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: **«ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОБІОТИКІВ У СПОРТСМЕНІВ, ЩО СПЕЦІАЛІЗУЮТЬСЯ В ЦИКЛІЧНИХ ВИДАХ СПОРТУ НА ПРИКЛАДІ ТРИАТЛОНУ»**

здобувача вищої освіти

другого (магістерського) рівня

Лупинос Тетяни Юріївни

**Науковий керівник**: д.мед.н., професор

Малишева Тетяна Андріївна

**Рецензент**: зав. каф. спортивної медицини, д.н.фіз.вих., професор Футорний Сергій Михайлович

Рекомендовано до захисту на засіданні

кафедри (протокол № 8 від 21 лютого 2024 р.)

**Завідувач кафедри**: Пастухова Вікторія Анатоліївна, д.мед.н., професор\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Київ – 2024

**ЗМІСТ**

ВСТУП……………………………………………………………………….…….3

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТИЧНИХ

ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ СПОРТСМЕНІВ,

ЩО СПЕЦІАЛІЗУЮТЬСЯ У ЦИКЛІЧНИХ ВИДАХ СПОРТУ,

ВІДНОСНО ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОБІОТИКІВ

(ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ)…………………………………….…………………………..9

1.1. Структура річного циклу підготовки триатлетів…......…………………….9

1.2. Спеціалізований підхід у спортивному харчуванні …………...…….........14

1.3. Особливості харчування триатлетів………………………………...……...17

1.4. Роль кишкової мікробіоти для здоров’я та адаптації до навантажень…..24

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ…………………………30

2.1. Матеріал дослідження………………………………………………………30

2.2. Методи дослідження………………………………………………………...32

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ……….33

ВИСНОВКИ……………………………………………………………………...48

СПИСОК ДЖЕРЕЛ……………………………………………………………...51

**ВCТУП**

Триатлон - це спортивне триборство, яке виконується поспіль у послідовності: плавання, велосипедні перегони та біг. Дистанції варіюються від суперспринтерських: (плавання 100м + велогонка 4км + біг 1км, для дітей молодшого віку), і до марафонських (3.6 км плавання + 180 км, велогонка + 42 км.) Таке поєднання класичних та загальнодоступних видів спорту і велика різноманітність дистанцій та суміжних дисциплін вивели триатлон на перші позиції за популярністю у світі.

Триатлон є одним із молодих видів спорту і користується все більшою популярністю у світі. Система підготовки спортсменів у триатлоні ґрунтується на принципах поступовості від простого до складного. У зв'язку з цим навчання поділяється на такі етапи:

- етап початкової підготовки - до 3-х років навчання;

- тренувальний етап (етап спортивної спеціалізації) - до 5 років навчання;

- етап удосконалення спортивної майстерності – до 3-х років навчання;

- етап вищої спортивної майстерності – без обмеження років навчання.

Принципи та підходи реалізації спортивної підготовки:

1) Спрямованість на максимально можливі досягнення.

Спрямованість на максимально можливі (вищі) досягнення реалізується при використанні найбільш ефективних засобів та методів спортивної підготовки, поетапному ускладненні тренувального процесу та змагальної діяльності, оптимізації побутового режиму спортсменів, застосуванні оптимальної системи харчування, відпочинку та відновлення.

2) Програмно-цільовий підхід до організації спортивної підготовки.

Даний принцип виявляється у прогнозуванні спортивного результату та його складових, моделюванні основних сторін змагальної діяльності, рівня підготовленості (фізичної, технічної, тактичної, психічної, теоретичної), структури тренувального та змагального процесу у різних циклах, складанні конкретних програм спортивної підготовки на різних етапах та їх реалізації, внесення корекцій, що забезпечують досягнення кінцевої цільової установки – перемог на певних спортивних змаганнях, досягненні конкретних спортивних результатів.

3) Індивідуалізація спортивної підготовки.

Процес спортивної підготовки повинен будуватися з урахуванням індивідуальних особливостей конкретного спортсмена, його статі, віку, функціонального стану, спортивної майстерності.

4) Єдність загальної та спеціальної спортивної підготовки.

На базі основної фізичної підготовки, закладеної на початкових етапах багаторічної підготовки спортсмена, повинно відбуватися збільшення частки спеціалізованих вправ у загальному обсязі тренувальних засобів.

5) Безперервність та циклічність процесу підготовки.

Спортивна підготовка будується як цілорічний та багаторічний взаємопов'язаний процес. Циклічність спортивної підготовки проявляється у необхідності систематичного тренувального процесу та одночасної зміни їх змісту відповідно до закономірностей тренувального процесу та етапів спортивної підготовки.

6) Зростання навантажень.

Правильне використання навантажень та впливів у процесі підготовки спортсмена ґрунтується на принципі їх зростання, де обсяги та способи (поступовість, ступінчастість, хвилеподібність) зростання навантажень визначаються залежно від етапу підготовки, віку та спортивної майстерності спортсмена.

7) Взаємопов'язаність спортивної підготовки та змагальної діяльності.

Раціональна побудова процесу підготовки спортсмена передбачає його сувору спрямованість формування календаря змагальної діяльності, що забезпечує ефективний виступ спортсмена на змаганнях відповідного рівня.

Результатом реалізації спортивної підготовки з триатлону є позитивна динаміка показників виконання програмних вимог щодо рівня підготовленості учнів:

- на етапі початкової підготовки є: стабільність складу групи, динаміка приросту індивідуальних показників виконання програмних вимог за рівнем підготовленості групи, виражених у кількісних показниках фізичного розвитку, фізичної, технічної, і теоретичної підготовки, виконання нормативних вимог щодо рівня підготовленості.

- на тренувальному етапі - виконання контрольних нормативів із загальної та спеціальної фізичної підготовки, виконання спортивного розряду, оволодіння знаннями теорії триатлону та практичними навичками проведення змагань.

- на етапі вдосконалення спортивної майстерності: підвищення функціональних можливостей організму спортсменів; вдосконалення спеціальних фізичних якостей, техніко-тактичної та психологічної підготовки; стабільність демонстрації високих спортивних результатів на регіональних та всіх українських офіційних спортивних змаганнях; підтримка високого рівня спортивної мотивації; збереження здоров'я.

- на етапі вищої спортивної майстерності: досягнення результатів рівня спортивних збірних команд; підвищення стабільності демонстрації високих спортивних результатів в українських та міжнародних офіційних змаганнях.

Найважливішим компонентом у системі підготовки спортсмена є змагання, що виступають як мета, засіб та метод підготовки спортсменів у триатлоні. Спортивні змагання - спосіб демонстрації, порівняння та оцінки певних здібностей спортсмена та забезпечення можливості їх максимального прояву. Спортивні змагання є найважливішим чинником пізнання можливостей людини, створення еталонних показників (встановлення спортивних рекордів). У той же час змагання – це засіб стимулювання спортивної діяльності, метод відбору та підвищення ефективності підготовки спортсменів.

Фізіологічні особливості триатлону та спорту взагалі, вимагають від людини відмінного здоров'я, хорошої та стабільної витривалості при великих фізичних напруженнях, психологічної підготовленості до роботи в різних кліматичних умовах, урівноваженої нервової системи та емоційної стійкості.

У спортивній діяльності індивідуальну тренувальну підготовку визначають як метод покращення спортивного результату за рахунок організації та планування додаткового тренувального навантаження. Багато фахівців під індивідуальним підходом у спорті розуміють таку побудову тренувальної підготовки та таке використання його окремих засобів, методів та форм занять, за яких створюються умови найбільшого розвитку здібностей спортсменів. У триатлоні самостійна, індивідуальна підготовка планується, починаючи з етапу вдосконалення спортивної майстерності, виходячи з індивідуальних особливостей кожного спортсмена та рівня готовності в окремих видах підготовки триатлону. Основні завдання індивідуальних, самостійних тренувань:

- закріплення технічних навичок, розучених на основних заняттях;

- підвищення індивідуального рівня теоретичних знань з триатлону;

- додаткове технічне обслуговування велосипеда та іншого спортивного інвентарю;

- усунення недоліків у рівні готовності з окремих видів спортивної підготовки, що становлять триатлон.

Як було згадано вище, сучасна спортивна наука вимагає надання допомоги спортсмену в адаптації організму до фізичних навантажень, що вкрай зросли. У процесі напружених тренувань і особливо змагань, харчування є одним із провідних факторів підвищення працездатності, прискорення відновлювальних процесів та боротьби з втомою.

Основне значення харчування полягає в доставці енергетичного та пластичного матеріалів для заповнення витрати енергії та побудови тканин органів. Їжа є поєднанням тваринних і рослинних продуктів, що містять білки, жири, вуглеводи, вітаміни мінеральні солі і воду. Калорійність добового раціону спортсмена залежить від характеру тренування та величини навантаження. Якісна повноцінність раціону залежить від правильного поєднання основних поживних речовин, білків, жирів, вуглеводів (1:0,8:4 або 14%; 30%; 56%).

У минулому вважали, що спортивна високовуглеводна дієта в більшості випадків також є здоровою дієтою з високою поживною цінністю. Триатлет, що дотримується високовуглеводної дієти, яка має сприяти зростанню результатів, як правило, споживає величезну кількість складних вуглеводів у вигляді цілісних злаків, цільнозернового хліба, свіжих фруктів, овочів, білка, вітамінів, мінеральних речовин. Проте було з'ясовано, що раціональне харчування в поєднанні з застосуванням біологічно активних добавок – є додатковим засобом для досягнення особистих рекордів як у спорті, так і у здоров'ї.

Зважаючи на вищезгадане, було визначено наступне.

***Об'єктом дослідження*** є спеціальне спортивне харчування спортсменів-триатлетів.

***Предметом дослідження*** є адаптована методика харчування та забезпечення пробіотиками триатлета у тренувальному та змагальному процесі.

**Мета дослідження** – ефективне забезпечення харчуванням та пробіотичними засобами спортсменів-триатлетів у тренувальному та змагальному процесі.

**Наукова новизна** дослідження полягає у реалізації адаптованої методики щодо побудови відновлювального процесу у спортсменів-триатлетів з використанням харчування та пробіотиків.

**Практичне значення** дослідження полягає в тому, що розроблено практичні рекомендації щодо застосування відновлювальних засобів харчування з використанням пробіотиків спортсменами-триатлетами.

**РОЗДІЛ 1**

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТИЧНИХ**

**ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ СПОРТСМЕНІВ,**

**ЩО СПЕЦІАЛІЗУЮТЬСЯ У ЦИКЛІЧНИХ ВИДАХ СПОРТУ,**

**ВІДНОСНО ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОБІОТИКІВ**

**(ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ)**

**1.1. Структура річного циклу підготовки триатлетів**

Сучасне уявлення про планування річних циклів підготовки пов'язане з її певною структурою, в якій виділяються мікроцикли, мезоцикли та макроцикли.

Мікроцикл – сукупність тренувань, що складається з декількох тренувальних занять, які разом із відновними днями становлять відносно закінчений фрагмент загальної конструкції тренувального процесу, що повторюється. Тривалість мікроциклу у триатлоні зазвичай становить 5 - 7 днів. У практиці триатлону зустрічаються до 8 різних типів мікроциклів: втягуючий, базовий, об'ємний, інтенсивний, контрольний, підвідний, змагальний та відновлювальний.

Мезоцикл – це структура середніх циклів тренування, що включають відносно закінчений за впливом ряд мікроциклів. У практиці середній цикл тренування містить від 2 до 6 мікроциклів. Мезоструктура підготовки є відносно цілий закінчений етап тренувального процесу, завданням якого є вирішення певних проміжних завдань підготовки. Зовнішніми ознаками мезоцикла є повторне відтворення низки мікроциклів – найчастіше однорідних у єдиній послідовності, або чергування різних мікроциклів у певній послідовності.

Макроцикл передбачає три послідовні фази: придбання, збереження та деякої втрати спортивної форми. Побудова макроцикла ґрунтується на періодизації цілорічного тренування. У триатлоні зокрема слід говорити про відмінності у побудові макроциклу на різних етапах підготовки.

Річний цикл (макроцикл) підготовки триатлетів ділиться на певні періоди: підготовчий, змагальний та перехідний, кожен з яких має мету, завдання, комплекс засобів та методів підготовки, специфічну динаміку тренувальних навантажень та інші компоненти тренувального процесу.

Основою для планування навантажень у річному циклі є терміни змагань (контрольні, відбіркові, основні).

Річне планування виконує переважно дві задачі:

- підвищення рівня загальної та спеціальної працездатності порівняно з попереднім роком;

- досягнення стану спортивної форми до найбільш відповідальних змагань сезону.

На етапі початкової підготовки річний цикл, по суті, є суцільним підготовчим періодом. У роботі спортсменами-початківцями не ставиться завдання управління розвитком спортивної форми, що, природно, виключає і необхідність річного тренування. Її структура – ланцюг стандартних мікроциклів, і всі мікроцикли – просто тренуючі. У кожному з них мають дидактично правильно здійснюватися навчання основ, техніки і тактики виду спорту, розвиток різних рухових якостей, тобто планомірно вирішуватися завдання різних сторін підготовки, що зрештою забезпечують міцний фундамент загальної підготовленості для подальшого спортивного вдосконалення.

Починаючи з тренувального етапу підготовки, річний цикл включає підготовчий, змагальний і перехідний періоди. Для спортсменів до 2 років навчання головна увага має приділяється різнобічній фізичній підготовці, підвищенню рівня функціональних можливостей, подальшому розширенню технічної підготовленості.

Річний цикл для триатлетів 3-5 року навчання груп спортивної спеціалізації ділиться на два великі макроцикли (тривалість яких залежить від календаря змагань). Але переважно перший макроцикл: (листопад - січень) – це підготовчий період, де вирішуються завдання подальшого підвищення рівня різнобічної фізичної та функціональної підготовленості і на цій основі підвищення рівня спеціальної фізичної працездатності. Цей період поділяється на 2 етапи – загальної підготовки та спеціальної підготовки. Розподіл тренувальних засобів здійснюється за допомогою тижневих мікроциклів. Вони передбачають певну послідовність і повторюваність занять різної спрямованості і навантаження. У першому етапі підготовчого періоду ставляться завдання підвищення рівня загальнофізичної підготовки, розвитку сили, швидкості, витривалості, поповнення рухових навичок. Для цього етапу характерний досить великий обсяг тренувального навантаження. З другого етапу більше уваги приділяється розвитку спеціальних фізичних якостей, вдосконалення техніки, вивчаються елементи тактики. Велика увага приділяється засобам відновлення та контролю за самопочуттям спортсмена. У першому змагальному періоді (лютий - початок березня) основне завдання – участь у підвідних, контрольних та основних змаганнях з акватлону та зимового триатлону. Успішний результат у змаганнях забезпечується стабільно високим рівнем загальної та спеціальної підготовленості спортсменів, тому співвідношення засобів підготовки має адекватно відповідати значущості змагання. Далі слідує короткий перехідно-відновний період (2-3 тижні до кінця березня), головне завдання - якомога повніше відновлення після змагань. Другий макроцикл зазвичай починається тренувальним збором зі спеціальної фізичної підготовки (СФП). Підготовчий період, що триває до червня – липня (залежно від календаря змагань), характеризується спеціальною спрямованістю підготовки – поєднанням в одному тренувальному заняттях двох та трьох видів спорту складових триатлон.

Літній період змагання відрізняється не тільки великою тривалістю (липень - початок вересня), але і кількістю стартів від 5 до 10 змагань з триатлону.

І нарешті, перехідний період (кінець вересня – жовтень) – має за основне завдання відпочинок та підготовка опорно-рухового апарату до вищих навантажень наступного річного циклу, рекомендується перемикання на інші види спортивної діяльності.

Структура річного циклу у групах удосконалення спортивної майстерності та вищої спортивної майстерності характеризується довгим підготовчим періодом (листопад - квітень) та тривалим змагальним періодом (травень – вересень).

Загальнопідготовчий етап, підготовчий період (листопад - грудень) складається з двох мезоциклів базової спрямованості. Протягом усього загальнопідготовчого етапу тренування спрямовані на надбання та зміцнення загальної фізичної підготовленості. Основна увага приділяється вдосконаленню елементів техніки у плаванні та бігу, покращенню швидкісних якостей, вихованню загальної витривалості, сили, гнучкості (велосипедна підготовка у цей час не використовується).

Етап спеціальної підготовки починається з розвиваючого мезоциклу із поглибленою спрямованістю на плавальну підготовку. Завдання другого мезоцикла передбачають безпосереднє становлення спортивної форми в бігу і плаванні в обсязі відповідного даного періоду підготовки.

Останній мезоцикл підготовчого періоду, передзмагальний, характеризується комплексною спрямованістю тренувань. Структура тренувального дня будується з урахуванням послідовності видів у триатлоні. Змагальний період у триатлоні відрізняється не тільки великою тривалістю з обов'язковою підтримкою спортивної форми на протязі всього періоду, але також необхідністю концентрації на 1-2 головних змаганнях року (Національний чемпіонат, Чемпіонат Європи, Чемпіонат світу).

Перехідний період – жовтень – це 1-2 тижні активного відпочинку та 2-3 тижні легкого відпочинку з використанням ігрового методу тренувань. Правильна побудова перехідного періоду дозволяє спортсмену як відновити сили після минулого макроциклу і налаштуватися на якісну роботу надалі, так і вийти на більш високий рівень підготовленості щодо аналогічного періоду попереднього року.

Для досягнення запланованих вище спортивних показників необхідне виконання високих за обсягом та інтенсивністю тренувальних навантажень. Правильному освоєнню необхідних тренувальних навантажень сприяють не лише спеціальні відновлювальні заходи, а й регулярне проведення лікарсько-педагогічного, психологічного та медико-біологічного контролю.

Вивчення умов проведення занять та змагань пов'язане з вивченням тих факторів довкілля, які впливають на організм спортсмена у процесі тренувань та змагань. До них відносяться метеорологічні та температурні фактори, санітарний стан місць занять та змагань, стан спортивного інвентарю та обладнання та ін.

Підготовка самого триатлета перед змаганнями має суто психологічний характер. Потрібно подолати негативні форми передстартового стану, підвищити свою активність, налаштувати себе до майбутньої боротьби. Необхідно прагнути, щоб у спортсмена були загальне емоційне піднесення, наснага, бадьорість, внутрішня зібраність і зосередженість на майбутній боротьбі. Такий піднесений психологічний стан є фактором, що посилює життєдіяльність організму, та сприяє підвищенню спортивних результатів.

Медико-біологічний контроль здійснюється у вигляді обстеження на базі спеціалізованого медичного закладу (в основному це лікарсько-фізкультурні диспансери). Усі види контролю за станом спортсмена повинні здійснюватися постійно і систематично. Професійно грамотне використання у процесі багаторічної підготовки даних всіх видів контролю допомагає стежити за динамікою стану здоров'я, фізичного та психологічного розвитку. дає можливість простежувати, як переносяться навантаження, коригувати їх обсяги та інтенсивність, а за необхідності – своєчасно вживати лікувально-профілактичних заходів, проводити повторне обстеження та консультації з лікарями-фахівцями.

**1.2. Спеціалізований підхід у спортивному харчуванні**

При заняттях спортом найінтенсивнішим є вуглеводний обмін. Тому рекомендується вживання 65-70% вуглеводів як полісахаридів (крохмаль), 25-30% як легкозасвоюваних вуглеводів (цукор, глюкоза, фруктоза), 5% посідають харчові волокна.

Спортсмени потребують прийому значно більшої кількості вітамінів, мікро- та макроелементів, які відіграють важливу роль у забезпеченні інтенсивності метаболічних процесів.

Так, марганець стимулює процеси зростання. Він важливий при силових навантаженнях, особливо у юнаків (злаки, бобові, горіхи, кава, чай). Цинк запобігає ожирінню печінки, мідь сприяє кровотворенню, синтезу гемоглобіну із залізом тощо.

У юнаків у 15-16 років відзначається підвищена потреба у залізі (часто спостерігається залізо – дефіцитна анемія). Необхідно нежирне м'ясо, овочі, фрукти, причому продукти підвищеної біологічної цінності повинні становити не більше 5-10% від загальної калорійності раціонів.

Оптимальна частота прийомів їжі – від 4 до 6 разів на добу. Сніданок – 25-30%; обід -35%; полуденок – 5-10%; вечеря – 25%. Залежно від умов тренування можна влаштувати другий сніданок (5-10%) або другу вечерю (5%) (кефір перед сном).

Харчування залежно від видів спорту істотно відрізняється за вуглеводною, білковою та ліпідною спрямованістю. При сучасних тренувальних та змагальних навантаженнях добові витрати енергії іноді досягають 8000 ккал, що потребує особливих підходів у складанні збалансованих раціонів. При цьому необхідно як заповнити калорії з допомогою білків, жирів, вуглеводів, так і забезпечити раціон достатньою кількістю вітамінів, мікро – і макроелементів, які відіграють величезну роль у підтримці фізичної працездатності.

Для вирішення цих проблем особливе значення має застосування біологічно активних добавок (БАД), які у концентрованому вигляді містить усі необхідні харчові компоненти у збалансованих співвідношеннях. Ефективним є системний підхід до раціонального використання харчових добавок, субстратів та біологічно активних речовин з метою оптимізації підготовки спортсменів.

Сьогодні говорять про спеціалізоване спортивне харчування, яке вирішує завдання:

1-підвищення загальної та спеціальної працездатності;

2-прискорення відновлення та профілактика перенапруг організму після навантажень;

3-прискорення кліматичної регіональної поясної адаптації при переміщенні на великі відстані;

4 -стабілізації імунітету у спортсменів; регуляція маси тіла;

5 – підтримки оптимального режиму гідратації та мінерального обміну.

Структура спеціалізованого спортивного харчування складається з:

1) традиційного раціонального харчування з урахуванням підтримки водно-сольового балансу;

2) спеціалізованих добавок;

3) субстратного харчування (білки, вуглеводи, вітаміни, креатин).

До складу загальноприйнятих фармакологічних комплексів входять препарати, які умовно поділені за механізмом на групи:

I. Препарати пластичної та енергетичної дії: калій оротат, інозин, рибоксин, ноотон, піридоксальфосфат, ліпоєва кислота, аденін, гуанін, метирулацил, аспаркам, мілдронат, АТФ, цитомак, цитохром, езофосфін, L-карнітин, креатин.

Препарати пластичної дії сприяють синтезу білка, підтримують або збільшують м'язову масу, підвищують стійкість та синтез глікогену, а також цикл Кребса.

Препарати енергетичної дії сприяють відновленню та створенню енергетичного депо, підвищують запаси глікогену, прискорюють транспорт жирних кислот з цитоплазми в мітохондрії. АТФ, креатинфосфат є джерелами енергії в анаеробно-аеробній зоні продуктивності.

ІІ. Адаптагени рослинного та тваринного походження: женьшень, елеутерокок, родіола рожева, левзея, китайський лимонник, заманиха, елтон, леветон, русолімпік, пантокрин, пантогематоген, ліпоцеребрин, адаптон тощо.

Адаптагени підвищують стійкість організму до несприятливих факторів навколишнього середовища, позитивно впливають на процеси збудження та гальмування ЦНС, тим самим надають нормалізуючу дію на організм незалежно від спрямованості небажаних зрушень.

ІІІ. Ноотропи - гаммалон, аміналон, пірацетам, гінко-білоба, гліцин, холін, лецитин, L-карнітин, ліпоцеребрин і т.п.

Ноотропи стимулюють процес навчання, покращують пам'ять, розумову діяльність, полегшують передачу інформації між півкулями головного мозку, нормалізують мозковий кровообіг, посилюють енергетичні процеси у мозку.

IV. Імуномодулятори - пролейкін, левамізол, пилок квітковий, ехінацея, куркума, бузина, політабс, прополістаміксин, інтерферон, імунал, т-активін, циклоферон, ретровір, ендобулін, естифан, стрес-формула 600, сулотрим - чинять позитивний вплив на стійкість до факторів зовнішнього середовища та імунітет.

V. Антиоксиданти, антигіпоксанти. Антиоксиданти (вітаміни Е, С; бета-каротин; бурштинова кислота, селен, магній, цинк та ін.); антигіпоксанти - бемитил, глутамінова кислота, убіхінон композитум, гіпоксен, предуктал, цитамак, реамберин та ін.

У процесі метаболізму в організмі людини утворюються і вільні радикали у вигляді гідропероксидів насичених жирних кислот, які надають токсичну дію на біологічні мембрани, що призводить до порушення енергетичного обміну, зниження працездатності.

Гіпоксія завжди має місце при заняттях спортом (як у м'язовій тканині, так і в інших органах та тканинах) та є однією з основних причин перенапруг. При значній гіпоксії спостерігається порушення видів обміну, проникності біологічних мембран з усіма наслідками. Тому профілактичне застосування антигіпоксантів може розглядатися як захід, спрямований на відновлення спортсменів.

**1.3. Особливості харчування триатлетів**

У тренувальному процесі триатлети у великому обсязі виконують змінні інтервальні та інтенсивні навантаження. Крім того, часто завдання тренера виконуються ними у стані вираженої втоми. Під час тренувань та участі у змаганнях протягом року 18000-24000 км гонщики долають на рік 18000-24000 км за часткового гальмування основних процесів травлення.

У ХХ столітті обсяг тренувальних та змагальних навантажень становив 10000-15000 км на рік. Тренувалися вони 3-4 рази на тиждень і їли менше, ніж сучасні гонщики. За таких умов не виникало серйозних проблем в організації харчування гонщиків, а гальмування процесів травлення під час тренувальних занять та змагань не позначалося значно у функціональному стані спортсменів.

У ХХІ столітті річний обсяг навантаження дорівнює 30000-40000 км, тому вимоги до харчування триатлетів значно зросли. Кількість їжі збільшилася, але збільшився і час виконання тренувальних навантажень, при яких пригнічується функція травлення. Виникла проблема організації раціонального харчування.

До складу продуктів, з яких готується їжа для триатлетів, повинні входити до необхідної кількості білки, жири, вуглеводи, вітаміни та мінеральні солі. Обсяг продуктів повинен бути таким, щоб їжа, що знаходиться в шлунку, суттєво не обтяжувала б спортсмена і не заважала йому виконувати тренувальні завдання. Кількість солей у добовому раціоні має втричі перевищувати норму.

Слід пам'ятати, що від нестачі солей під час напруженої роботи, особливо в стані втоми, можуть виникнути судоми (найчастіше в м'язах литків). Кількість вітамінів має у 4-5 разів перевищувати добову норму, встановлену для здорової людини, яка не займається спортом.

Їжу готують таким чином, щоб забезпечити її швидке перетравлення та пересування шлунково-кишковим трактом. Набір страв, спосіб приготування та якість кулінарної обробки мають бути на високому рівні. Для задоволення цієї вимоги необхідний постійний контакт кухаря з тренером та спортсменом.

Щоб уникнути негативних наслідків при виконанні важких тренувальних навантажень на систему травлення та забезпечити оптимальні темпи приросту працездатності, триатлети-шосейники дотримуються правил організації харчування:

1. спортсмени долають протягом року 32000-40000 км, добовий раціон їжі має забезпечити надходження у організм 7000-7500 ккал;

2. підбір продуктів харчування та кулінарна обробка їжі повинні забезпечувати якомога швидше переварювання. Важливе значення має також швидкість евакуації вмісту шлунка в кишечник, швидкість переміщення харчової маси по кишечнику і ефективність процесів засвоєння харчових продуктів у різних відділах кишечника.

3. співвідношення вуглеводів, жирів та білків у добовому раціоні триатлетів має становити відповідно 58, 26 та 16 %.

Як видно, у харчуванні спортсмена вуглеводи – основа постачальників енергії, їх обсяг є визначальним у раціоні першого та другого сніданку, обіду, полуденку та вечері. Багато спортсменів, враховуючи особливу роль вуглеводів, намагаються вживати занадто багато цукру та глюкози. Потрібно попередити триатлетів від такого захоплення. Надмірне споживання цукру негативно позначається на функціях органу, що продукує інсулін. Цей гормон підшлункової залози контролює утворення глікогену та глюкози.

Наслідки надмірного споживання вуглеводів:

• Вживання великої кількості глюкози пригнічує жировий обмін, який відіграє важливу роль в перетворенні енергії під час їзди з помірною та середньою інтенсивністю.

• Велика кількість цукру в їжі пов'язана з утворенням підвищеного об'єму глюкози, а іноді супроводжується схильністю до проносів.

Корисним є вживання страв із вівсянки: вівсяне пюре з молоком і сиром, вівсяний відвар у лимонній воді, підсолоджений медом або настоєм із чорної смородини, а в ряді випадків – збагачений білковими препаратами.

Триатлети в порівнянні зі здоровими людьми, що ведуть малорухливий спосіб життя, вживають у 2-3 рази більше мінеральних солей. Багато видів солей містяться в мінеральній воді, вживання якої об'ємом 1 л на добу вкрай бажано для спортсменів.

Крім прийому рідких сумішей під час подолання змагальних дистанцій, довжина яких перевищує 250 км, триатлети вживають апельсини, чорнослив, родзинки, яблука, груші, банани, булочки з медом або варенням, солодке вершкове печиво, вівсяне печиво. Перелічені продукти харчування попередньо ретельно обробляють (так, з фруктів витягують кісточки, апельсини очищаються) і зручно пакують.

Небагато продуктів, близько 300-400 г, гонщики беруть із собою, розміщуючи їх у кишенях сорочки. Частину продуктів заздалегідь доставляють спеціальні поживні пункти, зону яких попередньо визначає суддівська колегія. Зазвичай ця зона розташовується протягом 5-6 км, найчастіше на ділянці, де траса йде на підйом.

На підйомі швидкість їзди не висока, що полегшує їду. Зазвичай гонщики, не зупиняючись, приймають продукти харчування та харчові суміші від помічників, швидко їх проковтують і продовжують гонку.

Досягнення триатлетів останніх десятиліть після розширення можливостей обміну знаннями та навичками, методиками із закордонними школами триатлонного спорту, досить добре відомі. Є корисним та використовуваний досвід триатлетів: організація змагань, міжзмагальні методики збереження та підтримання форми. Слід залучати технічних спеціалістів, забезпечення новою сучасною технікою, залучення медичних сил та засобів для вирішення питань підвищення працездатності організму спортсмена, забезпечення його сучасною релаксацією та відновленням засобами харчування.

Крім визначення відсоткового співвідношення вуглеводів, білків та жирів, існує інший спосіб контролю вуглеводів у харчуванні. Цей метод полягає у визначенні щоденних потреб у вуглеводах (у грамах на кілограм маси тіла) залежно від рівня фізичної діяльності. Вивчивши темпи відновлення глікогену після важких тренувань, вчені припустили, що спортсмени на витривалість, що тренуються з високою інтенсивністю, для максимального поповнення глікогенових запасів повинні вживати 8,4-11,9 г вуглеводів на кілограм маси тіла на день. Триатлети, що тренуються з більш низьким об'ємом та інтенсивністю, потребують менше вуглеводів – зазвичай від 5,5 до 8,4 г вуглеводів на кг маси тіла на день.

Обмеження прийому рідини надає негативну дію. Якщо під час тренувальних занять, особливо при високій температурі повітря, спортсмен не вгамовує спрагу, то внаслідок зневоднення організму стомлення та зниження працездатності настають швидше, ніж у разі своєчасного прийому рідини.

Негативна дія зневоднення на фізичну працездатність не викликає сумнівів. Якщо під час тренувальних занять, а також подолання довгих дистанцій змагань спортсмен вживає рідину, то певною мірою попереджає зниження працездатності і досягає більш високого спортивного результату.

Однак є фактори, пов'язані з угамуванням спраги на дистанції, які можуть погіршити спортивний результат. Наприклад, якщо гонщик питиме рідину з фляги, якою він запасається зі старту. Адже до повного випорожнення фляги йому доведеться вести її з собою, а це хоч і не великий за вагою, але додатковий вантаж, який до того ж погіршує аеродинамічні властивості системи «триатлет-триатлон». Вживання рідини під час їзди з високою швидкістю може стати фактором, що збиває, що призводить до її зниження. Після рясного прийому рідини на високій швидкості при струсі тіла вміст шлунка збовтуватиметься, що так само ставати збиваючим фактором.

Таким чином, прийом гонщиком рідини на дистанції впливає на організм подвійно. З одного боку, попереджається зневоднення організму і зменшується ступінь втоми, з іншого - створюються перешкоди пересування у зв'язку з необхідністю транспортування додаткового вантажу та виникнення збиваючих факторів при вгамуванні спраги.

Для того щоб прийняти певне рішення, потрібно враховувати наступні обставини: під час тренувальних занять, що проводяться протягом 2-4 годин у будь-яку пору року, прийом рідини є обов'язковим. На тренуванні втрати ваги триатлетів у прохолодну погоду після подолання 70-140 км становлять 0,8-2,5 кг. За високої температури повітря після подолання 18-250 км маса тіла гонщика може зменшитися на 2,5-4,0 кг. Такі втрати ваги в чистому вигляді зареєстровані у гонщиків високої кваліфікації, які вживали на тренувальних заняттях рідину в помірному обсязі.

Якщо не вгамовувати спрагу, то втрати ваги збільшаться ще на 1,2-2,3 кг у порівнянні з названими величинами. Але якщо збільшити прийом рідини, то втрати ваги будуть меншими. Значні втрати ваги на тренувальних заняттях небажані, тому триатлети почали приймати рідину через кожні 15-20 хв. І тут порушення водного балансу мінімальні, і спортсмени швидше відновлюють працездатність. Дотримання раціонального водного режиму та усунення стресового зневоднення за інших рівних умов збільшує спортивне довголіття. І навпаки, відчуття спраги, що часто відчувається, веде до зношування організму.

Триатлету нічого перешкоджає дотримуватися оптимального водного режиму. На тренувальних заняттях негативні чинники (наприклад, збільшення аеродинамічного опору, викликаного транспортною флягою) суттєво не позначаються. При вгамуванні спраги на тренувальних заняттях триатлети керуються такими методами:

1. Приймати рідину слід через кожні 20-30 хв. для оптимального водного режиму порціями 100-150 мл. Можна випити 300-350 мл і навіть 400 мл, але тоді збільшується час евакуації рідини зі шлунка в кишечник, а при струсах тіла виникають неприємні відчуття внаслідок збовтування рідини у шлунку.

2. Взимку краще вгамовувати спрагу розчином, підігрітим до 28-30 градусів. Такі напої доставляють до місць занять термосах.

3. Влітку напої, охолоджені до 8-12 градусів, вживати кожні 15-20 хвилин.

4. На тренуваннях спортсмени вгамовують спрагу водою або спеціалізованим напоєм із розчиненим цукром іншими субстратами. Влітку, особливо за високої температури, слід вживати напої, що містять 2,5-3% глюкози, а зимовий час- до 10%.

Влітку рідину приймають через кожні 15-20 хв, а взимку – через 30 хв. Допустимо вгамовувати спрагу і через 40-60 хв., але це не найкращий варіант.

5. Не можна використовувати воду з відкритих водойм.

6. Спортсмени самі зобов'язані готувати собі напої заздалегідь за рецептами, схваленими лікарем. Цікаво, що триатлети-професіонали на тренувальних заняттях не обмежують себе у прийомі рідини. У ході змагань дозволяється їсти і пити без обмеження, але не пізніше, ніж за за 40-50 км до фінішу.

**1.4. Роль кишкової мікробіоти для здоров’я та адаптації до навантажень**

Надмірне тренування може обмежити фізіологічну адаптацію м'язів через хронічний окислювальний стрес та запалення. Неправильне харчування і перетренованість можуть порушити гомеостаз кишечника і, як наслідок, посилити запалення. У цілому нині ці чинники можуть призвести до дисбалансу в екосистемі кишечника, викликаючи дисрегуляцію імунної системи. Тому важливим є оптимізувати склад кишкової мікробіоти, яка здатна модулювати імунітет і знижувати окислювальний стрес. Крім того, оптимальний склад кишкової мікробіоти може впливати на синтез м'язового білка, біогенез та функцію мітохондрій, а також на накопичення м'язового глікогену. Добре збалансований мікробіом може також знижувати маркери запалення та продукцію активних форм кисню, що може послабити пошкодження макромолекул. Отже, добавки з пробіотиками можуть надавати деякий сприятливий вплив на аеробні та анаеробні показники. Феномен кишково-м'язової осі повинен постійно вивчатися для підтримки функції, і у спортсменів.

Кишкова мікробіота складається з мікроорганізмів, що населяють шлунково-кишковий тракт, з передбачуваною кількістю, що перевищує 1014 клітин. Розмір геному мікробіоти перевищує людський геном у 150 разів, що включає приблизно в 10 разів більше бактеріальних клітин, ніж усі клітини людини та більше. Біорізноманіття та загальний склад кишкової мікробіоти відіграють вирішальну роль у підтримці нормального гомеостазу в організмі людини. Бактерії – найчисленніша популяція кишкової мікробіоти, де спостерігається понад 1000 різних видів бактерій. Мікробіота кишечника людини складається в основному з чотирьох типів: Firmicutes, Bacteroidetes, Proteobacteria та Actinobacteria. Дисбаланс між цими типами може змінити мікроекологічне середовище шлунково-кишкового тракту та сприяти розвитку різних захворювань. Кишкові бактерії беруть участь у багатьох функціях, і було показано, що вони впливають на стан харчування господаря, метаболічні функції та дозрівання імунної системи, а також дозрівання епітеліальних клітин. Крім того, ці бактерії захищають від патогенів та можуть впливати на функцію мозку. Крім того, склад кишкової мікробіоти варіюється індивідуально і може бути змінений кількома факторами, такими як: генетичний фон (але меншою мірою), вік, стать, місце проживання та прийом ліків. Однак дієта та рівень фізичної активності є основними факторами, що впливають на зміну біорізноманіття або зміну рівня конкретних видів бактерій у межах встановленої мікробіоти кишечнику.

Помірна фізична активність має різноспрямований і сприятливий вплив на організм людини. Тренувальна стимуляція викликає фізіологічні та метаболічні адаптації. Основні зміни в скелетних м'язах включають збільшення мітохондріального біогенезу та посилення їх функції, концентрацію субстрату, що транспортує білки, активність ферментів, що беруть участь у метаболічних шляхах, та накопичення глікогену в м'язах. В результаті регулярних вправ синтез м'язового білка посилюється із змінами, що варіюються залежно від інтенсивності тренування та регулюється фізико-хімічними механізмами. Коротко, сигнальні шляхи включають короткочасні зміни в обміні білків та експресії генів, а також довгострокові зміни у метаболізмі у клітинах. Крім того, активація мішені рапаміцину ссавців (mTOR) відіграє вирішальну роль у збільшенні синтезу м'язового білка завдяки фосфорилюванню субстратів, що ініціюють стимуляцію трансляційної сигналізації для анаболізму. Однак слід зазначити, що надмірні фізичні навантаження можуть обмежувати нарощування м'язової маси та призводити до чистої втрати м'язової маси, сприяючи запаленню та обмеженню поживних речовин, а також окислювальному та метаболічному стресу. У цьому сценарії надмірні фізичні навантаження можуть призвести до активації шляхів атрофії м'язів, збільшуючи рівні ядерного фактора каппа-бі (NF-κB) або Forkhead box O (FOXO) в їх фосфорильованих формах. Транскрипційні фактори forkhead box O (FOXO) належать до великого сімейства білків, що характеризуються консервативним ДНК-зв'язуючим доменом Forkhead box (FOX). Підсімейство цих білків відноситься до групи "О" (FOXO) і складається у ссавців з 4 представників: FOXO1, FOXO3, FOXO4 та FOXO6.

Хоча численні дослідження показали, що помірна фізична активність благотворно впливає на мікробіоту кишечника, неясно, чи впливає кишкова мікробіота на м'язову адаптацію до інтенсивних тренувань. Недавнє дослідження показало, що надмірне фізичне навантаження у професійних спортсменів може порушувати гомеостаз кишкової мікробіоти. Зокрема, інтенсивні тренування були пов'язані з підвищенням потреби м'язів у кисні та поживних речовинах. Крім того, було показано, що тривале погіршення перфузії кишкової крові викликає тимчасову ішемію, що призводить до дисфункції слизової оболонки та підвищення проникності кишечника. В результаті спостерігалися суттєві зміни профілю мікробіоти, що сприяють розквіту умовно-патогенних мікроорганізмів та пов'язаних з ними токсинів. Отже, це може призвести до транслокації патогенів та бактеріальних токсинів у кровотік, що призводить до активації місцевих та системних запальних шляхів. З цих досліджень ясно, що підтримання здорового мікробіома в кишечнику впливає на адаптацію м'язів до тренувань. Зокрема, мікробіота може відігравати непряму роль через модуляцію запальних шляхів та анаболічних та катаболічних процесів, а також регуляцію доступності поживних речовин та продукції метаболітів.

Як основний непрямий енергетичний субстрат для скелетних м'язів, вуглеводи та його зберігання як глікогену грають чітку роль правильної роботи м'язів як із аеробних, і при анаеробних навантаженнях. Зокрема, було показано, що здатність індивіда накопичувати вуглеводи у вигляді глікогену впливає на біогенез та функцію мітохондрій, а також діє як специфічний регулятор сигнального шляху, що бере участь у тренуванні толерантності. Кишкові бактерії також відіграють у підтримці фізичної працездатності з допомогою регуляції вуглеводів. Вони сприяють ферментації вуглеводів у товстій кишці для отримання коротколанцюгових жирних кислот (SCFAs) з фрагментів, що не перетравлюються. SCFAs характеризуються безліччю позитивних ефектів на організм господаря, у тому числі покращенням метаболічної функції та посиленням епітеліальної мембрани кишечника. Крім того, дієти, що знижують споживання вуглеводів, пов'язані з негативним впливом на здатність до фізичного навантаження, що пов'язане зі збільшенням споживання жирів.

Низьковуглеводна дієта з високим вмістом жирів погіршує фізичне навантаження та гальмує зростання аеробної підготовки, викликаної тренуваннями, на відміну від високовуглеводної дієти. Крім того, надмірне споживання жирів може також суттєво вплинути на склад субстратів кишкової мікробіоти, що обмежують вироблення SCFAs. Дослідження на тваринах показали, що збільшення кількості бактерій, що індукують синтез прозапальних цитокінів, підвищує вміст ліпополісахаридів плазми крові (LPS), а також посилює експресію NF-kB, пов'язану з включенням генів прозапального характеру. Дієта з високим вмістом жирів також зменшує різноманітність бактеріальних штамів та кількість Bacteroidetes, сприяючи зростанню Firmicutes та Proteobacteria. Крім того, також було продемонстровано підвищену кількість бактерій, що сульфатредукують. Ці бактерії можуть продукувати сульфіди, які призводять до зменшення дисульфідних зв'язків у слизу та руйнування гелеутворюючих полімерних білкових мереж MUC2, що секретуються келихоподібними клітинами. Ці зміни відіграють ключову роль у регенерації слизової оболонки та стабільності слизового шару. Порушення бар'єру слизової оболонки може посилити запалення слизової оболонки кишечника та сприяти розвитку запальних захворювань. Всі ці спостереження були зареєстровані у разі дієти з високим вмістом жирів, що містить переважно насичені жири та оброблені продукти харчування. Однак у разі Омега-3 кислот та кон'югованої лінолевої кислоти (CLA) несприятливих змін не виявлено. Їх споживання збільшувало синтез бутирату та співвідношення Bacteroidetes/Firmicutes.

Адекватне споживання білка необхідне для максимальної адаптації м'язів до тренувальних процесів, що сприяють гіпертрофії та м'язовій силі. Тим не менш, надмірне споживання білка викликає збільшення кількості бактерій, що ферментують білок, таких як Clostridium, Desulfovibrio, Peptostreptococcus, Acidaminococcus, Veillonella, Propionibacterium, Bacillus, Bacteroides, Staphylococcus та інших видів сімейства Proteobacteria [27]. Це також було пов'язано зі зменшенням кількості бактерій, що ферментують вуглеводи, таких як Bacteroides, Lactobacillus, Bifidobacterium, Prevotella, Ruminococcus, Roseburia та Faecalibacterium [28,29]. Ферментація неперетравлених білкових залишків у товстій кишці, що супроводжується продукцією побічних продуктів, таких як аміак, біогенні аміни, сполуки індолу та феноли, має потенційно шкідливий вплив на кишечник, обмінні, імунологічні та неврологічні функції. Ці сполуки можуть посилювати запальну відповідь, збільшувати проникність тканин та посилювати шлунково-кишкові симптоми [30]. Очевидно, надмірне споживання білка може бути компенсовано вищим споживанням вуглеводів, особливо неперетравлюваних полісахаридів, які є кращим субстратом для кишкових бактерій [30].

Помірне тренування благотворно впливає на різноманітність видів бактерій, що мешкають у шлунково-кишковому тракті. Мікробіом різних спортсменів був корелюваний з високою різноманітністю та підвищеним рівнем бактеріальних генів, що беруть участь у білковому та вуглеводному обміні та продукції SCFAs [31,32]. Крім того, дослідження, проведені на велосипедистах, показали, що більш висока активність бактерій, що метаболізують вуглеводи, корелює із частотою фізичних вправ. Крім того, було показано, що збільшення кількості Превотелли (Prevotella) позитивно впливає на шляхи метаболізму амінокислот, такі як біосинтез лізину, метаболізм аланіну, аспартату та глутамату, d-глутаміну та d-глутамату, а також на вуглеводний обмін. У високоефективних спортсменів велика частка метанопродукуючих бактерій із сімейства Methanobrevibacter Smithii також була пов'язана з надлишковим виробленням енергії та вуглеводним обміном [33]. У дослідженні, проведеному Durk et al., було виявлено позитивний зв'язок між рівнем тренованості, вираженим максимальним поглинанням кисню (VO2max), та співвідношенням Firmicutes/Bacteroidetes [34]. З погляду запалення, викликані тренуванням зміни у складі кишкового мікробіома, очевидно, корисні здоров'ю господаря. Регулярні фізичні вправи можуть підтримувати функції мозку, посилюючи нейропротекторний ефект. В результаті навчання відбулося підвищення експресії генів кінуренінамінотрансфераз, які відповідають за перетворення токсичного метаболіту триптофану - кінуреніну в нейропротекторну кінуренінову кислоту. Було також показано, що запальні цитокіни, такі як фактор некрозу пухлини (TNF-α), сприяють деградації кінуреніну до токсичної хінолінової кислоти [35]. Крім того, видається, що оптимальний склад кишкової мікробіоти може позитивно впливати на функцію мозку і запобігати депресії, модулюючи запалення і впливаючи на метаболізм триптофану. Усе це може опосередковано проводити якість фізичної підготовки [36].

**РОЗДІЛ 2**

**МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

**2.1. Матеріал дослідження**

Склад та якість раціону харчування суттєво впливають на фізичну працездатність спортсменів. Адекватне споживання енергії, макро- та мікроелементів необхідне для оптимізації синтезу білка, збільшення енергетичних резервів під час тренування, покращення регенерації після тренування та зниження ризику травм. Недостатнє споживання енергії має безліч негативних наслідків, які називаються відносним енергетичним дефіцитом у спорті (RED-S). Він може погіршувати спортивні результати через порушення ендокринної або імунної системи, недостатнє накопичення м'язового глікогену та дисбаланс мікробіома. Таким чином, споживання вуглеводів, жирів та білків, а також збереження здорового мікробіома кишечника мають важливе значення для підтримки фізичної працездатності спортсмена.

При проведенні дослідження було виявлено, що оптимальний режим харчування несе у собі зміни поряд із тренуваннями та є засобом для підвищення фізичної підготовленості атлета.

Організм людини потребує постійного припливу енергії, яку черпає з харчових продуктів для забезпечення своїх фізіологічних процесів. У цьому корисно згадати, що універсальним носієм вільної енергії організмі є аденозинтрифосфат (АТФ) , а джерелом вільної енергії є фізіологічні реакції розщеплення харчових речовин, й у першу чергу – вуглеводів і жирів. Частка білків в енергетичному балансі вбирається у 5-12%.

За різних режимів фізіологічної активності харчові речовини використовуються організмом у різних співвідношеннях. Значною мірою це зумовлено тим, що енергетична цінність харчових речовин є різною. Для білків та вуглеводів вона становить 4,1 ккал/г, для жирів – 9,3 ккал/г. Одна і та ж калорійність добового раціону може бути забезпечена різним співвідношенням харчових речовин у раціоні.

Потреба спортсмена в харчових речовинах та енергії, що отримується з них, багато в чому визначається специфікою виду спорту, методичною спрямованістю тренувального обсягу та інтенсивністю фізичних навантажень.

При збалансованому харчуванні співвідношення енергії, що забезпечується за рахунок білків, жирів та вуглеводів, виражене у відсотках, із добовою потребою складає (в середньому): 14:30:56. Однак у практиці харчування спортсменів це співвідношення часто порушується. Навіть за раціонального харчування, з урахуванням особливостей виду спорту, співвідношення енергії, одержуваної з допомогою білків, жирів і вуглеводів, доводиться коригувати. Наприклад, важкоатлетам корисно дещо збільшити частку білка в раціоні: до 3 г на 1 кг маси тіла, а легкоатлетам для формування витривалості слід підвищувати енергетичний внесок вуглеводів до 10-13 г на 1 кг маси тіла.

У XXI столітті сучасний спорт включає види з різними проявами основних фізичних якостей – сили, швидкості, витривалості, гнучкості та спритності. Високі результати спортивних тренувань та змагань пов'язані з відповідними рівнями розвитку цих якостей та характеризуються змінами в обміні речовин, за якими можна скласти уявлення про механізми енергозабезпечення м'язової діяльності. Особливості обміну речовин у спортсменів, що спеціалізуються на різних видах спорту, дозволяють досить точно оцінити їх потреби в основних харчових речовинах.

**2.2. Методи дослідження**

Для вирішення поставлених завдань використовувались такі методи дослідження:

* аналіз науково-методичної літератури;
* теоретичний аналіз та узагальнення;
* порівняння;
* вивчення передового досвіду роботи провідних тренерів України та світу;
* аналіз документів планування та обліку тренувальної роботи;
* педагогічні спостереження за тренувальною діяльністю;
* методи математичної статистики.

Аналіз та узагальнення доступної наукової та навчально-методичної літератури (підручники, навчальний посібник, статті зі збірок, журналів) було проведено та використано з метою вивчення та узагальнення теоретичних та практичних даних з досліджуваної проблеми. Окремо розглядалося питання про харчування за формою забезпечення, як засіб відновлення спортсменів.

Усього було вивчено 59 літературних джерел.

**РОЗДІЛ 3**

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

Як зазначалося раніше, надмірне тренування може призвести до мікроекологічних дисбалансів через кишкову ішемію, підвищену проникність кишкового бар'єру та підвищений окисний стрес. Це призводить до загострення запальних реакцій і, отже, збільшення катаболізму поруч із погіршенням м'язової функції. Несприятливі ефекти можуть бути викликані збільшенням кількості потенційно шкідливих бактерій, таких як Peptostreptococcus, Staphylococcus, Peptoniphilus, Acidaminococcus і Fusobacterium, а також зменшенням кількості протизапальних видів, включаючи Bacteroides, Faecalibacterium, Collinsella і Rosebura. Це було ясно показано у дослідженні, проведеному Karl et al., де проаналізували зразки випорожнень солдатів при тривалому фізіологічному стресі [37]. Вони показали непрямий зв'язок між складом кишкової мікробіоти, способом життя та функцією скелетних м'язів. Це підтверджує гіпотезу про наявність осі кишково-м'язової системи та необхідність таргетної терапії для мікробіоти спортсменів.

Під час фізичної підготовки відбувається надвиробництво активних форм кисню (АФК) в результаті збільшення зусиль скелетних м'язів. Генерування АФК викликає перекисне окиснення ліпідів та білків, руйнування компонентів мембран м'язових клітин, що в сукупності порушує функцію м'язів [38]. Отже, як тренувальна навантаження, так і недолік фізичної активності, і навіть іммобілізація підвищують окислювальний стрес [39,40]. З іншого боку, регулярні тренування призводять до адаптації антиоксидантних ферментів, підвищуючи активність супероксиддисмутази (SOD), каталази (CAT) та глутатіонпероксидази (GPx). Це також зменшує пошкодження, спричинене вільними радикалами, та збільшує антиоксидантний потенціал та активність ферментів, відповідальних за відновлення пошкоджень, спричинених АФК [41]. Ці результати були підтверджені дослідженнями Maleki et al. Вони продемонстрували, що більш висока активність SOD і CAT, поряд із нижчими рівнями АФК, спостерігалася у спермі учасників, які виконують рекреаційні тренування, порівняно з неактивними учасниками чи професійними спортсменами [42]. Аналогічні спостереження були зроблені Brinkmann et al., які повідомили, що вправи середньої інтенсивності викликали більш високу активність SOD та GPx у скелетних м'язах [43]. Крім того, було показано, що продукція АФК позитивно впливає на аеробний потенціал, активуючи білки PGC-1α. Це призводить до збільшення мітохондріального біогенезу та, як наслідок, поліпшення аеробної здатності [44]. Попередні дослідження показали, що АФК регулюють синтез м'язового білка, впливаючи на активність мітоген-активованої протеїнкінази (МАРК), яка підтримує проанаболічний інсуліноподібний фактор росту 1 (IGF-1) [45]. Нещодавно було також висловлено припущення, що надмірне додавання антиоксидантів може знизити вміст цитохрому С-оксидази та цитратсинтази, що погіршує функції ланцюга переносу електронів (ETC) [44].

Кишковий мікробіом може також сприяти зниженню окисного стресу. Деякі штами бактерій мають антиоксидантні властивості завдяки різним механізмам. Вони включають експресію антиоксидантних ферментів, модуляцію запалення, викликаного прозапальними цитокінами або наявністю патогенів, і регуляцію метаболізму за допомогою більшої абсорбції антиоксидантів [46]. Варто зазначити, що у молочних бактерій пропіоновокислих P. freudenreichii виявлений високий антиокислювальний потенціал за рахунок продукування SOD, каталази і пероксидази. Також деякі дослідження показали, що такі види бактерій, як Lactobacillus plantarum, Lactobacillus gasseri, Lactobacillus fermentum, Lactococcus Lactis та Streptococcus thermophilus, здатні підвищувати активність SOD [47]. Крім того, було показано, що такі види як Lactobacillus, Lactococcus та Bifidobacterium підвищують рівень глутатіону в кишечнику (GSH), який відіграє вирішальну роль у видаленні гідроксильного радикала (OH\*) [47]. Аналогічним чином, дослідження на тваринах показали, що люди, чия мікробіота була більш багата Escherichia coli та Enterococci, хоча і були біднішими в Lactobacilli, мали більш високу сприйнятливість до окислювального стресу [48]. Martatelli та ін. провели дослідження зі спортсменами, показавши, що добавки пробіотичних видів Lactobacillus rhamnosus та Lactobacillus paracasei підвищують рівень антиоксидантів у плазмі та нейтралізують вироблення АФК у відповідь на високоінтенсивні вправи. Добавки пробіотиків також були пов'язані з нижчим рівнем реактивних метаболітів у плазмі та більш високим біологічним антиоксидантним потенціалом у плазмі після тижня інтенсивних фізичних тренувань [46]. В цілому ці результати явно підтверджують нагальну необхідність збалансувати правильну дієту, адекватний режим фізичних вправ і здоровий мікробіом, щоб сприяти більшому запасу глікогену для підвищення функції мітохондрій та нарощування м'язової маси. З іншого боку, неадекватно збалансоване харчування та недостатній чи надмірний режим тренувань, а також дисфункціональний мікробіом призводять до підвищення запалення, окисного стресу, зниження мітохондріальної функції та потенціалу м'язової атрофії.

Кишковий мікробіом може впливати на метаболізм скелетних м'язів людини через декілька шляхів. Дані про взаємозв'язок між складом мікробіоти та м'язовою функцією були описані в патогенезі вікової саркопенії. Було зазначено, що м'язова атрофія корелює зі зменшенням числа видів, що посилають протизапальні та проанаболічні медіатори. Саркопенія пов'язана зі скороченням м'язових капілярів та зниженням чутливості до інсуліну та тяжкості запалення, що призводить до зниження біогенезу та функції мітохондрій, а також порушення синтезу білка [49].

Саркопенія та системна слабкість у людей похилого віку корелюють з дисбактеріозом кишечника, сприяючи підвищенню проникності кишкового бар'єру, підвищенню рівня LPS у крові, активації імунної системи та зниженню чутливості до інсуліну [50]. Більш того, дослідження на тваринах явно підкреслюють зменшення маркерів м'язової атрофії (атрогін-1, MuRF1, білок LC3, катепсин L) у мишей з додаванням штамів Lactobacillus, а також збільшення м'язової маси та сили у мишей з додаванням Lactobacillus plantarum [51, 52]. Крім того, Buigues та ін. продемонстровано, що 13-тижневі багаторядкові добавки з пробіотиками Lactobacillus та Bifidobacterium підвищують витривалість та м'язову силу у людей похилого віку. Дослідження показало, що у пацієнтів похилого віку, які отримували фруктоолігосахариди та інулін, відзначалося значне поліпшення сили захоплення кисті та рівня виснаження, про яке повідомлялося [53].

Зниження гомеостазу було пов’язане зі збільшенням кількості ендотоксичних грамнегативних бактерій, відповідальних за системне запалення з допомогою LPS. Також було зазначено, що види Escherichia / Shigella, Klebsiella і Citrobacter роблять значний внесок у пул LPS [54]. Підвищені рівні LPS у сироватці корелювали з підвищеним співвідношенням Firmicutes/Bacteroidetes [55]. Отже, присутність LPS у бактеріальних клітинних стінках викликає зв'язування ліпіду A з поверхнею рецепторів імунних клітин, що містять TLR4 та фактор диференціювання кісткового мозку 2 (DM2). LPS розпізнаються TLR4 у поєднанні з CD14 і DM2 і, отже, можуть індукувати активацію NF-κB, яка відіграє ключову роль продукції прозапальних цитокінів [14,56]. Крім того, підвищені рівні LPS були пов'язані з порушенням кишкового гомеостазу та корелювали зі збільшенням маркерів кишкової проникності крові, таких як зонулін та білок, що зв'язує жирні кислоти 2 (FABP2) [57]. Ця підвищена проникність кишкового епітелію пов'язана з бактеріальною транслокацією із просвіту кишечника у власну платівку, активуючи імунну систему та викликаючи запалення. Однак слід зазначити, що бактерії роду Actinobacteria, такі як Bifidobacterium або Collinsella, мають протизапальні та імуномодулюючі властивості, які можуть підтримувати функцію епітелію кишечника. Отже, пробіотики, що містять штами Bifidobacterium, можуть знижувати запальну відповідь, спричинену фізичним стресом [58]. До роду Actinobacteria відносяться також молочні Propionibacterium c протизапальними та імуномодулюючими властивостями і здатні стимулювати ріст біфідобактерій).

Також було продемонстровано, що SCFAs, що продукуються кишковими бактеріями, позитивно впливають на цілісність кишкового бар'єру, захищаючи його від запалення. Зокрема, було показано, що рід Candida Albicans бере участь у прозапальній індукції TNF-α [59]. Дисбіоз часто супроводжується збільшенням кількості грамнегативних бактерій, які мають ендотоксичні властивості та активують прозапальні ціоткіни, такі як IL-6. Підвищений рівень кишкової проникності та пов'язаний з цим проникнення патогенів у кровотік викликають секрецію IL-1, TNF-α та гамма-інтерферону (IFN-γ), викликаючи прозапальний ефект. Композиція кишкової мікробіоти також може впливати на запальне пригнічення шляхом стимуляції секреції цитокінів протизапальних, таких як трансформуючий фактор росту (TGF-β) і IL-10. Було доведено, що бактерії Bacteroides fragilis здатні пригнічувати експансію лімфоциту Th17, продукуючи IL-10 через TLR2. Сімейства Lactobacillus і Bifidobacterium пов'язані зі зменшенням запалення, впливаючи на секрецію протизапальних цитокінів, таких як IL-10, TGF-β і триптофан-2,3-діоксигенази (IDO), викликаючи стимуляцію регуляторних клітин Treg, а також Th1, Th2 і -помічників Th17. Дисбактеріоз внаслідок втрати імунної толерантності порушує бар'єрні функції епітелію та кишечника. Отже, це порушує баланс між pro-Th17 та протизапальними Treg-лімфоцитами.

Синтез м'язового білка та адаптація до тренування можуть бути обмежені при хронічному запаленні. Примітно, що сателітні клітини, розташовані між базальною пластинкою та плазматичною мембраною для м'язових волокон, відіграють ключову роль у процесі регенерації та зростання м'язів. Синтез і руйнування м'язових волокон знаходяться під контролем багатьох сигнальних шляхів, що перетинаються, які визначають анаболічні і катаболічні процеси. Дві убіквітінлігази Е3, що відносяться до убіквітін-протеасомної системи, в основному беруть участь у деградації м'язового білка: атрогіна-1 і MuRF1. Підвищення їхньої транскрипційної активності регулюється ядерним фактором NF-kB і фосфорильованими білками FOXO. Отже, пригнічення цих сигнальних шляхів пов'язане із захистом від атрофії скелетних м'язів. Секреція прозапальних цитокінів також активує NF-kB, сприяючи втраті кістякових м'язів. Це переважно опосередковано TNF-α (здатним активувати IκB (IKKβ)), активна форма якого може фосфорилювати білки IkB, цим викликаючи сигналізацію NF-kB і змінюючи транскрипцію генів убік катаболізму.

Синтез міофібрилярного білка залежить від позаклітинних сигналів, які активують внутрішньоклітинні молекулярні шляхи. Очевидно, mTOR грає вирішальну роль процесі синтезу м'язового білка. Його активація призводить до інтенсифікації анаболічних процесів за рахунок інтеграції сигнальних шляхів, що підвищують трансляційну ефективність та фосфорилювання субстратів. Фосфорилювання mTOR може бути стимульоване або тренуванням, або поживною підтримкою. Механічні скорочення під час тренування з обтяженням призводять до вивільнення IGF-1 зі скелетних м'язів, здатних до активації mTOR. Споживання білка або амінокислот сприяє посиленню передачі сигналів mTOR, демонструючи синергетичний ефект на стимул до фізичного навантаження. IGF-1, що секретується у позаклітинний матрикс, зв'язується за допомогою спеціалізованих IGF-зв'язувальних білків (IGFBP), що дозволяє активувати специфічні рецептори, що обробляють анаболічний сигнал .

Фізична підготовка призводить до зниження рівня АТФ аденозинтрифосфату та порушення співвідношення АТФ/АМФ (аденозинмонофосфат), спричиняючи виникнення енергетичного стресу. Вища концентрація АМФ стимулює АМФ-активовану протеїнкіназу (АМФК) для вирівнювання енергетичних ресурсів шляхом ініціювання катаболічних процесів. АМФК сприяє аеробному та анаеробному виробництву енергії, інгібує синтез глікогену та холестерину, а також індукує мітохондріальний біогенез через експресію PGC-1α. Біологічна роль АМФК також контролює циркуляцію клітинних компонентів, знижуючи активність mTOR та сприяючи розщепленню білка. Підвищений рівень АМФК позитивно корелює із збільшенням активації FOXO-білку. Стресова реакція викликає фосфорилювання FOXO-білків, що посилює транскрипцію генів аутофагії, сприяючи розпаду білка (В основному FOXO3). Однак регулярні фізичні вправи викликають аутофагію, яка є необхідним кроком перед відновленням волокон м'язів. Очевидно, що підвищена аутофагія пов'язана з порушеннями росту та функції м'язів.

Надмірне тренувальне навантаження та недостатні періоди регенерації можуть спричинити виснаження та тимчасове погіршення спортивних результатів. Тому відповідна регенерація після тренування є важливим елементом у тренувальній адаптації. Пошкодження тканин, спричинене фізичними вправами, є фізіологічною частиною процесу адаптації; проте, хронічні тренувальні навантаження та недостатня регенерація можуть негативно вплинути на самопочуття та спортивні можливості спортсмена. Зокрема, пошкодження тканин, викликане надмірним тренуванням, може призвести до гострої та місцевої запальної реакції, що складається з надвиробництва цитокінів, головним чином інтерлейкіну-1b (IL-1b), TNF-a, інтерлейкіну-8 (IL-8) та інтерлейкіну- 6 (IL-6), спрямованих на відновлення пошкоджених структур та стимулювання м'язової адаптації. В результаті відбувається активація циркулюючих моноцитів, здатних індукувати прозапальні цитокіни та викликати системне запалення, що призводить до інсулінорезистентності, стресу ендоплазматичного ретикулуму і, як наслідок, м'язової атрофії. Крім того, генерація АФК може порушувати синтез білка, стимулювати запальну реакцію та знижувати ефективність процесів посттренувальної регенерації.

Jäger та ін. продемонстрували позитивний ефект від використання добавок штамів Streptococcus thermophilus FP4 та Bifidobacterium breve BR03 для регулювання стану запалення та покращення м'язової адаптації. Дослідження показало, що 21 день періоду прийому пробіотиків знизив рівень IL-6 у крові через 48 годин після ексцентричного тренування у 15 тренованих чоловіків. Це також зменшило обмеження руху, спричинені тренуваннями, сприяючи скороченню періоду регенерації. Позитивний вплив на параметри запалення та м'язові функції було також продемонстровано Wen-Ching та ін. Вони помітили, що тривале додавання Lactobacillus plantarum PS128 у триатлетів призводило до зниження рівня креатинкінази (CK) у плазмі. Крім того, були виявлені інші значні покращення щодо різних маркерів запалення та окислювального стресу під час фази регенерації. Ці поліпшення виявляються у підвищенні мієлопероксидази (MPO) та IL-10, а також зниженні TNF-a, IFN-γ, IL-6 та IL-8 [79]. Ефективність пробіотичних добавок була також продемонстрована Таунсендом та співавторами, які показали, що 12-тижневе лікування Bacillus subtilis DE111 знижувало рівні TNF-α без зміни інших параметрів запалення. Інше дослідження, проведене Roberts et al., ясно продемонструвало позитивний ефект від використання пробіотика з декількома штамами (Lactobacillus acidophilus CUL-60, Lactobacillus acidophilus CUL-21, Bifidobacterium bifidum CUL-20 і Bifidobacterium animac. Пробіотик у поєднанні з фруктоолігосахаридами (ФОС) та додаванням α-ліпоєвої кислоти був пов'язаний зі зниженням рівня ендотоксинів у крові порівняно з контрольною групою.

Кишкові бактерії можуть впливати на організм людини, продукуючи різні біологічно активні метаболіти. Одним із найвідоміших бактеріальних метаболітів є коротколанцюгові жирні кислоти SCFAs. Вважалося, що SCFA може бути джерелом до 10% від загальної добової енергії. Бутират, ацетат та пропіонат є найбільш відомими SCFA, на які припадає 95% усіх SCFAs.

Очевидно, бутират грає ключову роль регуляції зростання і диференціювання клітин. Рід Roseburia, Clostridia та Eubacteria є основними продуцентами бутирату. Існує низка протизапальних властивостей, пов'язаних з бутиратом, таких як підвищення цілісності кишкового бар'єру, стимуляція секреції антимікробних пептидів, активація Treg-лімфоцитів, регуляція міграції нейтрофілів, заглушення TLR, зниження продукції прозапальних цитокінів або пригнічення активної лімфи. Крім того, було показано, що бутират пригнічує запальну відповідь, змінюючи передачу сигналів NF-kB і протеїнкінази B (AKT) та антагонізуючи LPS. Крім того, він знижує проникність кишечника, покращує чутливість тканин до інсуліну, підвищує ліполіз та стимулює засвоєння глюкози скелетними м'язами [49].

Подібні протизапальні властивості спостерігалися від ацетату. Він впливає на секрецію глюкагоноподібного пептиду-1 (GLP-1) та YY, що призводить до пригнічення апетиту, ліполізу та збільшення витрати енергії. Крім того, ацетат благотворно впливає на скелетні м'язи, стимулюючи поглинання глюкози та підвищуючи чутливість до інсуліну. Пропіонат і бутират регулюють секрецію кишкових гормонів, покращуючи чутливість до інсуліну та впливаючи на метаболізм глюкози, стаючи попередником глюконеогенезу та інгібітором ліпогенезу.

Прямий зв'язок між SCFAs та скелетними м'язами опосередковується м'язовою AMФ-кіназою та відкладенням білків у тканинах скелетних м'язів. SCFAs активують AMФK, збільшуючи співвідношення AMФ/ATФ або через шлях Ffar2-лептину, але точний механізм не відомий. Кишкові бактерії можуть продукувати вторинні жовчні кислоти, які мають антибактеріальну активність. Було показано, що мікробіота може впливати на печінку та рецептори скелетних м'язів, модулюючи активність фарнезоїдного X-рецептора (FXR). Цей рецептор відіграє важливу роль в енергетичних метаболічних шляхах, обміні ліпопротеїнів та глюкози. Мікробіота кишечника шляхом послаблення пригнічення FXR може сприяти підтримці метаболічного балансу та анаболізму міоцитів. Крім того, жовчні солі можуть перетворюватися на імуномодулюючі та протизапальні сполуки в кишечнику.

Кишкова мікробіота впливає на доступність і профіль амінокислот, беручи участь у їхньому перетравленні та всмоктуванні. Примітно, що Fusobacterium, Bacteroides, Veillonella, Megasphaera elsdenii та Selenomonas ruminantium беруть участь у протеолізі, збільшуючи утилізацію амінокислот. Крім того, деякі види бактерій, такі як Streptococcus bovis, Selenomonas ruminantium та Prevotella bryantii, у присутності фізіологічних концентрацій пептидів беруть участь у біосинтезі амінокислот de novo. Кишкові бактерії мають вирішальне значення для метаболізму триптофану за його безпосереднього споживання, що обмежує його доступність для організму хазяїна. З іншого боку, склад кишкової мікробіоти є ключовим детермінантом рівня метаболітів триптофану в кровообігу та серотоніну (5-НТ) у головному мозку, отже, негативно впливає на адаптацію м'язів до тренувань.

Інша важлива роль мікробіоти полягає у виробництві вітамінів, таких як фолати, рибофлавін (В2), кобаламін (В12) і вітамін К. Вітаміни В необхідні для анаболічних процесів міоцитів через різні шляхи та деякі метаболічні функції, включаючи ДНК-реплікацію та репарацію та синтез нуклеотидів та амінокислот, а також регуляцію окислювального стресу. Bifidobacterium longum, Bifidobacterium bifidum та Lactobacillus reuteri беруть участь у синтезі вітамінів [94]. Кишкові бактерії також здатні метаболізувати поліфеноли, але їхня ефективність може знижуватися за несприятливих умов у кишечнику. Поліфеноли мають антиоксидантні та протизапальні властивості, а також сприяють біогенезу та функції мітохондрій.

Мабуть, бактерії, що утилізують лактат, відіграють важливу роль у спортивних можливостях. Лактат здатний проникати з сироватки в просвіт кишечника, де він перетворюється на SCFAs, головним чином на пропіонат. Потім SCFAs потрапляють безпосередньо до циркуляції, де через перетворення циклу Корі стають додатковим джерелом енергії. Останні дослідження, проведені Scheiman et al. показали важливу роль роду Veillonella atypica, єдиним джерелом вуглецю для якого є лактат. Кількість цих бактеріальних штамів була підвищена у кишечнику високоефективних спортсменів. Також було показано, що трансплантація роду Veillonella atypica мишам була пов'язана зі значним покращенням часу виконання операцій. Тому повідомлялося, що модуляція ферментів та перетворення лактату на пропіонат відіграє роль у поліпшенні атлетичних показників. Нарешті, моделі на тваринах ілюструють роль SCFAs (головним чином пропіонату) у максимальному поглинанні кисню та підвищенні частоти серцевих скорочень, тоді як у людей це може спричинити збільшення витрати енергії у стані спокою.

У світлі сучасних знань експресія кишкових рецепторів Gpr41 і Sglt1, що беруть участь у транспорті глюкози та енергетичному балансі, пов'язана зі збільшенням метаболізму кисню в скелетних м'язах. Бактеріальні SCFAs здатні активувати рецептори Gpr41, впливаючи на ендокринний шлях вивільнення глюкагоноподібного пептиду 1 (GLP-1), стимулюючи секрецію інсуліну. Аналогічний механізм спостерігається і у разі натрієвого котранспортера глюкози Sglt1, що відповідає за гомеостаз глюкози. Nay та ін. повідомили, що миші, які отримували антибіотик, спостерігали знижену експресію генів Gpr1 і Sglt1, що корелює зі зниженням вмісту глікогену в м'язах порівняно з контрольною групою.

Дисбіоз кишечника, який часто викликається антибіотикотерапією, сприяє зміні синтезу SCFAs та жовчних кислот (BA), що було показано в Zarrinpar et al. Обмеження бутирату, основного джерела енергії ентероцитів, викликає компенсацію глюкози. Отже, це призводить до низьких рівнів глюкози у сироватці крові, а також чутливості до інсуліну та посилення глюконеогенезу в печінці. Також повідомлялося, що дисбактеріоз кишечника може знизити доступність глюкози у скелетних м'язах, що призводить до зниження накопичення глікогену. Вміст глікогену в м'язах є ключовим фактором, що визначає аеробний енергетичний обмін спортсменів. Порушення рівня глікогену можуть спричинити погіршення м'язової сили та функцій, що призводить до порушення біоенергетичного обміну [18]. Ця концепція була підтверджена іншим дослідженням, яке корелювало між складом кишкової мікробіоти та вмістом м'язового глікогену. Було показано, що у вільних від бактерій мишей рівень м'язового глікогену нижчий, ніж у людей із нормальним складом мікробіома. Ці дані демонструють важливу роль мікробіоти у функціонуванні скелетних м'язів за рахунок покращення доступності енергетичних субстратів, таких як глюкоза.

Кишкова мікробіота може по-різному впливати на функції мітохондрій. LPS, що продукується головним чином патогенними бактеріями, активує передачу сигналів NF-kB та запальну відповідь через TLRs, що призводить до вироблення прозапальних цитокінів. Активація TLRs побічно збільшує активацію ETC, що призводить до генерації АФК в мітохондріях. Зазначено, що зростання патогенних видів Listeria monocytogenes сприяє фрагментації мітохондріальних мереж, порушуючи їхню функцію. Було показано, що інші кишкові бактерії, такі як Mycobacterium tuberculosis та Ehrlichia chaffeensis, знижують вироблення АФК шляхом інгібування LPS-ініційованих шляхів або підвищення активності SOD.

Крім того, також повідомлялося, що амінокислотно-відновлювальні бактерії, наприклад Escherichia coli та Salmonella, здатні продукувати сірководень (H2S). У великих кількостях H2S пригнічує мітохондріальну ETC, знижуючи активність цитохром С-оксидази. Інші бактеріальні метаболіти, такі як SCFAs, можуть сприяти регуляції метаболізму аеробної енергії у скелетних м'язах. Це відбувається головним чином через бутират і його здатність вступати в цикл Кребса підвищення його ефективності. Проте, останні дані свідчать про те, що 3-O-сульфат ізованілової кислоти (IVAS) також може позитивно впливати на поглинання та метаболізм глюкози в клітинах людини. Було показано, що IVAS збільшує транспорт глюкози в залежності від дози шляхом активації GLUT-4 та GLUT-1, фосфатидилінозитол-3-кінази (PI3K) та фосфорилювання AKT [106]. PI3K, мабуть, має вирішальне значення для метаболізму м'язів та мітохондріального гомеостазу шляхом модуляції чутливості до інсуліну.

Останнім часом численні дослідження підтверджують існування осі кишечника-мозку (GBA), що забезпечує двонаправлений зв'язок між цими двома органами. Її сигнальні шляхи складаються в основному з аферентних та еферентних нейронів, що проходять через симпатичні та парасимпатичні волокна вегетативної нервової системи (ANS). Використовуючи ці двонаправлені перехресні перешкоди, кишкові сигнали можуть проводити роботу мозку, регулювати настрій і навіть рефлекторну діяльність. Так само центральна нервова система може змінювати моторику шлунково-кишкового тракту (GI) і кислотну секрецію в шлунку і контролювати процес дефекації.

Було встановлено, що кишкова мікробіота грає вирішальну роль комунікації кишечника з мозком, генеруючи деякі нейроактивні молекули. Наприклад, було продемонстровано, що штами роду Lactobacillus продукують γ-аміномасляну кислоту (ГАМК), важливий інгібіторний трансмітер у головному мозку. Так само було показано, що інші види бактерій здатні до синтезу норадреналіну (наприклад, Bacillus mycoides, Bacillus subtilis), дофаміну (наприклад, Bacillus cereus, Bacillus mycoides, Bacillus subtilis) та серотоніну (наприклад, Lactococcus lactis, Lactobacillu ). Таким чином, очевидно, що кишкові бактерії мають потенціал змінювати активність нейромедіаторів, взаємодіючи з нервовою системою господаря для регуляції психічного здоров'я, а отже, обміну речовин та фізичної працездатності.

На підтвердження цих результатів недавній системний огляд показав, як помірні тренування сприяють підвищенню рівня ГАМК у гіпоталамусі, що пов'язано зі зниженим артеріальним тиском у спокої, частотою серцевих скорочень та симпатичним тонусом. Крім того, було показано, що дофамін синтезується у шлунково-кишковому тракті під час стресових ситуацій. З іншого боку, тренувальна навантаження, як повідомлялося, викликало м'язове виснаження та зміни в ЦНС, що призводять до порушень настрою, втоми, безсоння та депресії. Центральна втома була з підвищенням вивільнення 5-НТР і могла призвести до неоптимальної фізичної працездатності. На загальну думку, це зниження рівня 5-НТР у головному мозку може призвести до прояву розладів настрою, депресії, спотворення серцевої функції та змін артеріального тиску. Загалом було показано, що кишкова мікробіота сприяє виробленню та регуляції нейромедіаторів та гормонів, що, впливає на самопочуття спортсменів, настрій, мотивацію та суб'єктивне почуття регенерації.

Цікаво, що дослідження проведене Bravo et al. показало, що хронічні добавки з Lactobacillus rhamnosus викликали зміни в експресії центральних ГАМК-рецепторів, знижуючи спричинений стресом кортикостерон (CORT), а також поведінку, пов'язану з тривогою та депресією. Крім того, було показано, що рівні 5-НТР у крові та ободової кишці безмікробних (GF) тварин нижче порівняно з їх зазвичай колонізованими аналогами. Висловлено припущення, що цей ефект залежить від бактеріальних молекул, таких як SCFAs. Крім того, Crumeyrolle-Arias et al. продемонстрували важливу роль бактерій кишківника у відповідь на стрес. У мишей GF спостерігалася більш висока концентрація CORT у сироватці, підвищена експресія мРНК кортикотропін-рилізинг-фактору (CRF) у гіпоталамусі та нижча швидкість дофамінергічного обміну в гіпокампі порівняно з SPF-мишами. Ці зміни свідчать, що недолік кишкової мікробіоти посилює стресову реакцію. Крім того, хронічне підвищення рівня ендогенних глюкокортикоїдів, можливо, призвело до зниження швидкості синтезу білка та посилення протеолізу з утворенням амінокислот, які є попередниками глюконеогенезу в печінці. Однак у скелетних м'язах це може призвести до розвитку окисного стресу та атрофії скелетних м'язів, а також до м'язової слабкості. Грунтуючись на цих даних, ми припустили, що мікробний склад кишечника відіграє вирішальну роль у розвитку та функції відповідної реакції на стрес за допомогою регуляції гіпоталамус-гіпофіз-адренокортикальної осі і, як наслідок, фізичних вправ у спортсменів.

**ВИСНОВКИ**

Триатлон хоч і є відносно молодим видом спорту для нас, але вже зарекомендував себе як винятковий з погляду морально-психологічної, фізичної сторін. З кожним роком все більше і більше дітей, підлітків та дорослих відкривають у собі непідробний інтерес до цього виду спорту.

Сучасна популярність масової фізичної культури та неухильне зростання результатів у спорті вищих досягнень визначають умови, в яких лікарський контроль не може обмежитися лише загальними висновками про стан здоров'я для допуску до занять фізичною культурою та спортом. Виникла необхідність в отриманні всебічної інформації про стан найважливіших систем організму та кількісну характеристику основних їх параметрів.

Одним із важливих засобів управління функціональним станом у підготовці висококваліфікованих спортсменів є оптимізація процесів відновлення окремих функцій та систем організму.

Багаторічна робота з проблем відновлення у спорті вищих досягнень дозволила сформулювати обґрунтовані концептуальні підходи та намітити тактику проведення відновлювальних заходів. При цьому ми розглядаємо процеси відновлення та підвищення працездатності із системних позицій при комплексному використанні наявних засобів харчування та БАД.

Такий підхід виявляє себе у запобіганні зриву адаптації шляхом поєднаного відновлення функцій ЦНС та захисних сил організму. Природно, що цілеспрямоване впливом відновлення загальної та спеціальної працездатності, і навіть діяльності приватних систем досягається шляхом комбінації різних методів на організм триатлетів. Виходячи з даних літературних джерел, можна сказати, що до раціону харчування спортсмена мають входити: збалансовані продукти харчування, що містять у собі всі компоненти білків, жирів і вуглеводів; раціон харчування має відповідати енерговитратам самого атлета; продукти тваринного та рослинного походження; продукти, які легко засвоюються організмом.

У світлі сучасних знань видається, що втручання кишкової мікробіоти може вплинути на організм людини, що призведе до поліпшення спортивних результатів. Модуляція імунної відповіді, окислювального стресу, метаболічних процесів та біодоступності поживних речовин вважаються основними механізмами, за допомогою яких мікробіота впливає на тренувальну адаптацію. Мікробіом може також впливати на синтез м'язового білка, біогенез та функцію мітохондрій, а також на накопичення м'язового глікогену. Дисбактеріоз може знижувати фізіологічну адаптацію, збільшувати маркери запалення та утворення АФК, а також руйнування макромолекул вільними радикалами, що сприяє атрофії скелетних м'язів. З іншого боку, численні дослідження вказують на позитивний вплив добавок пробіотиків на аеробні та анаеробні показники у спортсменів. Не всі ці процеси добре вивчені, і існує необхідність у майбутніх дослідженнях для вивчення зв'язку між кишечником і м'язами. Ці дослідження повинні бути зосереджені на спортсменах і прагнути покращити наше розуміння їхньої фізіологічної підтримки м'язової функції.

Численні дослідження показали обґрунтованість стратегій, спрямованих на мікробіоту кишечника, для покращення параметрів тренування та підвищення тренувальних можливостей. Дослідження вказують на здатність кишкової мікробіоти пом'якшувати окисний стрес та запалення, викликане фізичним навантаженням. Випробування проведене Jager et al. показало, що пробіотичні добавки Bacillus coagulans GBI-30 покращують анаеробну здатність, виміряну за допомогою Wingate-тесту. Позитивні властивості пробіотичних добавок під час регенерації після тренування були представлені Carbuhn et al. а також Huang et al., використовуючи Bifidobacterium longum 35624 та Lactobacillus plantarum PS128 відповідно. В обох групах дослідження спортсмени повідомляли про більш швидкий час відновлення у пробіотичній групі порівняно з групами плацебо.

Дослідження також показали позитивний пробіотичний ефект на аеробну підготовленість спортсменів за рахунок продовження часу тренування до виснаження. Hsu та ін. спостерігали збільшення м'язової маси та витривалості, а також антиоксидантний потенціал у мишей з оптимальним складом кишкової мікробіоти. Ці спостереження узгоджуються з наступним медичним експериментом, проведеним Chen та ін. Аналогічні повідомлення отримані від Scheiman et al., які продемонстрували роль бактерій в утилізації лактату і, отже, підвищення фізичної працездатності.

**СПИСОК ДЖЕРЕЛ**

2. Бондарчук А.П. Периодизация спортивной тренировки. – Киев: Олимпийская литература; 2005. – 304 с.

4. Волков Н.И., и др. Биохимия мышечной деятельности. – Киев: Олимпийская литература; 2000. – 504 с.

5. Келлер В.С. Теоретико-методичні основи підготовки спортсменів : навч. посіб. / В.С. Келлер, В.М. Платонов. – Львів : Укр. спорт. асоціація, 1992. – 269 с.

6. Мак-Комас А.Дж. Скелетные мышцы. – Киев: Олимпийская литература; 2001. 408 с.

7. Матвеев Л.П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов. – Киев: Олимпийская литература; 1999. – 320 с.

8. Мохан Р., Гессон М., Гринхафф П.Л. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки. – Киев: Олимпийская литература; 2001. – с. 31–41.

9. Нигг Г.М. Чрезмерные нагрузки и механизмы спортивных травм. В кн.: Спортивные травмы. Основные принципы предупреждения и лечения. – Киев: Олимпийская литература; 2002. – с. 98–108.

12. Павленко Ю.О. Науково-методичне забезпечення підготовки спортсменів в олімпійському спорті / Юрій Олексійович Павленко. – К. : Олімп. л-ра, 2011. – 312 с.

13. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте: учебник для студентов вузов физического воспитания и спорта. – Киев: Олимпийская литература; 1997. – с. 554–66.

14. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов – К.: Олимп. л-ра, 2004. – 808 с.

15. Ahola, A.J.; Lassenius, M.I.; Forsblom, C.; Harjutsalo, V.; Lehto, M.; Groop, P.H. Dietary patterns reflecting healthy food choices are associated with lower serum LPS activity. Sci. Rep. 2017, 7, 6511.

16. Atherton, P.J.; Smith, K. Muscle protein synthesis in response to nutrition and exercise. J. Physiol. 2012, 590, 1049–1057.

17. Barton, W.; Penney, N.C.; Cronin, O.; Garcia-Perez, I.; Molloy, M.G.; Holmes, E. The microbiome of professional athletes differs from that of more sedentary subjects in composition and particularly at the functional metabolic level. Gut. 2018, 67, 625–633.

18. Bindels, L.B.; Beck, R.; Schakman, O.; Martin, J.C.; De Backer, F.; Sohet, F.M. Restoring Specific Lactobacilli Levels Decreases Inflammation and Muscle Atrophy Markers in an Acute Leukemia Mouse Model. PLoS ONE 2012, 7, 37971.

19. Brandt, N.; Gunnarsson, T.P.; Hostrup, M.; Tybirk, J.; Nybo, L.; Pilegaard, H. Impact of adrenaline and metabolic stress on exercise-induced intracellular signaling and PGC-1α mRNA response in human skeletal muscle. Physiol. Rep. 2016, 4, 12844.

20. Brinkmann, C.; Chung, N.; Schmidt, U.; Kreutz, T.; Lenzen, E.; Schiffer, T. Training alters the skeletal muscle antioxidative capacity in non-insulin-dependent type 2 diabetic men. Scand. J. Med. Sci. Sports 2012, 22, 462–470.

21. Buigues, C.; Fernández-Garrido, J.; Pruimboom, L.; Hoogland, A.J.; Navarro-Martínez, R.; Martínez-Martínez, M. Effect of a Prebiotic Formulation on Frailty Syndrome: A Randomized, Double-Blind Clinical Trial. Int. J. Mol. Sci. 2016, 17, 932.

22. Burke, L.M.; Ross, M.L.; Garvican-Lewis, L.A.; Welvaert, M.; Heikura, I.A.; Forbes, S.G. Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. J. Physiol. 2017, 595, 2785–2807.

23. Cervenka, I.; Agudelo, L.Z.; Ruas, J.L. Kynurenines: Tryptophan’s metabolites in exercise, inflammation, and mental health. Science 2017, 357, 9794.

24. Chassard, C.; Lacroix, C. Carbohydrates and the human gut microbiota. Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care 2013, 16, 453–460.

25. Chen, Y.M.; Wei, L.; Chiu, Y.S.; Hsu, Y.J.; Tsai, T.Y.; Wang, M.F. Lactobacillus plantarum TWK10 Supplementation Improves Exercise Performance and Increases Muscle Mass in Mice. Nutrients 2016, 8, 205.

26. Churchward-Venne, T.A.; Burd, N.A.; Mitchell, C.J.; West, D.W.D.; Philp, A.; Marcotte, G.R. Supplementation of a suboptimal protein dose with leucine or essential amino acids: Effects on myofibrillar protein synthesis at rest and following resistance exercise in men. J. Physiol. 2012, 590, 2751–2765.

27. Coleman, N. Gastrointestinal Issues in Athletes. Curr. Sports Med. Rep. 2019, 18, 185–187.

28. Crawford, M.; Whisner, C.; Al-Nakkash, L.; Sweazea, K.L. Six-Week High-Fat Diet Alters the Gut Microbiome and Promotes Cecal Inflammation, Endotoxin Production, and Simple Steatosis without Obesity in Male Rats. Lipids. 2019, 54, 119–131.

29. Dallas, D.C.; Sanctuary, M.R.; Qu, Y.; Khajavi, S.H.; van Zandt, A.E.; Dyandra, M. Personalizing protein nourishment. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2017, 57, 3313–3331.

30. Das, B.; Nair, G.B. Homeostasis and dysbiosis of the gut microbiome in health and disease. J. Biosci. 2019, 44.

31. De Kivit, S.; Tobin, M.C.; Forsyth, C.B.; Keshavarzian, A.; Landay, A.L. Regulation of Intestinal Immune Responses through TLR Activation: Implications for Pro- and Prebiotics. Front. Immunol. 2014, 5, 60.

32. Den Hartigh, L.J. Conjugated Linoleic Acid Effects on Cancer, Obesity, and Atherosclerosis: A Review of Pre-Clinical and Human Trials with Current Perspectives. Nutrients 2019, 11, 370.

33. Durk, R.P.; Castillo, E.; Márquez-Magaña, L.; Grosicki, G.J.; Bolter, N.D.; Lee, C.M. Gut Microbiota Composition Is Related to Cardiorespiratory Fitness in Healthy Young Adults. Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab. 2019, 29, 249–253.

34. Gary, D.W.; Bushmanc, F.D.; Lewis, J.D. Diet, the human gut microbiota, and IBD. Anaerobe 2013, 24, 117–120.

35. Gentile, C.L.; Weir, T.L. The gut microbiota at the intersection of diet and human health. Science 2018, 362, 776–780.

36. Hajizadeh Maleki, B.; Tartibian, B.; Eghbali, M.; Asri-Rezaei, S. Comparison of seminal oxidants and antioxidants in subjects with different levels of physical fitness. Andrology 2013, 1, 607–614.

37. Hearris, M.A.; Hammond, K.M.; Fell, J.M.; Morton, J.P. Regulation of Muscle Glycogen Metabolism during Exercise: Implications for Endurance Performance and Training Adaptations. Nutrients 2018, 3, 298.

38. Ji, L.L.; Gomez-Cabrera, M.C.; Steinhafel, N.; Vina, J. Acute exercise activates nuclear factor (NF)-κB signaling pathway in rat skeletal muscle. FASEB J. 2004, 18, 1499–1506.

39. Kaczor, J.J.; Robertshaw, H.A.; Tarnopolsky, M.A. Higher Oxidatove Stress in Skeletal Muscle of McArdle Disease Patients. Mol. Genet. Metab. Rep. 2017, 12, 69–75.

40. Karl, J.P.; Margolis, L.M.; Madslien, E.H.; Murphy, N.E.; Castellani, J.W.; Gundersen, Y. Changes in intestinal microbiota composition and metabolism coincide with increased intestinal permeability in young adults under prolonged physiological stress. Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol. 2017, 312, 559–571.

41. Kårlund, A.; Gómez-Gallego, C.; Turpeinen, A.M.; Palo-Oja, O.M.; El-Nezami, H.; Kolehmainen, M. Protein Supplements and Their Relation with Nutrition, Microbiota Composition and Health: Is More Protein Always Better for Sportspeople? Nutrients 2019, 4, 829.

42. Mach, N.; Fuster-Botella, D. Endurance exercise and gut microbiota: A review. J. Sport Health Sci. 2017, 6, 179–197. Thursby, E.; Juge, N. Introduction to the human gut microbiota. Biochem. J. 2017, 474, 1823–1836.

43. Małkiewicz, M.A.; Szarmach, A.; Sabisz, A.; Cubała, W.J.; Szurowska, E.; Winklewski, P.J. Blood-brain barrier permeability and physical exercise. J. Neuroinflammation 2019, 16, 15.

44. Martarelli, D.; Verdenelli, M.C.; Scuri, S.; Cocchioni, M.; Silvi, S.; Cecchini, C. Effect of a probiotic intake on oxidant and antioxidant parameters in plasma of athletes during intense exercise training. Curr. Microbiol. 2011, 62, 1689–1696.

45. McCall, L.M.; Ackerman, K.E. Endocrine and metabolic repercussions of relative energy deficiency in sport. Curr. Opin. Endocr. Metab. Res. 2019, 9, 56–65.

46. McCarthy, J.J.; Esser, K.A. Anabolic and catabolic pathways regulating skeletal muscle mass. Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care 2010, 13, 230–235.

47. Mika, A.; van Treuren, W.; González, A.; Herrera, J.J.; Knight, R.; Fleshner, M. Exercise is More Effective at Altering Gut Microbial Composition and Producing Stable Changes in Lean Mass in Juvenile versus Adult Male F344 Rats. PLoS ONE 2015.

48. Mountjoy, M.; Sundgot-Borgen, J.; Burke, L.; Carter, S.; Constantini, N.; Lebrun, C. The IOC consensus statement: Beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). Br. J. Sports Med. 2014, 48, 491–497.

49. Ni Lochlainn, M.; Bowyer, R.C.E.; Steves, C.J. Dietary Protein and Muscle in Aging People: The Potential Role of the Gut Microbiome. Nutrients 2018, 7, 929.

50. Peternelj, T.T.; Coombes, J.S. Antioxidant Supplementation during Exercise Training. Sports Med. 2011, 41, 1043–1069.

51. Petersen, L.M.; Bautista, E.J.; Nguyen, H.; Hanson, B.M.; Chen, L.; Lek, S.H. Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists. Microbiome 2017, 5, 98.

52. Philp, A.; Hargreaves, M.; Baar, K. More than a store: Regulatory roles for glycogen in skeletal muscle adaptation to exercise. Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 2012, 302, 1343–1351.

53. Pingitore, A.; Lima, G.P.P.; Mastorci, F.; Quinones, A.; Iervasi, G.; Vassalle, C. Exercise and oxidative stress: Potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. Nutrition 2015, 31, 916–922.

54. Qiao, Y.; Sun, J.; Ding, Y.; Le, G.; Shi, Y. Alterations of the gut microbiota in high-fat diet mice is strongly linked to oxidative stress. Appl. Microbiol. Biotechnol. 2013, 97, 1689–1697.

55. Rinninella, E.; Cintoni, M.; Raoul, P.; Lopetuso, L.R.; Scaldaferri, F.; Pulcini, G. Food Components and Dietary Habits: Keys for a Healthy Gut Microbiota Composition. Nutrients 2019, 10, 2393.

56. Rothschild, D.; Weissbrod, O.; Barkan, E.; Kurilshikov, A.; Korem, T.; Zeevi, D. Environment dominates over host genetics in shaping human gut microbiota. Nature 2018, 555, 210–215.

57. Safdar, A.; Hamadeh, M.J.; Kaczor, J.J.; Raha, S.; Debeer, J.; Tarnopolsky, M.A. Aberrant Mitochondrial Homeostasis in the Skeletal Muscle of Sedentary Older Adults. PLoS ONE 2010, 5, 10778.

58. Schoenfeld, B.J. Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy? J. Strength Cond. Res. 2012, 26, 1441–1453.

59. Shimizu, H.; Masujima, Y.; Ushiroda, C.; Mizushima, R.; Taira, S.; Ohue-Kitano, R. Dietary short-chain fatty acid intake improves the hepatic metabolic condition via FFAR3. Sci. Rep. 2019, 9, 16574.

60. Shreiner, A.B.; Kao, J.Y.; Young, V.B. The gut microbiome in health and in disease. Curr. Opin. Gastroenterol 2015, 31, 69–75.

61. Sohail, M.U.; Yassine, H.M.; Sohail, A.; Al Thani, A.A. Impact of Physical Exercise on Gut Microbiome, Inflammation, and the Pathobiology of Metabolic Disorders. Rev. Diabet. Stud. 2019, 15, 35–48.

62. Spriet, L.L. New Insights into the Interaction of Carbohydrate and Fat Metabolism during Exercise. Sports Med. 2014, 44, 87–96.

63. Spyropoulos, B.G.; Misiakos, E.P.; Fotiadis, C.; Stoidis, C.N. Antioxidant properties of probiotics and their protective effects in the pathogenesis of radiation-induced enteritis and colitis. Dig. Dis. Sci. 2011, 56, 285–294.

64. Ticinesi, A.; Lauretani, F.; Tana, C.; Nouvenne, A.; Ridolo, E.; Meschi, T. Exercise and immune system as modulators of intestinal microbiome: Implications for the gut-muscle axis hypothesis. Exerc. Immunol. Rev. 2019, 25, 84–95.

65. Vich Vila, A.; Collij, V.; Sanna, S.; Sinha, T.; Imhann, F.; Bourgonje, A.R. Impact of commonly used drugs on the composition and metabolic function of the gut microbiota. Nat. Commun. 2020, 11, 362.

66. Wu, G.D.; Chen, J.; Hoffmann, C.; Bittinger, K.Y.; Chen, Y.; Keilbaugh, S.A. Linking Long-Term Dietary Patterns with Gut Microbial Enterotypes. Science 2011, 334, 105–108.

67. Wu, G.D.; Compher, C.; Chen, E.Z.; Smith, S.A.; Shah, R.D.; Bittinger, K. Comparative metabolomics in vegans and omnivores reveal constraints on diet-dependent gut microbiota metabolite production. Gut 2016, 65, 63–72.

68. Xiao, S.; Fei, N.; Pang, X.; Shen, J.; Wang, L.; Zhang, B. A gut microbiota-targeted dietary intervention for amelioration of chronic inflammation underlying metabolic syndrome. FEMS Microbiol. Ecol. 2014, 87, 357–367.

69. Zoeller ZF. Creatine supplementation and exercise performance. // ACSM Certified News. 1998; 8 (2): I-4.