розвиток витривалості. Ацетил-L-карнітин є біологічно активною формою L-карнітину - ключової речовини в процесі катаболізму жирів та утворення енергії в організмі. Ацетилкарнітин постачає активований ацетат безпосередньо в матрикс мітохондрії для утворення ацетил-КоА, що бере участь у циклі трикарбонових кислот, таким чином, ацетилкарнітин є субстратом для запуску енергозалежних обмінних процесів у мітохондріях [145, 148].

Визначення вмісту карнітину, а також ацилкарнітинів у крові методом тандемної хромато-мас-спектрометрії дає можливість діагностувати стан енергетичного обміну [35, 55, 58, 80]. Вивчення стану клітинної енергетики дає можливість як тренерам, так і лікарям усіх спеціальностей запобігти можливим зривам адаптації, перетренованості, і, як наслідок, порушення фізичного розвитку [35, 55, 58, 80]. Ця методика широко застосовується також дослідження так званого «енергодефіцитного діатезу». "Енергодефіцитний діатез" - це прихована форма відносної індивідуальної недостатності цитоенергетичного статусу організму. Вважається, що цей стан досить поширений і відкладає свій відбиток протягом різних хвороб і вимагає специфічної «енерготропної» корекції [52, 72, 73, 81]. Для стану енергодефіцитного діатезу характерна своєрідність індивідуального перебігу багатьох хвороб, коли нормальне лікування недостатньо ефективне.

Вивчення карнітинового обміну привертає увагу багатьох фахівців. При вивченні мітохондріальної патології ці показники є об'єктивним відображенням стану енергетичного обміну клітини. У дослідженнях Ніколаєвої Є.А. та співавт. [2011] взяли участь діти з мітохондріальною патологією, а також здорові діти як контрольна група. Рівень вільного карнітину у хворих дітей укладався у рамки нормальних значень. Привертає увагу той факт, що більша частина ацилкарнітинів була представлена ​​ацетилкарнітином (85%), а також підвищення рівня деяких інших ацилкарнітинів, що, на думку авторів, може бути наслідком активації кетогенезу, порушення обміну молочної та піровиноградної кислот, що спостерігаються при мітохондріальних хворобах [54]. Стан карнітинового обміну було досліджено у недоношених новонароджених дітей. Алямовська Г.А. та співавт [2012] був використаний метод тандемної хромато-мас-спектрометрії для визначення вмісту вільного та пов'язаного карнітину. З'ясовано, що у більшості дітей з низькими показниками фізичного розвитку рівень вільного карнітину в крові виявився в межах нормальних значень, у трьох дітей рівень вільного карнітину був підвищений, а в дитини знижений [3]. Іншими авторами було також вивчено вплив тривалих навантажень (марафонський забіг) на рівень вільного карнітину та ацилкарнітинів. Cooper MB разом із співавторами було встановлено, що внаслідок впливу інтенсивного тривалого фізичного навантаження рівень вільного карнітину знижувався до 37% від загального карнітину, а рівень ацилкарнітинів зростав до 288%. Дослідниками Gatti R, De Palo CB, Spinella P, De Palo EF [1998] були вивчені взаємозв'язки між вмістом жирової маси тіла, ацилкарнітинами, а також вільним карнітином у 33 здорових людей. Було встановлено статистично значущу негативну кореляцію між рівнем плазмового ацетилкарнітину та м'язовою масою, що, на думку авторів, є наслідком поліпшення окисного метаболізму м'язів і є підтвердженням того, що зміна м'язового метаболізму перебуває у зв'язку з концентрацією ацетилкарнитина у крові [12].

Амінокислоти як замінні, і незамінні беруть участь у енергетичному обміні клітини, у процесі глюконеогенезу. З аланіну, цистеїну, гліцину утворюється піруват. Фенілаланін окислюється в тирозин за участю ферменту мікросомального окислення, специфічною монооксигеназою – фенілаланінгідроксілазою. Тирозин, своєю чергою, входить у численні реакції у різних тканинах. В результаті цих перетворень тирозин не тільки розпадається до кінцевих продуктів, а й дає проміжні метаболіти, з яких утворюється ряд важливих сполук, деякі з яких є біологічно активними речовинами, зокрема фумарат, що бере участь у циклі Кребса. Глутамінова кислота є регулятором окиснювально-відновних реакцій в організмі, крім цього вона є субстратом для біосинтезу амінокислоти орнітину шляхом її переамінування. Орнітин сприяє секреції гормону росту, що стимулює процес спалювання жирової тканини. Були проведені дослідження, в ході яких з'ясовано, що систематичний прийом 1 грама орнітину та 1 грама аргініну на добу протягом 5 тижнів у поєднанні з інтенсивним фізичним навантаженням призводить до приросту м'язової маси та зниження вмісту жирової маси тіла. Аргінін є умовно замінною амінокислотою, яка бере участь у синтезі креатину. Вона утворюється в ході синтезу сечовини в печінці з карбомоїлфосфату за участю аспарагінової кислоти та орнітину, таким чином полягає у прямій кореляційній залежності з цими двома амінокислотами. У складі білків аргінін як полярна позитивно заряджена амінокислота бере участь у освіті іонних зв'язків та у формуванні гідратної оболонки білків. Аргінін є одним із ключових метаболітів у процесах азотистого обміну. Є дані, що під час інтенсивних фізичних навантажень, стресів, травм аргінін перестає синтезуватись і виникає потреба надходження його ззовні. Водночас, зазначається, що у дітей та підлітків рівень синтезу аргініну часто недостатній. Вважається, що L ізомер цитруліну сприяє виробленню організмом аргініну. У спортивному харчуванні L-Цитрулін використовується для виведення молочної кислоти та аміаку, а також для відновлення запасів АТФ та креатинфосфату після тренувань. Амінокислота гліцин також бере участь у синтезі креатину, який у свою чергу зазнає фосфорилування за участю АТФ до утворення креатинфосфату. Амінокислоти з розгалуженим ланцюгом (валін, лейцин, ізолейцин) є джерелом енергії в м'язових клітинах, перешкоджає зниженню рівня серотоніну, а також є одним з головних джерел для синтезу тканин тіла [61].

За підсумками проведеного дослідження та статистичної обробки отриманих результатів можна припустити, що більший вміст карнітину у представників циклічних видів спорту (таких як плавання, що вимагає більшої витривалості та аеробної працездатності) порівняно з групою представників ігрових видів спорту (художня гімнастика) є відображенням більш ефективного клітинного енергообміну у представників цього виду спорту

Високий вміст вільного карнітину (40,57±2,5 мкмоль·л-1) та низький індекс АК/С0 (0,27±0,01) у хлопчиків контрольної групи, ймовірно, пов'язаний із шляхами утворення АТФ. За будь-якої м'язової роботи функціонують три шляхи ресинтезу АТФ, але включаються вони послідовно. У перші секунди роботи ресинтез АТФ йде за рахунок креатинфосфатної реакції, потім включається гліколіз і, нарешті, у міру продовження роботи на зміну гліколізу надходить тканинне дихання. Відсутність інтенсивного фізичного навантаження не вимагає від організму дитини високих енергетичних витрат, що дає змогу процесу тканинного дихання функціонувати менш ефективно.

Дослідження впливу фізичного навантаження на організм спортсмена має бути всебічним. Кардіореспіраторне навантажувальне тестування – метод, який широко використовується в сучасній спортивної медицини визначення аеробної працездатності -витривалості спортсменок. Ця проба дозволяє оцінити функцію кардіореспіраторної системи, яка полягає у підтримці клітинного дихання [50, 62]. Проведення тесту з фізичним навантаженням є універсальним методом виявлення процесів порушення толерантності до інтенсивного фізичного навантаження, зокрема у спортсменок, а також дає можливість оцінити рівень фізичної працездатності незалежно від зовнішніх факторів. Chapman RF [2013] у своєму дослідженні описує зміну аеробної працездатності в умовах високогір'я та можливість відбору спортсменок для тренування в подібних умовах, оскільки індивідуальні особливості організму впливають на працездатність [61]. Погіршення працездатності пов'язується з обмеженням дифузії кисню. Сатурація кисню вважається основним фактором, що впливає на доставку кисню до периферії. У разі гіпоксії сатурація підтримується переважно рахунок збільшення вентиляції легких. Однак під час інтенсивних фізичних вправ деякі спортсменки демонструють обмеження швидкості видиху та не в змозі збільшити вентиляцію легень за умов гіпоксії. При цьому важливо не допустити наростання задишки, оскільки це призведе до активації симпатичної нервової системи.

Серед навантажувальних тестів для дослідження аеробної витривалості найбільш інформативним і достовірним є велоергометричний тест. При ергометрії забезпечується максимальна інтенсифікація фізіологічних систем та залучення у процес 60-70% м'язів [5, 8, 25, 40]. Для проведення навантажувального тестування необхідне дотримання ряду правил та рекомендацій. Вправи повинні бути легко відтвореними при проведенні наступних тестів, не включати складнокоординаційних рухів. Отримані дані повинні мати кількісний вираз та фіксуватися за допомогою автоматичних приладів [44, 51].

З точки зору фізіології МСК є мірою аеробної потужності та інтегральним показником стану транспортної системи кисню (О2). Аеробна працездатність у спортсмена тим вища, що вищий рівень МСК. Основним завданням організму під час інтенсивного фізичного навантаження є адекватне забезпечення тканин киснем. МСК – це кількість кисню, яке організм здатний засвоїти за 1 хвилину. Дані виражаються в одиницях: л·хв-1 або мл·хв-1·кг-1. Існують дослідження, згідно з якими межа МСК генетично детермінована. Так, на початку спортивної кар'єри у вікові періоди становлення аеробної потужності організму спортсмен здатний стрімко підвищувати рівень МСК. Надалі атлет виходить на стабільний рівень своїх показників і будь-яке збільшення МСК даватиметься насилу. Claude Bouchard з колегами провели дослідження щодо особливостей зростання показника МСК в ході інтенсивних тренувань. Для дослідження було відібрано представників 98 сімей. У всіх був вивчений вихідний рівень МСК до тренувань і через 20 тижнів тренувального процесу, підібраного індивідуально залежно від стану фізичної підготовленості. У середньому рівень МСК збільшився на 400 мл·хв-1, однак для одних приріст становив 3%, для інших – 20%. Таким чином, в результаті даного дослідження можна зробити висновок про те, що максимально можливий рівень МСК визначений на генетичному рівні. Високий рівень МСК є одним із передумов досягнення спортсменом високих результатів, оскільки характеризує стан витривалості атлета, але з гарантує їх [29].

Рівень максимального споживання кисню складається із великої кількості факторів. До них необхідно віднести не тільки особливості тренувального процесу, вік та стать, а й режим харчування, композиційний склад тіла та багато інших факторів. Ghloum K та співавторами [20] були вивчені взаємозв'язки між особливостями харчування, композиційним складом тіла, у тому числі вмістом жиру в організмі, та рівнем ліпопротеїдів у фехтувальників. Індекс маси тіла, вміст жиру (13,9%), а також показник МСК (49,6±4,76 мл/кг/хв) виявився на рівні середнього для цієї групи спортсменок. Таким чином, в результаті дослідження наводиться висновок про те, що збалансоване харчування та дотримання рекомендацій дієтолога, позитивно позначається не тільки на спортивних результатах та показниках, але і на здоров'я спортсмена загалом [17]. Є вікові, гендерні особливості, тип виконуваного фізичного навантаження під час тренувального процесу. Основні його складові можна об'єднати у три великі групи. Це зовнішнє дихання, особливості кровообігу, і навіть процеси тканинного дихання [12, 15].

Таким чином, при вивченні аеробної працездатності юних спортсменок у різних видах спорту з'ясовано, що у представників циклічних видів спорту рівень як абсолютного, так і відносного МСК достовірно вищий, ніж у дітей, які займаються ігровими видами спорту та дітей, які не займаються спортом (р<0,001 ). Отримані дані говорять про високу фізичну працездатність плавців порівняно зі спортсменами.

Також спостерігалися статистично значущі прямі кореляційні взаємозв'язки вмісту вільного карнітину з рівнем абсолютного МСК (R=0,46; р<0,01) та відносного МСК (R=0,36; p<0,05). Отримані дані можуть говорити про високу аеробну працездатність у спортсменок з великим вмістом вільного карнітину, оскільки достатня кількість забезпечує адекватне протягом процесів клітинного енергообміну.

**Висновки**

1. Протягом багатьох десятиліть інтерес до питання використання карнітину у спортивній практиці не вичерпується ні з боку атлетів, які продовжують його активний прийом, ні з боку вчених, які намагаються надати цьому процесу чітке наукове обґрунтування. На нашу думку, карнітин є унікальним засобом, оскільки завдяки важливій ролі у процесі забезпечення життєдіяльності, низької токсичності та широкому спектру дії він здатний не лише покращувати адаптацію організму до інтенсивних фізичних навантажень, а й підвищувати фізичну працездатність юних спортсменів.
2. Доведено, що у дітей, які займаються різними видами спорту, стан карнітінового обміну має достовірні відмінності (p<0,01). Мітохондріальний потенціал, який характеризується змістом вільного та пов'язаного карнітину, вищий у дітей, які займаються циклічними видами спорту. Зміст вільного карнітину у цієї групи молодих спортсменів - 36,3±0,8 мкмоль·л-1, що достовірно вище при р<0,001, проти представників художньої гімнатики (29,9±0,1 мкмоль·л-1).
3. Встановлено, що діти, які займаються циклічними видами спорту, мають більш високу фізичну працездатність. Це підтверджено вивченням рівня максимального споживання кисню. Рівень максимального споживання кисню у представників циклічного виду спорту достовірно вищий, ніж у гімнасток і тих, які не займаються спортом (р<0,001). У плавців в середньому він становив 3,77±0,23 л·хв-1, а у гімнасток - 2,17±0,07 л·хв-1.
4. Виявлено, що у дітей із високим вмістом вільного карнитина рівень фізичної працездатності вищий, ніж у дітей із його низьким змістом. Встановлено достовірну кореляцію між рівнем вільного карнітину та абсолютним показником максимального споживання кисню (r=0,60, p<0,001). Внесок рівня вільного карнітину в дисперсію показника абсолютного максимального споживання кисню становить 20,9%.
5. Після тритижневого курсу прийому L-карнітину у дозуванні 1,5 г спортсменками з художньої гімнастики, зазначалося достовірне зниження частки осіб із гіперферментемією, , а також осіб з гіпертригліцеридемією. Після прийому препарату виявлено достовірне підвищення фізичної працездатності (МСК) та змагальної готовності спортсменок.

**Практичні рекомендації**

1. При дослідженні впливу інтенсивних фізичних навантажень на організм дитини рекомендується комплексний підхід, а саме вивчення стану обміну карнітину та МСК. Отримані дані можуть бути використані для профілактики зниження фізичної працездатності та погіршення стану здоров'я у дітей, які займаються спортом.

2. Для оцінки стану мітохондріального потенціалу юних спортсменів рекомендується вивчення показників карнітінового обміну, зокрема вміст загального, вільного і зв'язаного карнітину та їх співвідношення. Отримані дані дозволяють прогнозувати стан фізичної працездатності юних спортсменів.

3. Для вивчення ступеня витривалості організму юного спортсмена та запобігання завищеним фізичним навантаженням рекомендується дослідження рівня МСК, як показника фізичної працездатності.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Parandak K, Arazi H, Khoshkhahesh F, Nakhostin- Roohi B. The effect of two-week L-carnitine supplementation on exercise-induced oxidative stress and muscle damage. Asian J Sports Med. 2014;5(2):123.
2. Chun, Y.; Lee, K.; Kang, S.; Lee, N.; Kim, J. Influence of L-Carnitine intake for maximal exercise performance and fatigue recovery exercise athletes: Based on elite soccer plaers. *Phys. Act. Nutr.* 2011, *6*, 28–34.
3. Helms ER, Aragon AA, Fitschen PJ. Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation. J Int Soc Sports Nutr. 2014;11(1):1-20.
4. Сейфулла Р.Д. Лекарства и БАДы в спорте: практическое руководство для спортивных врачей, тренеров и спортсменов. Москва, 2003. 320 с.
5. Fortier MS, Sweet SN, Tulloch H, et al. Self- determination and exercise stages of change: results from the Diabetes Aerobic and Resistance Exercise trial. J Health Psychol. 2012;17(1):87-99. doi:10.1177/1359105311408948
6. Wall BT, Stephens FB, Constantin‐Teodosiu D, Marimuthu K, Macdonald IA, Greenhaff PL. Chronic oral ingestion of l‐carnitine and carbohydrate increases muscle carnitine content and alters muscle fuel metabolism during exercise in humans. J Physiol. 2011;589(4):963-973.
7. Swoap RA, Norvell N, Graves JE, Pollock ML. High versus moderate intensity aerobic exercise in older adults: psychological and physiological effects. J Aging Phys Act. 1994;2(4):293-303.
8. Khattab A, Maha Fekry M, Shokeir S. Basics of Exercises and Rhythmic Exercises. Markazul-Ketab Publ Cairo. Published online 2006.
9. Сарубин Э. Популярные пищевые добавки. Справочник по распространенным пищевым добавкам. Киев, 2005. С. 30-36.
10. Shalaby MN, Liu JY, Kassem MM, Saad M. Circulating Hematopoietic Stem Cell and Some Physiological Parameters in Different Training Programs. Life Sci J. 2012;9(1):965-971.
11. Shalaby MN, Sakoury MM, Kholif MA, Alsayed NI. The role of Amino Acids in improving immunity and growth factors of Volleyball players. J Adv Pharm Educ Res Oct-Dec. 2020;10(4):141.
12. Бокова Т. А. L-карнитин в комплексной терапии метаболического синдрома у детей. Вопросы практической педиатрии. 2010., Т. 5., № 4., С. 96-98.
13. Shalaby MN, Sakoury MMA, Alghamdi AM, Alzayani AK, Reem A-D. The effects of Exercise Program and Dietary Supplement on the Efficiency of the Dynamic System in Old Females. PalArch’s J Archaeol Egypt/Egyptology. 2020;17(4):739-756.
14. Novakova K, Kummer O, Bouitbir J, et al. Effect of L- carnitine supplementation on the body carnitine pool, skeletal muscle energy metabolism and physical performance in male vegetarians. Eur J Nutr. 2016;55(1):207-217. doi:10.1007/s00394-015-0838- 9
15. NaderShalaby M, Liu JY, Heshmat H, Shalaby NM, Salah M. The Effect of Aerobic and Anaerobic ExerciseBouts on CD34+ Stem Cells and Some Physiological Parameters. Life Sci J. 2012;9(2):1037-1043.
16. Heshmat H, El-Din MS. Biology of sport andhealth. BCent Publ Cairo. Published online 2009.
17. Ацетил-L-карнитин: биологические свойства и клиническое применение (обзор). Е. В. Ефимова [и др.] Химико-фармацевтический журнал., 2002., Т. 36, № 3., С. 3-7.
18. Haller CA, Kearney T, Bent S, Ko R, Benowitz NL, OlsonK. Dietary supplement adverse events: report of aone-year poison center surveillance project. J MedToxicol. 2008;4(2):84-92.
19. Ghosh AK. Heart rate, oxygen consumption andbloodlactate responses during specific training inamateurboxing. Int J Appl Sport Sci. 2010;22(1):1-12.
20. Diep D. Conflicting Agendas In Care For OlympicAmateur Boxing. The Meducator. 2017;1(32).
21. Shalaby MN, Saad MM. Advanced Material Engineering and Nanotechnology for ImprovingSports Performance and Equipment. Int J PsychosocRehabil. 2020;24(10).
22. Eston R, Reilly T. Kinanthropometry and ExercisePhysiology Laboratory Manual: Tests, Procedures andData: Volume Two: Physiology. Routledge; 2013.
23. Shalaby MN, Liu JY, Saad M, Elaraby H. Impactsof Different Exercise Intensities on Hematopoietic StemCells and Certain Physiological Parameters onHandball Players and Non-Athletes. Life Sci J. 2012;9(3):2100-2105.
24. Shalaby MN, Saad M, Akar S, Reda MAA, ShalghamA. The Role of Aerobic and Anaerobic Training Programson CD34+ Stem Cells and Chosen Physiological Variables. J Hum Kinet. 2012;35(1):69-79.
25. Conkling W, Wong DY. The Complete Guide to Vitamins, Herbs and Supplements: The Holistic Path toGoodHealth. Avon; 2006.
26. Shalaby M, Sakoury MMA, Harthi SM, et al. VitaminD3for Health and Muscle Functions of Athletes. Syst RevPharm. 2020;11(9):851-854.
27. Shalaby MN, Fadl MA. A Proposed Training ProgramAnd Its Effect On Muscle Strength Responses AndSome Physiological Variables For Volleyball Beginners. Syst Rev Pharm. 2020;11(12):515-519.
28. Shalaby MN, Sakoury MMA, Hussien S, et al. TheEffectof Using a Suggested Sport’s Diet on IncreasedThyroid Secretion and Its Effect on Obesity. Syst RevPharm. 2021;12(1):805-817.
29. Shalaby MN, Fadl MA. Relative Indicators andPredicative Ability of Some Biological VariablesonCardiac Neural Activity for Volleyball Players. Syst RevPharm. 2020;11(9):834-840.
30. Shalaby MN, Sakoury MM, Kholif MA, AlsayedNI. Therole of Amino Acids in improving immunityandgrowth factors of Volleyball players. J Adv PharmEducRes Oct-Dec. 2020;10(4):141.
31. McDowall JA. Supplement use by young athletes. J Sports Sci Med. 2007;6:337-342.
32. Maughan RJ. Nutritional ergogenic aids and exercise performance. Nutr Res Rev. 1999;12:255- 280.
33. Kargarfard M, Kashi A, Sarlak Z. Prevalence of drug use and knowledge of the effects and side effects of doping in athletes province of lorestan. The Scientific Journal of Mental Health. 2009;2:123-134. [Persian]
34. Hoffman J, Ratamess N, Kang J, Manqine G, Faiqen baum A, Stout J. Effect of Creatine and ßAlanine Supplementation on Performance and Endocrine Responses in Strength/Power Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2006;16:430-446.
35. Gaeini AA. Nutritional approches in exercise & weight control. 5th ed. Tehran: Bamdad Press; 2011. [Persian]
36. Gotshalk LA, Kraemer WJ, Mendonca MA, Vingren JL, Kenny AM, Spiering BA, et al. Creatine supplementation improves muscular performance in older women. Eur J Appl Physiol. 2008;102:223-231.
37. Pline KA, Smith CL. The effect of creatine intake on renal function. Ann Pharmacother. 2005;39:1093-1096.
38. Winter BK, Fiskum G, Gallo LL. Effects of Lcarnitine on serum triglyceride and cytokine levels in rat models of cachexia and septic shock. Br J Cancer. 1995;72:1173-1179.
39. Kraemer WJ, Volek JS, Dunn-Lewis C. L-carnitine supplementation: influence upon physiological function. Curr Sports Med. 2008;7:218-223.
40. Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Greenhuff PL. New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle. J Physiol. 2007;58:431-444.
41. Firoozrai M, Sarasgani M, Hesabi B, Bandegi A. Effect of Sports on the Reduction of Cell Membtane Susceptibility, Antioxidant Defense and Oxidative Stress. Journal of Medical Sciences. 2007;56:125-136. [Persian]
42. Bassit RA, Curi R, Rosa LF. Creatine supplementation reduces plasma levels of proinflammatory cytokines and PGE2 after a halfironman competition. Amino Acids. 2008;35:425- 431.
43. Akbari H, Tartibian B, Amirsasan R. Effect of Lcarnitine supplementation on CRP and IL-6 during a swimming exercise in male swimmers. Olympic Quarterly. 2009;4:93-102.
44. Löster H, Böhm U. L-carnitine reduces malondialdehyde concentrations in isolated rat hearts in dependence on perfusion conditions. Mol Cell Biochem. 2001;217:83-90.
45. Rahimi R. creatine supplementation decreases oxidative DNA damage and lipid peroxidation induced by a single bout of resistance exercise. J Strength Cond Res. 2011;25:3448-3455.
46. Deaton CM, Marlin DJ. Exercise-Associated Oxidative Stress. Clinical Techniques in Equine Practice. 2003;2:278-291.
47. Basta P, Skarpan ska-Stejnborn A, SkaSzczes´niak P. Creatine supplementation and parameters of exercise-induced oxidative stress after a standard rowing test. Studies in Physical Cultur and Tourism. 2006;13:23-27.
48. Waldron JEG, Kilgore TG. Concurrent creatine monohydrate supplementation and resistance training does not affect markers of hepatic function in trained weightlifters. Journal of Exercise Physiology. 2002;5:57-64.
49. Broad EM, Maughan RJ, Galloway SD. Carbohydrate, protein, and fat metabolism during exercise after oral carnitine supplementation in humans. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2008;18:567-584.
50. Jafaii EF, Bashiri J. The Effect of Creatine Monohydrate Loading on Downhill Runninginduced Inflammatory Response in Elite Male Mountaineers. Journal of Kerman University of Medical Sciences. 2012;19:354-366. [Persian]
51. Haghighatdoost F, Hosseinzadeh MJ, Kabiri A, Esmaillzadeh A. Effects of substituting saturnted with monounsaturated fatty acid-rich diet on the serum levels of visfatin, insulin and interleukin-6 in overweight women. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2011;6:59-70.
52. Cruciani, R.A.; Zhang, J.J.; Manola, J.; Cella, D.; Ansari, B.; Fisch, M.J. L-Carnitine Supplementation for the Management of Fatigue in Patients with Cancer: An Eastern Cooperative Oncology Group Phase III, Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *J. Clin. Oncol.* 2012, *30*, 3864–3869.
53. De Simone, C.; Tzantzoglou, S.; Famularo, G.; Moretti, S.; Paoletti, F.; Vullo, V.; Delia, S. High dose L-carnitine improves immunologic and metabolic parameters in AIDS patients. *Immunopharmacol. Immunotoxicol.* 1993, *15*, 1–12.
54. Siami, G.; Clinton, M.E.; Mrak, R.; Griffis, J.; Stone, W. Evaluation of the Effect of Intravenous L-Carnitine Therapy on Function, Structure and Fatty Acid Metabolism of Skeletal Muscle in Patients Receiving Chronic Hemodialysis. *Nephron* 1991, *57*, 306–313.
55. Silvério, R.; Laviano, A.; Fanelli, F.R.; Seelaender, M. L-carnitine and cancer cachexia: Clinical and experimental aspects. *J. Cachex-Sarcopenia Muscle* 2011, *2*, 37–44.
56. Vecchio, M.; Malaguarnera, G.; Giordano, M.; Malaguarnera, M.; Li Volti, G.; Galvano, F.; Drago, F.; Basile, F.; Malaguarnera, M. A Musician’s Dystonia. *Lancet* 2012, *379*, 2116.
57. Malaguarnera, M.; Cammalleri, L.; Gargante, M.P.; Vacante, M.; Colonna, V.; Motta, M. L-Carnitine treatment reduces severity of physical and mental fatigue and increases cognitive functions in centenarians: A randomized and controlled clinical trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 2007, *86*, 1738–1744. \Kraemer, W.J.; Volek, J.S.; Spiering, B.A.; Vingren, J.L. L-Carnitine Supplementation: A New Paradigm for its Role in Exercise. *Mon. Für Chem. /Chem. Mon.* 2005, *136*, 1383–1390.
58. Shamseer, L.; Moher, D.; Clarke, M.; Ghersi, D.; Liberati, A.; Petticrew, M.; Shekelle, P.; Stewart, L.A. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: Elaboration and explanation. *BMJ* 2015, *350*, 7647.
59. Stroup, D.F.; Berlin, J.A.; Morton, S.C.; Olkin, I.; Williamson, G.D.; Rennie, D.; Moher, D.; Becker, B.J.; Sipe, T.A.; Thacker, S.B.; et al. Meta-analysis of Observational Studies in EpidemiologyA Proposal for Reporting. *JAMA* 2000, *283*, 2008–2012.
60. Methley, A.M.; Campbell, S.; Chew-Graham, C.; McNally, R.; Cheraghi-Sohi, S. PICO, PICOS and SPIDER: A comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews. *BMC Health Serv. Res.* 2014, *14*, 579.
61. Higgins, J.P.T.; Green, S. (Eds.) *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*; Cochrane Collaboration: Oxford, UK, 2008.
62. Guyatt, G.; Oxman, A.D.; Akl, E.A.; Kunz, R.; Vist, G.; Brozek, J.; Norris, S.; Falck-Ytter, Y.; Glasziou, P.; DeBeer, H.; et al. GRADE guidelines: 1. Introduction-GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *J. Clin. Epidemiol.* 2011, *64*, 383–394.
63. Guyatt, G.H.; Oxman, A.D.; Kunz, R.; Brozek, J.; Alonso-Coello, P.; Rind, D.; Devereaux, P.J.; Montori, V.M.; Freyschuss, B.; Vist, G.; et al. GRADE guidelines 6. Rating the quality of evidence—Imprecision. *J. Clin. Epidemiol.* 2011, *64*, 1283–1293.
64. Rhyu H. S. The effects of ketogenic diet on oxidative stress and antioxidative capacity markers of Taekwondo athletes. H. S. Rhyu, S. Y. Cho, H. T. Roh. J ExercRehabil. 2014. Dec. N 10 (6). P. :362-366.
65. [Richard H. Haas](http://pediatrics.aappublications.org/search?author1=Richard%2BH.%2BHaas&sortspec=date&submit=Submit) Mitochondrial Disease: A Practical Approach for Primary Care Physicians. Pediatrics. 2007, N 6, P. 1326-1333.
66. Sharma S. Сarnitine homeostasis, mitochondrial function, and cardiovascular disease. Drug Discov Today Dis Mech. 2009. Vol. 6, N 1–4., P. e31–e39.
67. [Sports specialization inyoungathletes : evidence-based recommendations](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24427397). N. Jayanthi [et al.] Sports Health. 2013. May. N 5 (3), Р. 251-257.
68. Starling R. D. Relationship between muscle carnitine, age and oxidative status R. D. Starling, D. L. Costil, W. J. Fink. Eur J Appl Physiol.1995. N 71., P. 143-146.
69. Studies concerning chronic and acute effects of L-carnitine in elite athletes / I. G. Dragan [et al.]. Physiologie. 1989. N 26., Р. 111.
70. [Subramanian S. K](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Subramanian%20SK%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24179887). Comparison of effect of regular unstructured physical training and athletic level training on body composition and cardio respiratory fitness in adolescents. [J](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24179887) [ClinDiagn Res.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24179887) 2013. Sep. N 7 (9), P. 1878-1882.