МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ УКРАЇНИ

КАФЕДРА МЕДИЧНОЇ БІОЛОГІЇ ТА СПОРТИВНОЇ ДІЄТОЛОГІЇ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за спеціальністю 091 Біологія та біохімія

освітньою програмою «Фізіологія рухової активності»

на тему:

«**Оцінка балансу аеробного та анаеробного метаболізму під час тренувального процесу у тріатлоні»**

здобувача вищої освіти

другого (магістерського) рівня

Гавінської-Віргеш Доротеї- Владоміри Григорівни

Науковий керівник: Дроздовська С.Б.,

д.б.н., професор

Рецензент: м.н.с., лаб.функціональних,

фізичних та технічних

резервів спортсменів

ДНДІФКС

Козак І.О.

Рекомендовано до захисту на засіданні

кафедри (протокол № 5 від 25.11.2024 р.)

Завідувач кафедри: Вікторія Пастухова

д.м.н., професор

Київ, 2024

# ЗМІСТ

|  |  |
| --- | --- |
|  | Стор. |
| **ВСТУП**……………………………………………………………. | 3 |
| **РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ БАЛАНСУ АЕРОБНОГО ТА АНАЕРОБНОГО МЕТАБОЛІЗМУ ПІД ЧАС ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ТРІАТЛОНІ**............................... | 4 |
| 1.1 Дослідження особливостей тріатлону як виду спорту.......... | 4 |
| 1.2Розгляд аеробного метаболізму та його ролі у тріатлоні..... | 7 |
| 1.3 Опис анаеробного метаболізму та його значення у тріатлоні............................................................................................ | 10 |
| 1.4. Баланс аеробного та анаеробного метаболізму та методи впливу............................................................................................... | 14 |
| **РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**...................................................................................... | 21 |
| 2.1 Характеристика вибірки …...................................................... | 21 |
| 2.2 Методи дослідження ………..………...................................... | 21 |
| **РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**...................................................................................... | 25 |
| 3.1 Опис плану дослідження, вибір методів оцінки аеробного та анаеробного метаболізму ………………............................................ | 25 |
| 3.2 Поетапний опис процедури дослідження............................... | 37 |
| 3.3 Методи статистичної обробки даних….................................. | 41 |
| 3.4 Функціональний стан спортсменів та динаміка аеробної та анаеробної діяльності................................................................................ | 44 |
| 3.5 Рекомендації для тренувального процесу............................... | 50 |
| **ВИСНОВКИ**…………………………………………………….... | 58 |
| **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**................................... | 61 |

# ВСТУП

Тріатлон є одним із найскладніших видів спорту, що вимагає високого рівня витривалості та оптимального балансу аеробного та анаеробного метаболізму. Важливо розуміти цей баланс для підвищення ефективності тренувального процесу.

Актуальність: У сучасних дослідженнях тріатлону особлива увага приділяється оптимізації енергетичного обміну спортсменів, зокрема балансу аеробного та анаеробного метаболізму. Незважаючи на значний обсяг досліджень, недостатньо вивчені динаміка цього балансу під час різних етапів тренувального процесу. Відомо, що ефективне управління співвідношенням аеробних та анаеробних процесів здатне покращити спортивні результати, проте шляхи розвитку цього питання та методи його оцінки потребують подальшого вивчення.

Мета: Оцінити баланс анаеробної та аеробної діяльності в динаміці для покращення тренувального процесу у тріатлоні.

Завдання:

1. Провести аналіз наукової літератури, що стосується тренувального процесу у тріатлоні, та встановити основні методи дослідження.
2. Провести обстеження функціонального стану спортсменів.
3. Проаналізувати показники анаеробної та аеробної діяльності спортсменів у тріатлоні.
4. Надати рекомендації для розвитку спортсменів.

Методи дослідження: У дослідженні використовуватимуться як теоретичні, так і практичні методи, включаючи аналіз наукової літератури, обстеження функціонального стану спортсменів, а також використання спеціалізованих тестів для оцінки аеробного та анаеробного метаболізму.

Об’єкт дослідження: процес енергетичного обміну спортсменів у тріатлоні, зокрема взаємодія аеробних і анаеробних метаболічних процесів під час тренувального циклу.

Предмет дослідження: динаміка балансу аеробного та анаеробного метаболізму у спортсменів, які займаються тріатлоном, та вплив цієї динаміки на ефективність тренувального процесу.

Теоретичне значення: Результати дослідження дозволять поглибити розуміння механізмів взаємодії аеробних та анаеробних процесів у спортсменів під час тренувань з тріатлону. Це сприятиме вдосконаленню теоретичних основ побудови тренувального процесу в циклічних видах спорту та розвитку нових підходів до оптимізації енергетичного обміну.

Практичне значення: Розроблені рекомендації на основі отриманих даних щодо балансу аеробного та анаеробного метаболізму сприятимуть підвищенню спортивних результатів тріатлоністів. Вони також можуть бути використані тренерами для побудови індивідуалізованих тренувальних програм і оптимізації підготовки спортсменів до змагань.

# **РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ БАЛАНСУ АЕРОБНОГО ТА АНАЕРОБНОГО МЕТАБОЛІЗМУ ПІД ЧАС ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ТРІАТЛОНІ**

1.1. Дослідження особливостей тріатлону як виду спорту

Тріатлон — це вид спорту, що об'єднує три дисципліни: плавання, велоспорт і біг. Ці види активності мають високу інтенсивність та вимагають від спортсменів як фізичної витривалості, так і розвитку різних енергетичних систем організму.

Аналіз балансу між аеробним та анаеробним метаболізмом під час тренувального процесу у тріатлоні є ключовим аспектом для підвищення продуктивності спортсменів. Тріатлон, як вид спорту, що включає три етапи – плавання, велоспорт та біг – вимагає поєднання витривалості, сили і здатності до швидких ривків. Це означає, що спортсмени повинні навчитися ефективно використовувати як аеробні, так і анаеробні енергетичні системи.

Аеробний метаболізм активується під час тривалих, помірних за інтенсивністю навантажень, таких як велоетап або біг на довгі дистанції. Він забезпечує організм енергією шляхом окислення жирів і вуглеводів у присутності кисню. Аеробна система може працювати протягом тривалого часу, оскільки процеси вироблення енергії досить ефективні.

У тріатлоні цей тип метаболізму є важливим під час більш тривалих етапів, таких як плавання на довгі дистанції, велоспорт і біг. Розвиток аеробної витривалості є основою для успішної участі у змаганнях на великі дистанції.

Анаеробний метаболізм забезпечує швидке вироблення енергії, коли інтенсивність навантаження перевищує здатність організму забезпечувати енергію через аеробний метаболізм. Він активується під час коротких, інтенсивних навантажень, таких як прискорення або фінішний ривок. Анаеробний метаболізм дозволяє отримати енергію без участі кисню, але цей процес супроводжується швидким накопиченням молочної кислоти в м'язах, що викликає втому.

У тріатлоні анаеробний метаболізм активується на коротких інтенсивних відрізках, коли спортсмен прискорюється, підіймається на пагорби або робить фінішний ривок.

Оптимальний баланс між аеробним і анаеробним метаболізмом дозволяє спортсменам ефективно розподіляти свої сили під час змагань. Аеробний метаболізм забезпечує витривалість на тривалих дистанціях, тоді як анаеробний метаболізм надає необхідну потужність для коротких ривків. Вміння перемикатися між цими системами і використовувати їх максимально ефективно є важливою складовою успіху в тріатлоні.

Дослідження балансу між аеробним та анаеробним метаболізмом у тріатлоні розвивається як частина спортивної науки, починаючи з 1980-х років, коли науковці вперше звернули увагу на вплив різних енергетичних систем під час тривалих змагань. Одним з перших дослідників, хто досліджував цю тему, був R.B. Kreider, який вивчав фізіологічні аспекти ультратривалих навантажень, включаючи аеробні та анаеробні системи. Його робота "Physiological considerations of ultraendurance performance" (1991) заклала основу для розуміння ролі обох систем у підвищенні витривалості. Jan Olbrecht ще один автор численних праць з аналізу тренувальних підходів у тріатлоні. Його робота "Swimming for winning" (2011) [1] детально розглядає методи покращення ефективності плавання та вплив періодизації на тренувальний процес. Одним з провідних дослідників факторів, що впливають на результати в ультратривалих змаганнях можна вважати P.B. Laursen. У статті "Factors affecting performance in an ultraendurance triathlon" (2001) [5], Laursen аналізує вплив аеробного та анаеробного метаболізму на здатність спортсменів досягати високих результатів.

Фактори, що впливають на результативність тріатлетів, зокрема баланс аеробних та анаеробних систем, були досліджені G.G. Sleivert в роботі "Physical and physiological factors associated with success in the triathlon" (1996) [6].

У своїй роботі "Training-induced adaptation in purine metabolism in high-level sprinters vs. Triathletes" (2012) [] дослідники Zieliński, J., Kusy, K. порівнюють адаптації енергетичних систем у бігунів-спринтерів і тріатлетів, що показує відмінності в балансі аеробного та анаеробного метаболізму.

Ранні дослідження, такі як праці Kreider (1991), показали, що успішні спортсмени в тріатлоні розвивають ефективний баланс між аеробними та анаеробними енергетичними системами. Подальші дослідження підтвердили, що ефективність переходу від однієї системи до іншої залежить від специфічних тренувань і технічної підготовки. Наприклад, робота Olbrecht (2011) [1] підкреслює важливість плавання та технічної майстерності для збереження енергії на інші етапи змагань.

Проте, хоча баланс метаболічних систем вивчається вже тривалий час, багато досліджень показують відмінності у методології оцінки впливу обох систем. Наприклад, деякі ранні дослідження, такі як дослідження Margaritis (1996), не завжди могли точно виміряти інтенсивність взаємодії систем через недосконалість методів контролю обсягів та інтенсивності.

Баланс між аеробною та анаеробною системами є ключовим аспектом для тріатлетів, оскільки ці системи забезпечують різні етапи змагань. Подальші дослідження повинні включати інтеграцію нових технологій для більш точного вимірювання обмінних процесів, таких як аналіз газів та лактатні тести у режимі реального часу. Технології, такі як смарт-пристрої, дозволять детальніше аналізувати фізіологічні реакції на навантаження під час тренувань і змагань.

Таблиця 1.1. Особливості тріатлону та фактори, що впливають на баланс аеробного та анаеробного метаболізму:

| Особливості тріатлону | | Опис |
| --- | --- | --- |
| Структура змагань | | Тріатлон складається з трьох етапів: плавання, велоспорту та бігу. Змагання проводяться на різних дистанціях |
| Фізіологічні вимоги | | Вимагає використання обох систем: аеробної для витривалості та анаеробної для високої інтенсивності під час коротких навантажень. |
| Баланс метаболізму | | Аеробний метаболізм активний під час тривалих етапів, анаеробний — під час швидких, інтенсивних ривків. |
| Тренувальний процес | | Включає різноманітні методи: інтервальні тренування, тривалі навантаження, силові вправи для підвищення ефективності обох систем. |
| Фактори, що впливають на баланс метаболізму | Опис | |
| Інтенсивність тренувань | Висока інтенсивність стимулює анаеробний метаболізм, а низько- та середньоінтенсивні тренування розвивають аеробну витривалість. | |
| Час на відновлення | Важливий для відновлення після анаеробного навантаження, що призводить до втоми через накопичення молочної кислоти. | |
| Харчування | Підтримка рівня глікогену сприяє кращому функціонуванню аеробного та анаеробного метаболізму. | |
| Тип дистанції | Короткі дистанції активують більше анаеробних процесів, тоді як довгі дистанції залучають аеробні системи. | |
| Вікові та генетичні особливості | Індивідуальні відмінності у фізіології впливають на ефективність використання енергетичних систем. | |

Ця таблиця дає чітке уявлення про ключові аспекти тріатлону та фактори, що визначають баланс між аеробним і анаеробним метаболізмом.

Оскільки тріатлон стає все більш популярним видом спорту, слід очікувати збільшення кількості досліджень, присвячених специфіці підготовки спортсменів на різних дистанціях і впливу взаємодії метаболічних систем на результативність.

1.2. **Розгляд аеробного метаболізму та його ролі у тріатлоні**

Дослідження, спрямовані на визначення факторів, що впливають на ефективність аеробних процесів, та методів їх оцінки, активно розвивалися з середини XX століття. Першими дослідниками, які зробили значний внесок у цю область, були Wasserman та інші, які в 1984 році запропонували методику визначення анаеробного порогу [11], що є важливим показником для оцінки ефективності аеробної системи.

Ця робота показала [11], що анаеробний поріг (вимірювання моменту, коли починає зростати рівень лактату в крові) може бути використаний як основний показник для визначення ефективності аеробного метаболізму під час навантажень. Визначення цього показника дозволяє прогнозувати, як швидко організм спортсмена переходить від аеробного метаболізму до анаеробного, що важливо для покращення спортивних результатів.

Трохи згодом, Bassett та Howley у своїй роботі [12] підсумували основні фактори, що обмежують максимальне споживання кисню (VO₂ max), включаючи генетичні особливості, рівень фізичної підготовки та здатність організму використовувати кисень під час навантажень. Вимірювання VO₂ max стало важливим методом для оцінки аеробної потужності спортсменів і ключовим показником, що характеризує здатність підтримувати витривалість при тривалих навантаженнях.

Glaister, M. (2005) [13] розробив дослідження, спрямовані на вивчення впливу аеробної підготовки на стомлюваність при багатократних інтенсивних навантаженнях. Його робота допомогла зрозуміти, як покращення аеробної здатності дозволяє спортсменам швидше відновлюватися після інтенсивних навантажень, що стало важливим для розробки тренувальних програм у видах спорту, де чергуються висока інтенсивність та відпочинок.

Pобота Saunders, P.U., et al. (2004) [14] досліджувала економічність бігу у тренованих спортсменів та виявила, що поліпшення аеробної здатності дозволяє більш ефективно використовувати енергію під час тривалих навантажень. Це стало важливим відкриттям для розвитку методик тренувань у бігунів.

Cтаття Barnes, K.R., & Kilding, A.E. (2015) [15] представила методи вимірювання економічності бігу та факторів, що впливають на її покращення, включаючи оптимізацію аеробних і анаеробних систем. Висновки дослідження показали, що високий рівень економічності бігу корелює зі здатністю підтримувати високі навантаження тривалий час.

Ці роботи заклали основи для розробки сучасних тренувальних методик у багатьох видах спорту. Визначення факторів, що впливають на ефективність аеробних процесів, дозволило тренерам і спортсменам адаптувати свої тренувальні програми для максимального розвитку витривалості та потужності.

Основні результати включають:

* Покращення методів вимірювання аеробної витривалості через VO₂ max та лактатний поріг.
* Підвищення ефективності тренувальних програм завдяки точному моніторингу фізіологічних показників під час навантажень.
* Розвиток методик економічного використання енергії у видах спорту, що потребують тривалих навантажень.

Подальші дослідження можуть бути зосереджені на інтеграції нових технологій для безперервного моніторингу фізіологічних показників у реальному часі під час тренувань і змагань. Сучасні смарт-пристрої можуть дати змогу спортсменам і тренерам краще контролювати інтенсивність та розподіл навантажень для оптимізації аеробних процесів.

Таким чином, аеробний метаболізм — це процес отримання енергії в організмі, який відбувається за участю кисню. Під час аеробного метаболізму організм використовує вуглеводи і жири для тривалого забезпечення енергією. Цей процес відбувається у м’язових клітинах і забезпечує повільніше, але стабільніше надходження енергії в порівнянні з анаеробним метаболізмом. У тріатлоні, особливо на довгих дистанціях, аеробний метаболізм є основним джерелом енергії.

Сучасна роль аеробного метаболізму у тріатлоні:

1. Довгі дистанції. Під час тривалих етапів змагань (плавання, велоспорт, біг) аеробний метаболізм підтримує постійне забезпечення енергією, що дозволяє спортсменам зберігати витривалість і уникати втоми.
2. Ефективність використання енергії. Аеробні процеси дозволяють організму більш ефективно використовувати запаси жиру як основне джерело енергії на тривалих дистанціях, зберігаючи глікоген для моментів підвищеної інтенсивності.

Таблиця 1.2. Фактори, що впливають на ефективність аеробного метаболізму, та методами їх оцінки:

| Фактори, що впливають на ефективність аеробного метаболізму | Опис | |
| --- | --- | --- |
| VO₂ max | Максимальне споживання кисню. Чим вищий VO₂ max, тим більше кисню організм може використовувати під час навантаження. | |
| Поріг анаеробного метаболізму | Рівень інтенсивності, при якому організм починає переходити до анаеробного метаболізму. | |
| Економічність роботи | Здатність тіла використовувати мінімум енергії для виконання роботи, що дозволяє зберігати ресурси. | |
| Тренувальний обсяг і періодизація | Тривалі тренування на середній інтенсивності покращують аеробну витривалість. Періодизація дозволяє ефективно планувати навантаження. | |
| Генетичні фактори | Природні здібності до високого рівня VO₂ max та аеробної витривалості. | |
| Методи оцінки аеробних процесів | | Опис |
| Вимірювання VO₂ max | | Вимірювання максимального споживання кисню за допомогою тестів на біговій доріжці або велоергометрі з газоаналізатором. |
| Лактатний поріг | | Визначення рівня лактату в крові під час збільшення навантажень для оцінки анаеробного порогу. |
| Польові тести | | Тести на біг на 5 км або 10 км для оцінки аеробної витривалості в умовах реального навантаження. |
| Індекс економічності | | Вимірювання енергетичної ефективності під час бігу, плавання чи велоспорту на певній швидкості. |

Ця таблиця підсумовує ключові фактори, що впливають на ефективність аеробного метаболізму, та основні методи, які використовуються для їх оцінки в спортивній науці.

1.3. **Опис анаеробного метаболізму та його значення у тріатлоні**

Дослідження способів вимірювання анаеробної діяльності активно розвивалися з 1990-х років. Основна увага приділялася визначенню лактатного порогу, серцевого ритму і використанню газоаналізаторів для точного вимірювання моменту переходу з аеробної до анаеробної роботи.

У роботі Sleivert, G.G., & Rowlands, D.S. (1996) [6] автори досліджували фізіологічні фактори, що впливають на успішність у тріатлоні, включаючи вимірювання анаеробного порогу. Визначення лактату використовувалося для моніторингу анаеробних процесів.

Wasserman, K. (1984) [11] розробив методику вимірювання анаеробного порогу через рівень лактату, що стало ключовим у вимірюванні анаеробної діяльності під час тріатлонних тренувань.

Laursen, P.B., & Rhodes, E.C. (2001) [5] розробили тестування анаеробного порогу і досліджували його вплив на витривалість спортсменів у тривалих змаганнях.

У статті MacIntosh, B.R., & Svedahl, K. (2003) [16] описуються кілька тестів для визначення інтенсивності, пов'язаної з анаеробним порогом, що допомогло стандартизувати вимірювання анаеробної діяльності у спортсменів.

Etxebarria, N., et al. (2019) [17] вивчали контроль тренувальних навантажень через використання анаеробних тестів під час підготовки до змагань.

Ці дослідження призвели до розробки стандартних методів вимірювання анаеробної діяльності, включаючи лактатні тести та використання пульсометрів. Це дозволило тренерам точніше контролювати інтенсивність тренувань, запобігати перенавантаженню та оптимізувати відновлення після тренувань.

Результати минулих досліджень:

* Визначення анаеробного порогу допомогло встановити межі інтенсивності тренувань, що дозволило спортсменам ефективніше використовувати енергію під час змагань.
* Тести на лактат дозволили відслідковувати накопичення молочної кислоти та краще розуміти фізіологічні зміни під час навантажень.

Перспективи подальших досліджень:

* Використання нових технологій, таких як смарт-пристрої та газоаналізатори в реальному часі, може значно покращити точність вимірювання анаеробної діяльності.
* Дослідження генетичних факторів, що впливають на здатність до анаеробної роботи, можуть допомогти у персоналізації тренувальних програм для спортсменів.

Таким чином, анаеробний метаболізм — це процес отримання енергії в організмі, який відбувається без участі кисню. Цей вид метаболізму є основним джерелом енергії при виконанні короткочасних та інтенсивних навантажень. Під час анаеробних процесів організм швидко розщеплює глюкозу для вироблення енергії, але це призводить до утворення молочної кислоти, що може викликати м'язову втому.

Роль анаеробного метаболізму у тріатлоні:

1. Спринти та швидкісні зусилля. Анаеробний метаболізм грає важливу роль під час швидких ривків, таких як прискорення під час бігу або потужні підйоми на велосипеді. Такі ситуації часто вимагають використання енергії швидше, ніж може забезпечити аеробний метаболізм.
2. Фінішний ривок. На фінішних етапах змагань, коли спортсмени віддають всі сили для завершення змагання, анаеробний метаболізм часто активується для забезпечення додаткової потужності.
3. Збереження енергії. Анаеробний метаболізм допомагає розвантажити аеробну систему під час коротких інтенсивних періодів, даючи змогу організму заощаджувати запаси глікогену для триваліших етапів.

Таблиця 1.3. Способи вимірювання та контролю анаеробної діяльності спортсменів:

| Спосіб вимірювання/контролю | Опис |
| --- | --- |
| Визначення лактатного порогу | Визначення інтенсивності, при якій рівень молочної кислоти в крові починає стрімко зростати. Це свідчить про те, що організм переходить від аеробного метаболізму до анаеробного. Лактатний поріг дозволяє спортсмену визначити оптимальний рівень навантаження, щоб уникнути надмірного накопичення лактату. |
| Тест на накопичення лактату | Проводиться через поступове збільшення навантаження з одночасним вимірюванням рівня молочної кислоти у крові. Це дозволяє оцінити здатність організму підтримувати аеробну роботу до моменту, коли анаеробні процеси стають домінуючими, і відслідковувати рівень інтенсивності тренувань. |
| Частота серцевих скорочень (ЧСС) при лактатному порозі | Вимірювання частоти серцевих скорочень під час досягнення лактатного порогу допомагає точно контролювати інтенсивність навантажень під час тренувань. Спортсмен може тренуватися у певному діапазоні ЧСС, щоб залишатися в зоні аеробної або анаеробної роботи, що оптимізує тренувальний процес. |
| Анаеробний тест Вінгейта (Wingate Test) | Це короткий інтенсивний тест, що зазвичай виконується на велоергометрі. Спортсмен працює на максимальних зусиллях протягом 30 секунд. Під час тесту вимірюється пікова анаеробна потужність і кількість виконаної роботи. Тест дозволяє оцінити анаеробну потужність, витривалість і здатність підтримувати високі навантаження. |
| Тестування споживання кисню під час анаеробної роботи | Хоча анаеробні процеси відбуваються без участі кисню, вимірювання споживання кисню під час інтенсивних навантажень може показати, наскільки ефективно спортсмен використовує аеробну систему перед переходом до анаеробної. Це допомагає оцінити ефективність переходу між енергетичними системами. |
| Тестування порогової потужності | Використовується для вимірювання потужності, яку спортсмен може підтримувати без надмірного накопичення лактату. Це важливий показник для визначення здатності організму підтримувати високу інтенсивність протягом тривалого періоду без швидкого стомлення. |
| Аналіз газів під час тестування на витривалість | Проводиться під час тестів на біговій доріжці або велоергометрі. Вимірюються видихувані гази для визначення пропорції використання аеробного та анаеробного метаболізму. Це дає уявлення про те, наскільки ефективно організм перемикається між різними джерелами енергії. |
| Інтервальні тренування | Метод розвитку анаеробної витривалості, який полягає в чергуванні коротких періодів високої інтенсивності з періодами відпочинку або низькоінтенсивної роботи. Інтервальні тренування стимулюють розвиток анаеробної здатності, підвищують толерантність до накопичення молочної кислоти і покращують пікову потужність. |
| Контроль частоти серцевих скорочень (ЧСС) | Спортсмени використовують пульсометри для контролю ЧСС під час тренувань. Це дозволяє їм підтримувати необхідний рівень інтенсивності для розвитку анаеробної потужності. Знання свого ЧСС при анаеробному порозі допомагає не перевищувати поріг, що викликає швидке накопичення лактату. |
| Відстеження рівня лактату | Регулярне вимірювання рівня лактату в крові під час тренувань дозволяє оцінити, наскільки ефективно організм справляється з анаеробними навантаженнями. Це допомагає планувати тренування та відслідковувати прогрес у покращенні анаеробної здатності. |
| Контроль суб'єктивного рівня втоми | Спортсмени можуть використовувати шкалу сприйняття навантаження (RPE — Rating of Perceived Exertion), щоб оцінювати власний рівень стомлення та інтенсивність під час тренувань. Це допомагає контролювати навантаження і уникати надмірної анаеробної роботи. |
| Відновлення після анаеробних навантажень | Анаеробні навантаження викликають швидке накопичення втоми, тому важливий належний відпочинок. Після інтенсивних тренувань планується достатній час для відновлення, щоб уникнути перетренованості і забезпечити організму можливість адаптації до підвищених навантажень. Спеціальні відновлювальні процедури, такі як масаж, гідротерапія або легке кардіо, допомагають зняти втому та сприяють швидшому відновленню. |
| Використання лактатометрів | Портативні прилади для вимірювання рівня лактату в польових умовах під час тренувань або змагань. Це дозволяє спортсменам отримувати оперативну інформацію про ефективність своєї анаеробної роботи і коригувати тренувальний процес в режимі реального часу. |
| Гліколітична потужність | Оцінка здатності організму розщеплювати глюкозу в анаеробних умовах для вироблення енергії. Тести на гліколітичну потужність допомагають визначити, наскільки швидко організм може виробляти енергію без кисню, що є ключовим для коротких інтенсивних навантажень. |

Ця таблиця детально описує вимірювання та контроль анаеробної діяльності спортсменів, включаючи методи тестування, моніторинг під час тренувань та техніки відновлення. Це дозволяє ефективно оцінювати та керувати анаеробною підготовкою в тріатлоні.

1.4. Баланс аеробного та анаеробного метаболізму та методи впливу

Баланс між аеробним та анаеробним метаболізмом визначає ефективність енергозабезпечення під час різних типів фізичних навантажень. У тріатлоні цей баланс є критично важливим, оскільки змагання включають як тривалі, помірні за інтенсивністю етапи (де домінує аеробний метаболізм), так і короткі інтенсивні сплески, які активують анаеробні процеси.

* Аеробний метаболізм забезпечує тривале вироблення енергії, переважно з жирів і вуглеводів за участю кисню, що необхідно під час довгих етапів тріатлону, таких як плавання, велоспорт і біг.
* Анаеробний метаболізм забезпечує швидке вироблення енергії без участі кисню, але його ресурси обмежені, і накопичення молочної кислоти викликає м’язову втому. Він активується під час інтенсивних моментів змагань, як-от фінішний ривок чи прискорення на підйомах.

Таблиця 1.4. Хронологія розвитку досліджень балансу аеробного та анаеробного метаболізму:

| Період | Основні дослідження та події | Ключові дослідники та публікації | Внесок в розвиток |
| --- | --- | --- | --- |
| 1980-ті роки | Розробка концепції VO₂ max та дослідження методів вимірювання аеробного і анаеробного порогів, початок використання частоти серцевих скорочень для контролю навантажень. | Wasserman, K. (1984). Anaerobic threshold measurement | Визначення анаеробного порогу як методу оцінки переходу між метаболічними системами, формування основ для моніторингу аеробного і анаеробного метаболізму під час фізичних навантажень. |
| 1990-ті роки | Розробка стандартних методів вимірювання рівня лактату, вдосконалення тестування анаеробного порогу та застосування тестів на витривалість для оцінки балансу метаболізму під час навантажень. | Sleivert, G.G., Rowlands, D.S. (1996). Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. | Вдосконалення тестів на лактат, широке використання в спортивній науці для вимірювання переходу між аеробними і анаеробними системами. |
| 2000-ті роки | Впровадження інтенсивного використання технологій газоаналізу та нових маркерів для контролю переходу між аеробним та анаеробним процесами, нові дослідження впливу економічності руху. | Ekkekakis, P., Hall, E., Petruzzello, S. (2004). Practical markers of the transition from aerobic to anaerobic metabolism. | Запропоновано прості у застосуванні маркери для визначення анаеробно-аеробного переходу, що дозволило точніше контролювати тренувальний процес та інтенсивність навантажень. |
| 2010-ті роки | Активне використання смарт-технологій для моніторингу фізіологічних показників в режимі реального часу, розвиток методів персоналізації тренувальних програм для спортсменів. | Barnes, K.R., Kilding, A.E. (2015). Running economy: measurement, norms, and determining factors. | Впровадження смарт-пристроїв для відстеження інтенсивності тренувань, акцент на економічності рухів і персоналізації програм для розвитку аеробного та анаеробного метаболізму. |
| 2020-ті роки | Персоналізація тренувань на основі генетичних досліджень та застосування нових технологій для вимірювання метаболічних змін у реальному часі, зосередження на індивідуальній адаптації. | N Armstrong, J Welsman (2020). The development of aerobic and anaerobic fitness with reference to youth athletes. | Оцінка впливу вікових змін на розвиток аеробно-анаеробного балансу, індивідуалізація тренувальних програм на основі фізіологічних показників та генетичних особливостей. |

Ця таблиця показує поступову еволюцію досліджень, що стосуються балансу аеробного і анаеробного метаболізму та методів його оцінки. Основні досягнення з кожного періоду дозволили створити більш точні методи вимірювання та контролю інтенсивності тренувань, що важливо для ефективного розвитку спортсменів, зокрема в тріатлоні.

Ці дослідження сприяли значному покращенню тренувальних програм для тріатлетів та спортсменів загалом. Вивчення аеробно-анаеробного балансу допомагає спортсменам краще керувати своїм фізичним станом, адаптуючи навантаження до їх фізіологічних можливостей.

S Poprzęcki, A Zając, B Wower, J Cholewa (2007) [18] у своєму дослідженні основну увагу приділяють впливу розминки та періодів відновлення на анаеробну потужність і кислотно-лужний баланс під час фізичних навантажень. Автори аналізували, як правильний розподіл навантажень перед анаеробною роботою допомагає підтримувати баланс між аеробними та анаеробними процесами. У тріатлоні ці результати мають важливе значення для управління інтенсивністю навантажень на етапах, що вимагають швидких ривків або інтенсивних зусиль. Ця стаття конкретно описує фізіологічні зміни, які відбуваються при переході від аеробних до анаеробних процесів під час тренувань. Вона підкреслює важливість планування відновлювальних періодів для підтримки продуктивності спортсменів.

Дослідження JP Megonigal, ME Hines, PT Visscher (2004) [19] стосується взаємозв'язків між аеробним і анаеробним метаболізмом у природних біохімічних процесах, таких як метаболізм рослин і тварин. Хоча вивчення метаболічних процесів у природі не є специфічним для тріатлону, дослідження показують, як різні види живих організмів використовують аеробні та анаеробні системи для енергозабезпечення. Ці дані можуть бути використані для аналогій з людським метаболізмом під час інтенсивних фізичних навантажень. Це дослідження розширює розуміння механізмів анаеробного та аеробного метаболізму, хоча й у більш загальному контексті. Воно допомагає краще зрозуміти, як різні організми оптимізують використання енергії під час навантажень.

Дослідження N Armstrong, J Welsman (2020) [20] присвячене розвитку аеробних і анаеробних здібностей у молодих спортсменів. У ньому розглянуто, як фізичне навантаження в дитячому і підлітковому віці впливає на здатність організму адаптуватися до різних інтенсивностей тренувань. Зокрема, автори аналізують вплив вікових змін на здатність організму використовувати аеробну та анаеробну енергію. Це дослідження допомогло зрозуміти, як розвивається метаболічна система молодих спортсменів і як це може вплинути на їхню спортивну продуктивність у майбутньому. Ці знання важливі для коригування тренувальних програм для тріатлетів різних вікових груп.

Дослідження P Ekkekakis, EE Hall, SJ Petruzzello (2004) [21] присвячене визначенню практичних маркерів, які можуть використовуватися для відстеження переходу від аеробного до анаеробного метаболізму під час фізичних навантажень. У ньому описуються різні методи вимірювання інтенсивності навантажень, такі як частота серцевих скорочень та рівень лактату, а також запропоновані ефективні стратегії планування тренувальних програм. Це дослідження стало одним з перших, яке сфокусувалося на пошуку простих у застосуванні маркерів для моніторингу стану аеробно-анаеробного балансу. Його результати допомагають тренерам ефективніше налаштовувати індивідуальні тренувальні програми для спортсменів.

Дослідження GJF Smolders, J Van der Meij (1994) [22] аналізує моделі анаеробного метаболізму та вплив pH на процеси видалення фосфору з біологічних систем. Хоча робота присвячена біологічним процесам, моделі, що описують взаємодію анаеробних та аеробних процесів, мають важливе значення для розуміння аналогічних процесів у людському організмі під час фізичних навантажень. Хоча ця робота стосується біологічних процесів у природі, вона допомагає краще зрозуміти взаємодію між анаеробними та аеробними процесами, що корисно для розуміння тренувальних процесів.

Таблиця 1.5. Методи оцінки та впливу на баланс аеробного та анаеробного метаболізму:

| Метод оцінки/впливу на баланс | Опис |
| --- | --- |
| Тестування VO₂ max та анаеробного порогу (AT) | Вимірювання VO₂ max (максимальне споживання кисню) дозволяє оцінити загальний аеробний потенціал спортсмена. Анаеробний поріг (AT) визначає інтенсивність, при якій організм починає швидко накопичувати лактат. Чим вищий анаеробний поріг, тим краще організм здатний працювати на високій інтенсивності без переходу в анаеробну зону. |
| Лактатний тест | Проводиться під час фізичних навантажень з регулярним вимірюванням рівня молочної кислоти в крові. Це дозволяє визначити співвідношення між аеробною та анаеробною роботою і оптимізувати тренувальний процес. Чим довше організм може залишатися в аеробній зоні, тим кращий баланс. |
| Частота серцевих скорочень (ЧСС) та суб’єктивне сприйняття навантаження (RPE) | ЧСС вимірюється за допомогою пульсометра, що дозволяє контролювати інтенсивність тренувань та визначати, коли організм переходить з аеробного метаболізму на анаеробний. RPE (шкала суб'єктивного сприйняття зусиль) допомагає спортсменам контролювати відчуття навантаження під час тренувань. |
| Аналіз газів | Вимірювання видихуваних газів (кисню і вуглекислого газу) під час тренувань дозволяє визначити, яка енергетична система (аеробна чи анаеробна) домінує. Це дає змогу оцінити ефективність переходу між аеробними та анаеробними процесами в залежності від інтенсивності навантаження. |
| Інтервальні тренування (короткі та довгі інтервали) | Інтервальні тренування, що поєднують короткі періоди високої інтенсивності з відновлювальними періодами, допомагають одночасно тренувати аеробні та анаеробні системи. Короткі інтервали (30-60 секунд) з коротким відпочинком акцентують анаеробну систему, а довші інтервали (3-5 хвилин) тренують баланс обох систем. |
| Тренування на порозі | Тренування на рівні, близькому до анаеробного порогу (AT), але не вище нього. Це допомагає підвищити поріг, що дозволяє організму працювати на вищій інтенсивності без швидкого накопичення лактату. Це ефективний метод покращення балансу між двома енергетичними системами. |
| Тривалі аеробні тренування | Тренування на низькій та середній інтенсивності протягом тривалого часу (60 хвилин і більше) сприяють розвитку аеробної витривалості. Вони допомагають організму ефективніше використовувати жири як основне джерело енергії, що дозволяє заощаджувати запаси глікогену для інтенсивних анаеробних етапів. |
| Силові тренування | Силові вправи покращують анаеробну потужність і м'язову витривалість. Це допомагає спортсменам покращити здатність виконувати короткі інтенсивні зусилля, які потребують анаеробної енергії. Силові тренування сприяють зростанню кількості м'язових волокон, що активно використовують анаеробну систему. |
| Періодизація тренувань | Планування тренувального процесу з чергуванням періодів високих навантажень і відновлення. Періодизація дозволяє правильно розподілити навантаження на аеробну та анаеробну системи, забезпечуючи їхній оптимальний розвиток без надмірного навантаження на одну з них. Це дозволяє підтримувати стабільний прогрес і уникати перетренованості. |
| Контроль харчування та гідратації | Вживання достатньої кількості вуглеводів перед інтенсивними тренуваннями підтримує анаеробну систему, тоді як жири є основним джерелом енергії для тривалих аеробних навантажень. Гідратація також є критичним фактором, оскільки зневоднення може значно знизити ефективність аеробного та анаеробного метаболізму. |

Ця таблиця надає повну інформацію про методи оцінки співвідношення аеробного та анаеробного метаболізму, а також про шляхи впливу на цей баланс для оптимізації тренувального процесу. Ці методи використовуються для покращення витривалості, швидкості відновлення та загальної продуктивності в тріатлоні.

Таким чином, баланс між аеробним та анаеробним метаболізмом є ключовим фактором у тренувальному процесі тріатлоністів. Оцінка цього балансу за допомогою тестів на VO₂ max, анаеробний поріг і рівень лактату дозволяє ефективно керувати тренувальними навантаженнями. Вплив на баланс досягається через використання різних методів тренувань, таких як інтервальні тренування, тренування на порозі та тривалі аеробні заняття, що сприяє підвищенню витривалості і покращенню результатів у тріатлоні.

**Висновки до Розділу 1**

1. Тріатлон є видом спорту, що вимагає збалансованого розвитку аеробного та анаеробного метаболізму, оскільки кожен з етапів змагань має специфічні фізіологічні вимоги. Аеробна система забезпечує витривалість під час тривалих навантажень, а анаеробна – швидкі ривки та інтенсивні зусилля.
2. Аналіз аеробного метаболізму підтвердив, що його ефективність залежить від VO₂ max, економічності роботи та тренувальної періодизації. Ці показники є ключовими для підвищення витривалості спортсменів на довгих дистанціях.
3. Анаеробний метаболізм є основою для короткочасних інтенсивних зусиль. Визначення порогу лактату та рівня анаеробної потужності дає змогу контролювати і вдосконалювати здатність спортсменів працювати у високих інтенсивних режимах.
4. Оптимальний баланс між аеробною і анаеробною діяльністю є вирішальним фактором у тріатлоні. Перехід між цими енергетичними системами залежить від індивідуальної фізичної підготовки, специфіки дистанції, тренувального підходу та харчування.
5. Результати досліджень підкреслюють важливість інтеграції новітніх технологій, таких як смарт-пристрої, газоаналізатори та лактатні тести, для ефективного моніторингу фізіологічних показників спортсменів у реальному часі.
6. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на персоналізацію тренувальних програм, враховуючи вікові, генетичні та індивідуальні особливості спортсменів.

**РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

**2.1. Характеристика вибірки**

У рамках даного дослідження планується сформувати дві групи учасників: контрольну та експериментальну. Усі учасники повинні мати схожі початкові характеристики, що забезпечує можливість адекватного порівняння результатів між групами після проходження ними відповідних тренувальних програм. Основні характеристики, які розглядаються під час формування вибірки, включають вік учасників, їхній спортивний стаж, рівень фізичної підготовки та інші фактори, що можуть впливати на результати дослідження.

**2.2. Методи дослідження**

Для оцінки балансу аеробного та анаеробного метаболізму під час тренувального процесу в обох групах (контрольній та експериментальній) планується застосувати кілька науково обґрунтованих методів. Вони спрямовані на отримання об’єктивних даних про метаболічну активність спортсменів, що дозволяє детально оцінити зміни в організмі під впливом фізичних навантажень різного характеру:

1. Газоаналізатор для визначення VO2max:
   * Вимірював максимальне споживання кисню під час фізичного навантаження на велоергометрі. Це дозволило визначити рівень аеробної підготовленості спортсменів.
2. Лактатні проби:
   * Для визначення концентрації лактату в крові під час інтенсивних навантажень брали зразки крові. Лактатний поріг використовувався для оцінки анаеробної здатності спортсменів.
3. Тести на велоергометрі:
   * Велоергометричні тести дозволяли контролювати роботу серцево-судинної системи та рівень фізичного навантаження. Тестування проводилось при різних рівнях інтенсивності, що допомогло оцінити перехід від аеробного до анаеробного метаболізму.
4. ЧСС (Частота серцевих скорочень):
   * Вимірювання ЧСС проводилось під час кожного тестування для визначення кореляції між рівнем навантаження та серцево-судинною відповіддю організму.

*Тести на велоергометрі.* Одним із основних методів дослідження є використання тестів на велоергометрі. Велоергометрія є високоточним методом оцінки загальної витривалості спортсменів, що дозволяє контролювати фізичні навантаження та оцінювати їх вплив на організм. Велоергометр забезпечує можливість поступового підвищення інтенсивності навантаження, що дозволяє вимірювати реакцію серцево-судинної системи та динаміку метаболічних процесів в аеробній та анаеробній зонах.

Під час дослідження спортсмени виконуватимуть тести на велоергометрі з поступовим збільшенням інтенсивності навантаження. Це дозволить визначити їхню аеробну потужність та поріг переходу до анаеробного метаболізму. Особливістю цього методу є можливість контролювати інтенсивність навантаження в реальному часі і коригувати його залежно від фізичних можливостей кожного спортсмена. Тести проводитимуться на декількох етапах — до початку експерименту, після завершення основного тренувального періоду, а також у процесі тренувань, щоб відстежувати зміни у витривалості та рівні метаболізму.

*Вимірювання VO2max за допомогою газоаналізаторів.* Для оцінки аеробного метаболізму використовується вимірювання максимального споживання кисню (VO2max) за допомогою газоаналізаторів. VO2max є основним показником аеробної витривалості та характеризує максимальну кількість кисню, яку організм може споживати під час інтенсивного фізичного навантаження. Це критичний показник для оцінки ефективності аеробної підготовки спортсменів, особливо у видах спорту, що вимагають високої витривалості, як-от тріатлон.

Газоаналізатор фіксує кількість кисню, що споживається організмом під час виконання вправ на велоергометрі. Спортсмени виконують навантаження до досягнення максимальної інтенсивності, що дозволяло визначити їхню межу аеробної продуктивності. Цей метод дає змогу з точністю оцінити, як змінюється аеробний потенціал спортсменів під час тренувального процесу, а також порівняти результати між контрольними та експериментальними групами. Вимірювання VO2max проводиться на початку експерименту, після завершення тренувального періоду, а також у контрольні моменти для відстеження змін у динаміці.

*Лактатні проби.* Для оцінки анаеробного метаболізму застосовуються лактатні проби. Під час інтенсивних фізичних навантажень, коли організм переходить до анаеробного метаболізму, у крові накопичується лактат — продукт гліколізу. Вимірювання рівня лактату в крові дозволяє визначити момент переходу від аеробного до анаеробного метаболізму, а також оцінити здатність організму витримувати високі інтенсивності навантажень.

Лактатні проби беруться на кількох етапах дослідження: під час початкового тестування, у процесі тренувального періоду, а також після його завершення. Спортсмени виконують інтенсивні фізичні вправи на велоергометрі або біговій доріжці, після чого в них брали зразки крові для вимірювання концентрації лактату. Це дозволить визначити анаеробний поріг кожного учасника — точку, після якої починає значно зростати рівень лактату у крові, що вказує на перехід до анаеробної роботи м’язів.

*Частота серцевих скорочень (ЧСС).* Вимірювання частоти серцевих скорочень (ЧСС) є одним із базових методів контролю за фізіологічною реакцією організму на фізичні навантаження. ЧСС вимірюється під час виконання всіх фізичних тестів і тренувань, що дозволить оцінювати реакцію серцево-судинної системи спортсменів на різні рівні навантаження. Цей метод дає можливість оцінити як загальну витривалість спортсмена, так і його здатність до відновлення після інтенсивних фізичних зусиль.

ЧСС вимірюється за допомогою пульсометрів під час тестувань на велоергометрі та під час тренувальних сесій. Дані використовуються для порівняння між групами, а також для визначення індивідуальних фізичних можливостей кожного учасника. Цей метод є корисним для того, щоб контролювати рівень інтенсивності під час тренувального процесу та забезпечувати правильне дозування навантажень.

*Інші методики.* Додатково використовуються й інші методи для всебічного оцінювання метаболізму та фізичної підготовленості спортсменів. Наприклад, регулярно вимірюється рівень насиченості киснем крові (SpO2) за допомогою пульсоксиметрії, що дозволяло контролювати рівень оксигенації під час інтенсивних навантажень. Також використовувалися спеціалізовані тести для оцінки загальної витривалості (наприклад, тести Купера), що доповнювали основні методи.

*Узагальнення методів.* Таким чином, поєднання тестів на велоергометрі, вимірювання VO2max, лактатних проб та інших методик дозволяє отримати повну картину аеробного та анаеробного метаболізму спортсменів під час тренувального процесу. Ці методи є загальноприйнятими у спортивній науці, мають високу точність і надійність, що дозволяє отримати об’єктивні результати дослідження. Вони забезпечують можливість оцінити, як саме впливають різні тренувальні режими на метаболічні процеси в організмі спортсменів, і зробити науково обґрунтовані висновки щодо оптимізації тренувальних програм у тріатлоні.

У даному розділі детально розглянуто методику та організацію дослідження, спрямованого на оцінку балансу аеробного та анаеробного метаболізму у спортсменів-тріатлоністів під час тренувального процесу. Застосовані методи тестування дозволили отримати комплексні дані для аналізу метаболічних змін, що відбуваються під час інтенсивних фізичних навантажень. Методи статистичної обробки даних дозволять об'єктивно оцінити динаміку змін і зробити висновки щодо ефективності тренувального процесу.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 **Опис плану дослідження, вибір методів оцінки аеробного та анаеробного метаболізму**

Дослідження спрямоване на оцінку балансу аеробного та анаеробного метаболізму під час тренувального процесу у тріатлоні. Основна мета експерименту — визначити, як рівень тренувальних навантажень і специфіка дисциплін тріатлону (плавання, велогонка, біг) впливають на співвідношення між аеробним і анаеробним метаболізмом у спортсменів.

План дослідження:

* Дослідження включає декілька етапів: початкове тестування для визначення базових показників, безпосередній тренувальний період та підсумкове тестування.
* Спортсмени, що беруть участь у дослідженні, тренуються за стандартною програмою для тріатлону. У рамках експерименту буде оцінюватися динаміка їх аеробного та анаеробного метаболізму.
* Метаболічні параметри оцінюються через серію тестувань на велоергометрі, використання газоаналізаторів, лактатні проби та інші методики.

Таблиця 3.1. Етапи проведення дослідження для оцінки балансу аеробного та анаеробного метаболізму у тріатлоністів:

| № | Назва етапу | Опис | Методи | Тривалість | Очікувані результати |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Підготовчий етап | Визначення базових показників аеробного та анаеробного метаболізму у спортсменів. Попередній збір даних та проведення медичних обстежень для допуску до дослідження. | Велоергометричні тести, вимірювання VO2max за допомогою газоаналізатора, лактатні проби, медичний огляд | 1 тиждень | Отримання базових показників метаболізму (VO2max, рівень лактату), медичні дозволи учасників |
| 2 | Початкове тестування | Проведення початкових тестувань для визначення аеробної та анаеробної здатності кожного учасника. | Тестування на велоергометрі, газоаналізатори, вимірювання лактату в крові | 2 тижні | Визначення початкових параметрів аеробного (VO2max) та анаеробного (рівень лактату) метаболізму |
| 3 | Основний тренувальний етап | Тренування за стандартною програмою для тріатлону. Моніторинг змін у фізичній підготовці та метаболічних показниках. | Пульсометрія, тренування (плавання, біг, велоетап), лактатні проби | 6 тижнів | Зміна аеробних та анаеробних можливостей, підвищення фізичної витривалості |
| 4 | Контрольне тестування | Проведення контрольних тестувань після основного етапу тренувань для оцінки динаміки змін у метаболізмі. | Тестування на велоергометрі, газоаналізатори, лактатні проби | 1 тиждень | Порівняння початкових та кінцевих показників метаболізму, визначення змін |
| 5 | Аналіз даних та підсумковий етап | Статистичний аналіз отриманих даних для оцінки результатів дослідження. Узагальнення отриманих висновків. | Статистична обробка даних (кореляційний аналіз, t-тест, ANOVA) | 1 тиждень | Статистична оцінка результатів, підтвердження або спростування гіпотези про зміни метаболізму |

Дослідження, спрямоване на оцінку балансу аеробного та анаеробного метаболізму у тріатлоністів, було чітко структуроване та поділене на декілька етапів. Кожен з етапів мав свої завдання, методи реалізації та очікувані результати, що дозволяло систематично підходити до вирішення поставлених дослідницьких завдань і забезпечити надійність отриманих результатів.

Перший етап дослідження — підготовчий — мав на меті визначення базових показників аеробного та анаеробного метаболізму спортсменів. Цей етап включав попередній медичний огляд учасників для виключення можливих протипоказань до участі у дослідженні та збору базових фізіологічних даних для майбутнього порівняння. Оцінка проводилася за допомогою тестування на велоергометрі, вимірювання VO2max за допомогою газоаналізатора та взяття лактатних проб для визначення анаеробного порогу. Використання цих методів забезпечувало надійну базу для порівняння подальших результатів дослідження. Очікуваними результатами цього етапу було отримання точних вихідних даних щодо метаболічних можливостей спортсменів, на основі яких можна було б оцінити їхні тренувальні досягнення в майбутньому. Тривалість цього етапу становила один тиждень.

Другий етап — початкове тестування — був спрямований на детальне визначення початкових показників аеробної та анаеробної здатності кожного учасника. Для цього використовувалися спеціалізовані тести, включаючи велоергометричні вправи з поступовим підвищенням навантаження, що дозволяли фіксувати зміни в аеробних та анаеробних процесах. Важливим компонентом цього етапу було застосування газоаналізаторів для вимірювання максимального споживання кисню (VO2max), а також взяття лактатних проб для оцінки рівня лактату в крові. Лактатні проби надавали інформацію про анаеробний поріг і дозволяли визначити, наскільки ефективно спортсмени використовують енергію під час інтенсивних навантажень. Початкове тестування тривало протягом двох тижнів і мало на меті встановити чіткі показники фізичної підготовленості кожного учасника перед початком основного тренувального етапу.

Третій етап — основний тренувальний етап — тривав шість тижнів і був зосереджений на практичному виконанні програми тренувань, специфічної для тріатлону. Учасники тренувалися за стандартною програмою, яка включала три дисципліни: плавання, біг та велоспорт. Протягом цього періоду здійснювався постійний контроль рівня тренувальних навантажень за допомогою пульсометрії, що дозволяло фіксувати інтенсивність навантажень і реакцію серцево-судинної системи спортсменів. Також регулярно проводилися додаткові лактатні проби для оцінки змін в анаеробному метаболізмі під час тренувального процесу. Основною метою цього етапу було відстеження змін у рівні витривалості спортсменів, а також аналіз того, як організм адаптується до тривалих та інтенсивних тренувань. Крім того, цей етап дозволяв оцінити здатність спортсменів переносити високі анаеробні навантаження і знаходити оптимальні режими тренування для розвитку витривалості.

Четвертий етап — контрольне тестування — проводився одразу після завершення основного тренувального циклу і мав на меті порівняти отримані дані з початковими показниками, визначеними на другому етапі. Спортсмени повторно виконували всі тести, включаючи велоергометрію, вимірювання VO2max та лактатні проби, що дозволило оцінити динаміку змін у метаболічних процесах. Контрольне тестування було особливо важливим для аналізу ефективності тренувальної програми та виявлення конкретних змін в аеробній та анаеробній здатності спортсменів. Тривалість цього етапу становила один тиждень, і він дозволяв чітко встановити, наскільки тренувальні навантаження вплинули на фізичну підготовленість учасників дослідження.

П'ятий і завершальний етап — аналіз даних та підсумковий етап — включав статистичну обробку отриманих даних. Це дозволяло оцінити різницю в показниках до і після тренувань, а також знайти кореляції між тренувальними навантаженнями, показниками аеробного та анаеробного метаболізму. Крім того, було здійснено порівняння результатів між різними підгрупами, наприклад, між спортсменами з різним спортивним стажем. Тривалість цього етапу складала один тиждень, і результатом стала повна оцінка впливу тренувальної програми на фізичну підготовленість учасників, а також формулювання наукових висновків щодо динаміки змін в аеробному та анаеробному метаболізмі.

Таким чином, дослідження було чітко структуроване і включало кілька ключових етапів, кожен з яких мав свої специфічні завдання та використовував науково обґрунтовані методи для оцінки фізичних показників спортсменів. Поетапне проведення дослідження дозволило систематично зібрати та проаналізувати дані, що дало можливість отримати надійні результати та зробити висновки про ефективність тренувального процесу.

Вибір методів:

* Для оцінки аеробного метаболізму використовуються газоаналізатори для вимірювання максимального споживання кисню (VO2max).
* Для оцінки анаеробного метаболізму використовуються лактатні проби, які дають можливість оцінити рівень лактату у крові спортсменів під час виконання інтенсивних фізичних навантажень.

У цьому дослідженні для оцінки балансу аеробного та анаеробного метаболізму під час тренувального процесу в тріатлоні були обрані кілька ключових методів оцінки, серед яких велоергометрія, вимірювання VO2max за допомогою газоаналізаторів та лактатні проби. Вибір саме цих методів базується на їхній ефективності, науковій обґрунтованості та можливості отримання точних даних, що дозволяють комплексно оцінити рівень аеробного та анаеробного обміну в спортсменів. Ці методи дозволяють всебічно досліджувати метаболічні процеси в організмі тріатлоністів під час тренувань, оскільки поєднують оцінку витривалості, інтенсивності фізичних навантажень і продуктивності обміну речовин.

Одним із основних методів, обраних для дослідження, є велоергометрія. Велоергометрія є надзвичайно ефективним інструментом для оцінки фізичної працездатності, оскільки дозволяє точно контролювати рівень фізичного навантаження і відповідну реакцію організму. Велоергометричні тести широко використовуються у спортивній медицині та фізіології спорту для вимірювання таких показників, як витривалість, робота серцево-судинної системи, продуктивність м'язів тощо. Особливо велоергометрія є актуальною для спортсменів, які займаються видами спорту на витривалість, до яких належить тріатлон. Велоергометричні тести дозволяють поступово збільшувати навантаження та спостерігати за реакцією організму в різних фазах інтенсивності. Однією з переваг цього методу є те, що він дає можливість отримувати дані в реальному часі і легко адаптуватися під потреби дослідження. Таким чином, велоергометрія дозволяє контролювати рівень витривалості спортсменів, забезпечує вимірювання їх фізичних можливостей, що необхідно для оцінки змін у метаболізмі на різних етапах тренувального процесу.

Ще одним ключовим методом, обраним для цього дослідження, є вимірювання VO2max за допомогою газоаналізатора. VO2max, або максимальне споживання кисню, є золотим стандартом для оцінки аеробної продуктивності організму, оскільки визначає кількість кисню, яку може засвоїти організм під час максимальних фізичних навантажень. Оскільки тріатлон є видом спорту, що вимагає високого рівня аеробної витривалості, VO2max є критичним показником для спортсменів, які беруть участь у дослідженні. Цей показник дозволяє визначити межу аеробної продуктивності кожного учасника і дає можливість оцінити їхню здатність ефективно використовувати кисень для підтримки тривалих фізичних зусиль. Газоаналізатор дозволяє точно вимірювати обсяг спожитого кисню, що робить цей метод одним із найточніших і надійних для оцінки аеробного метаболізму. Використання VO2max у цьому дослідженні дозволить об'єктивно оцінити зміни в аеробній витривалості спортсменів протягом тренувального циклу, а також допоможе адаптувати тренувальні програми для підвищення їхньої продуктивності.

Окрему увагу слід приділити лактатним пробам, які використовуються для оцінки анаеробного метаболізму. Анаеробний метаболізм відіграє ключову роль у видах спорту, що передбачають високоінтенсивні короткочасні навантаження, до яких належить тріатлон, особливо під час спринтерських етапів. Лактатні проби дають можливість визначити рівень лактату в крові, що є показником активності анаеробного гліколізу. Лактат утворюється під час анаеробної роботи, коли організм переходить від аеробного до анаеробного режиму через нестачу кисню під час інтенсивних навантажень. Вимірювання лактату дозволяє визначити анаеробний поріг — момент, коли накопичення лактату у крові починає різко зростати. Це критичний показник для тренувань, оскільки дозволяє оптимізувати інтенсивність навантажень, не допускаючи передчасного виснаження м’язів. Крім того, оцінка рівня лактату є важливим інструментом для аналізу здатності організму адаптуватися до високих навантажень та відновлюватися після них. У рамках цього дослідження лактатні проби допоможуть визначити, наскільки ефективно учасники переносять анаеробне навантаження та як змінюється їх анаеробна здатність під час тренувального процесу.

Вибір цих методів для дослідження базується на їхній науковій ефективності, практичності та можливості отримати об'єктивні результати, що характеризують аеробний і анаеробний метаболізм. Велоергометрія дозволяє отримати контрольовані й точні дані про фізичну витривалість, які можна використовувати для оцінки загального стану спортсменів. Газоаналізатори для вимірювання VO2max є найкращим інструментом для оцінки аеробної здатності організму, що є надзвичайно важливим у тренуванні спортсменів на витривалість. Лактатні проби дозволяють точно визначити поріг анаеробного метаболізму і дають можливість оптимізувати інтенсивність тренувальних навантажень для досягнення найкращих результатів у тріатлоні.

Загалом, застосування цих методів дозволить отримати точні та об’єктивні дані про зміни у метаболізмі спортсменів під час тренувань. Це надасть можливість краще зрозуміти, як поєднуються аеробні та анаеробні процеси під час підготовки до змагань, і як вони впливають на спортивні результати.

Критерії відбору учасників:

* У дослідженні беруть участь спортсмени віком від 18 до 35 років.
* Вибір учасників базується на спортивному стажі (не менше 3 років участі в тріатлоні).
* Учасники мають перебувати на етапі підготовки до змагань, що гарантує регулярність тренувань і стабільний фізичний стан.
* Відбір здійснювався також з урахуванням відсутності серйозних травм або захворювань, що можуть вплинути на результати дослідження.

Таблиця 3.2. Критерії відбору учасників для контрольної та експериментальної груп, включаючи основні характеристики, які забезпечують надійність результатів дослідження та коректність порівняння між двома групами:

| № | Критерій | Контрольна група | Експериментальна група |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Вік учасників | 20-35 років | 20-35 років |
| 2 | Стать учасників | Чоловіки (10 учасників) | Чоловіки (10 учасників) |
| 3 | Спортивний стаж | Від 3 до 7 років участі у змаганнях з тріатлону | Від 3 до 7 років участі у змаганнях з тріатлону |
| 4 | Фізична підготовка | Середній або високий рівень витривалості | Середній або високий рівень витривалості |
| 5 | Попередній тренувальний режим | Звичайна тренувальна програма | Тренування за експериментальною програмою |
| 6 | Медичний стан | Відсутність серйозних травм або хронічних захворювань | Відсутність серйозних травм або хронічних захворювань |
| 7 | Тренувальні умови | Регулярні тренування 4-6 разів на тиждень | Регулярні тренування 4-6 разів на тиждень |
| 8 | Мотивація до участі в експерименті | Висока (згода на дотримання тренувальної програми та участь у тестуваннях) | Висока (згода на дотримання експериментальної програми та участь у тестуваннях) |
| 9 | Попередні змагання | Участь у національних або міжнародних змаганнях з тріатлону | Участь у національних або міжнародних змаганнях з тріатлону |

Вік учасників був обмежений діапазоном від 20 до 35 років для забезпечення рівномірності фізіологічних та метаболічних характеристик. Це важливо, оскільки в цьому віковому періоді люди мають найвищий рівень фізичної продуктивності та можуть витримувати значні тренувальні навантаження. Обидві групи включали тільки чоловіків у рівній кількості, що дозволяло оцінювати результати без гендерних відмінностей.

Спортивний стаж учасників складав від 3 до 7 років, оскільки менший досвід міг би не дозволити адекватно оцінити вплив експериментальної програми через недостатньо розвинену фізичну базу. З іншого боку, спортсмени з більшим стажем тренувань могли мати більш стабільні результати, що знижувало б можливість спостерігати динаміку змін. Учасники обох груп мали середній або високий рівень фізичної підготовки, що також було важливим критерієм для того, щоб забезпечити рівномірний рівень стартових фізичних показників.

У контрольній групі спортсмени тренувалися за стандартною програмою, яка відповідала загальноприйнятим тренувальним принципам для тріатлону. Експериментальна група тренувалася за спеціально розробленою програмою, яка мала на меті оптимізувати баланс аеробного та анаеробного метаболізму, використовуючи інноваційні методи тренування, які підлягали оцінці в цьому дослідженні.

Медичний стан учасників був важливим критерієм, тому що всі спортсмени пройшли попередній медичний огляд для виключення серйозних захворювань або травм, які могли б вплинути на результати дослідження. Зокрема, учасники з хронічними серцево-судинними або респіраторними захворюваннями не допускалися до участі, оскільки їх метаболічні реакції на фізичні навантаження могли відрізнятися від норми.

Регулярні тренування учасників, як у контрольній, так і в експериментальній групах, складалися з 4-6 тренувань на тиждень, що забезпечувало сталість навантажень і можливість контролювати динаміку змін протягом експерименту. Учасники також мали високу мотивацію до участі, що було підтверджено їхньою згодою на дотримання тренувального режиму, встановленого для кожної групи. Важливо було забезпечити, щоб спортсмени відповідально ставилися до виконання програми тренувань і відвідували всі тестування.

Нарешті, до участі у дослідженні допускалися лише спортсмени, які вже мали досвід участі у національних або міжнародних змаганнях з тріатлону. Це гарантувало, що всі учасники мали достатній рівень підготовки і могли витримати значні тренувальні та змагальні навантаження.

Тривалість експерименту була визначена на рівні 11 тижнів на основі ретельного наукового підходу до планування дослідження та відповідності його завданням. Така тривалість дозволяє провести комплексний аналіз динаміки змін у балансі аеробного та анаеробного метаболізму під час тренувального процесу у тріатлоністів. Кожен етап дослідження має певну тривалість, обґрунтовану вимогами до збору та обробки даних, а також для досягнення валідних і надійних результатів.

Перший етап, підготовчий, триває один тиждень. Цього часу достатньо для проведення медичних оглядів та збору базових фізіологічних даних, необхідних для подальшого порівняння з результатами після експерименту. Основною метою цього етапу є встановлення базових показників аеробного та анаеробного метаболізму у спортсменів, що забезпечить чітку основу для аналізу подальших змін. Тривалість одного тижня на цьому етапі є оптимальною для забезпечення точності даних без надмірного втручання у тренувальний процес.

Другий етап – початкове тестування – триває два тижні. Така тривалість обґрунтована необхідністю проведення комплексного тестування спортсменів, включаючи велоергометричні тести, вимірювання VO2max та лактатні проби. Ці процедури вимагають точності, повторюваності та ретельного аналізу даних, тому двотижневий період є оптимальним для отримання надійних початкових результатів. Крім того, це дозволяє адаптувати учасників до тестувань і забезпечити стабільність результатів, що є важливим для подальшого порівняння з показниками після тренувань.

Основний етап, який триває шість тижнів, присвячений реалізації тренувального процесу для обох груп: контрольної та експериментальної. Шість тижнів було обрано через те, що це є достатнім часом для того, щоб учасники могли повністю адаптуватися до навантажень та продемонструвати зміни у фізіологічних показниках. Дослідження показують, що період у шість тижнів є оптимальним для того, щоб тренувальна програма спричинила значущі зміни в аеробному та анаеробному метаболізмі спортсменів. Цей період також забезпечує можливість регулярного контролю змін за допомогою пульсометрії та лактатних проб, що дає змогу фіксувати динаміку адаптаційних процесів в організмі.

Заключний етап – контрольне тестування – триває один тиждень і передбачає повторення всіх тестувань, які проводилися на початку експерименту. Це дозволяє порівняти дані до і після тренувального циклу, оцінити зміни в аеробному та анаеробному метаболізмі, а також ефективність тренувальних програм. Один тиждень для цього етапу є достатнім для збору повних даних і їх первинного аналізу.

Останній етап, який також триває один тиждень, присвячений статистичному аналізу та обробці даних. Один тиждень для цього етапу є оптимальним, щоб забезпечити повну обробку даних і підготувати науково обґрунтовані висновки.

Загальна тривалість експерименту, що складає 11 тижнів, є результатом науково обґрунтованого підходу до структурування дослідження. Вона дозволяє досягти максимально точних результатів, враховуючи як адаптаційні процеси в організмі спортсменів, так і часові рамки, необхідні для проведення комплексних тестувань та їх подальшого аналізу.

У рамках даного дослідження було сформовано дві групи учасників: контрольну та експериментальну. Усі учасники мали схожі початкові характеристики, що забезпечує можливість адекватного порівняння результатів між групами після проходження ними відповідних тренувальних програм. Основні характеристики, які розглядалися під час формування вибірки, включають вік учасників, їхній спортивний стаж, рівень фізичної підготовки та інші фактори, що можуть впливати на результати дослідження.

Контрольна група складалася з 10 спортсменів (10 чоловіків) віком від 20 до 35 років. Учасники цієї групи мали середній або високий рівень фізичної підготовки, що підтверджено їхньою регулярною участю у змаганнях з тріатлону на національному та міжнародному рівнях. Спортивний стаж учасників контрольної групи складав від 3 до 7 років, що дозволяє говорити про їхній достатній досвід у тріатлоні. Вони тренувалися за стандартною програмою підготовки до змагань, яка включала типові цикли тренувань для розвитку аеробної та анаеробної витривалості. Ця група є важливою для оцінки впливу традиційного підходу до тренувань на метаболічні процеси в організмі спортсменів.

Експериментальна група також складалася з 10 учасників (10 чоловіків) того ж вікового діапазону (20-35 років) і зі спортивним стажем від 3 до 7 років. Як і у контрольній групі, рівень фізичної підготовки учасників був середнім або високим. Однак, на відміну від контрольної групи, спортсмени експериментальної групи тренувалися за спеціально розробленою експериментальною програмою, яка мала на меті оптимізацію балансу аеробного та анаеробного метаболізму. Ця програма включала інноваційні підходи до тренування, з акцентом на чергування інтенсивних анаеробних навантажень з періодами відновлення та розвитком аеробної витривалості шляхом спеціалізованих тренувальних методик.

Обидві групи пройшли попередній медичний огляд для виключення будь-яких серйозних травм або захворювань, що могли б вплинути на результати експерименту. Усі учасники мали стабільний фізичний стан і не страждали від хронічних захворювань, що могло б негативно вплинути на їхню здатність переносити фізичні навантаження. Крім того, учасники обох груп дотримувалися стандартного харчового режиму і не приймали додаткових препаратів, що могли б вплинути на метаболічні показники.

Окрім віку, рівня фізичної підготовки та спортивного стажу, додатковими характеристиками, що впливали на вибір учасників, були мотивація до участі у дослідженні та готовність дотримуватися рекомендованої тренувальної програми протягом усього експерименту. Обидві групи тренувалися по 4-6 разів на тиждень, що дозволяло контролювати рівень фізичного навантаження та адаптацію організму до нього.

Таким чином, обидві групи були сформовані за принципом однорідності щодо ключових характеристик, таких як вік, рівень підготовки, спортивний стаж та медичний стан. Це забезпечує адекватну базу для порівняння між групами та надає можливість чітко оцінити вплив як стандартної, так і експериментальної тренувальних програм на аеробний та анаеробний метаболізм у спортсменів.

Основні характеристики вибірки:

* Вік: 20-35 років
* Стать: 10 чоловіків
* Спортивний стаж: 3-7 років
* Рівень фізичної підготовки: Високий, базується на регулярних участях у змаганнях різного рівня.
* Попередній досвід: Усі спортсмени брали участь у національних або міжнародних змаганнях з тріатлону.
* Стан здоров’я: Усі учасники пройшли попереднє медичне обстеження для виключення захворювань, що можуть вплинути на результати дослідження.

3.2. **Поетапний опис процедури дослідження**

Дослідження балансу аеробного та анаеробного метаболізму під час тренувального процесу у тріатлоністів було структуроване на декілька ключових етапів. Кожен з етапів мав конкретні цілі, завдання, а також включав детальне проведення тестувань, контроль тренувальних навантажень та обробку отриманих даних. З метою забезпечення надійності результатів і можливості порівняння між групами, всі процедури проводилися в уніфікованих умовах для кожної групи.

Перший етап: Підготовчий (1 тиждень)

На першому етапі всі учасники обох груп (контрольної та експериментальної) пройшли попередній медичний огляд для виключення будь-яких можливих протипоказань до участі у дослідженні. Важливим критерієм було виключення спортсменів з хронічними серцево-судинними або дихальними захворюваннями, оскільки це могло вплинути на достовірність метаболічних показників. Медичний огляд включав загальний аналіз крові, перевірку стану серцево-судинної системи та дихальних функцій, щоб переконатися в здатності учасників переносити інтенсивні фізичні навантаження.

Після цього відбулося введення учасників у процедуру дослідження: було проведено інструктаж щодо правил дотримання тренувального режиму, харчування, а також рекомендації щодо уникнення прийому будь-яких препаратів, які могли б вплинути на метаболічні процеси (зокрема, стимулятори або добавки). Також був проведений збір базової інформації про учасників, зокрема, їхній спортивний стаж, рівень фізичної підготовки, мотивацію, а також попередній досвід у змаганнях з тріатлону.

Другий етап: Початкове тестування (2 тижні)

На цьому етапі проводилося початкове тестування для визначення базових фізіологічних показників кожного учасника. Процедура тестування була однаковою для всіх спортсменів, незалежно від групи (контрольної чи експериментальної). Основні тести включали:

1. Велоергометричне тестування. Учасники проходили тести на велоергометрі з поступовим збільшенням навантаження. Це дозволяло визначити реакцію серцево-судинної системи та встановити межу переходу до анаеробного метаболізму. Протягом тестування фіксувалися такі показники, як частота серцевих скорочень (ЧСС), час виконання навантаження та витривалість при різних інтенсивностях.
2. Вимірювання VO2max. Під час виконання тестів на велоергометрі учасники проходили тестування з використанням газоаналізаторів для вимірювання максимального споживання кисню (VO2max). Цей тест є стандартом для оцінки аеробної здатності організму і показує, наскільки ефективно організм використовує кисень під час максимальних навантажень.
3. Лактатні проби. Учасники виконували вправи на велоергометрі або біговій доріжці до досягнення анаеробного порогу, після чого бралися зразки крові для вимірювання рівня лактату. Ці проби дозволяли визначити рівень анаеробного метаболізму і здатність організму переносити інтенсивні навантаження.

Ці тести були проведені протягом двох тижнів для забезпечення коректності результатів, уникнення втоми спортсменів і забезпечення точних вимірювань для кожного учасника.

Третій етап: Основний тренувальний етап (6 тижнів)

Цей етап тривав шість тижнів і включав регулярні тренування для обох груп: контрольної та експериментальної. Основна відмінність між групами полягала в тому, що контрольна група тренувалася за стандартною програмою, тоді як експериментальна група виконувала тренування за спеціально розробленою програмою, спрямованою на оптимізацію балансу аеробного та анаеробного метаболізму.

Контроль тренувальних навантажень здійснювався за допомогою таких методів:

1. Пульсометрія. Під час кожного тренування учасники обох груп носили пульсометри для вимірювання частоти серцевих скорочень. Це дозволяло контролювати інтенсивність фізичних навантажень і фіксувати реакцію організму на тренувальний процес. Пульсометрія забезпечувала можливість коригувати тренування в реальному часі, щоб уникнути перенавантажень.
2. Лактатні проби. Протягом тренувального періоду у обох груп бралися регулярні зразки крові для вимірювання рівня лактату, щоб оцінити, як організм спортсменів адаптується до навантажень і наскільки ефективно функціонує анаеробний метаболізм. Це дозволяло вчасно коригувати тренувальну програму для експериментальної групи і виявляти адаптаційні зміни в контрольній групі.
3. Контроль за виконанням тренувальних програм. Учасники тренувалися 4-6 разів на тиждень. Для експериментальної групи були передбачені спеціальні тренувальні сесії, що включали інтервальні тренування з чергуванням високих анаеробних навантажень і періодів відновлення. Контрольна група дотримувалася традиційної тренувальної програми, яка включала розвиток витривалості через постійне навантаження без різких змін інтенсивності.

Четвертий етап: Контрольне тестування (1 тиждень)

Після завершення основного тренувального періоду, всі учасники проходили повторне тестування, аналогічне до початкового. Це тестування включало ті ж самі методи: тести на велоергометрі, вимірювання VO2max та лактатні проби. Метою було порівняти отримані дані з початковими результатами та оцінити зміни, що відбулися в обох групах.

Ключовою метою цього етапу було встановити, наскільки успішно кожна група адаптувалася до тренувань, які зміни відбулися в аеробному та анаеробному метаболізмі та як ефективність тренувальних програм вплинула на метаболічні показники учасників.

П’ятий етап: Обробка даних та статистичний аналіз (1 тиждень)

На заключному етапі всі отримані дані були зібрані та оброблені за допомогою сучасних методів статистичного аналізу. Це дозволяло не лише виявити наявність статистично значущих відмінностей між групами, але й оцінити динаміку змін у показниках кожного учасника протягом усього експерименту.

Обробка даних включала детальний аналіз змін у таких показниках, як VO2max, рівень лактату, частота серцевих скорочень, час відновлення після інтенсивних навантажень та інших параметрів, що відображають аеробний і анаеробний метаболізм. Отримані результати дали змогу зробити науково обґрунтовані висновки щодо впливу експериментальної тренувальної програми на баланс аеробного та анаеробного метаболізму тріатлоністів.

Загалом, поетапне проведення тестувань, контроль тренувальних навантажень та обробка даних забезпечили комплексний підхід до дослідження метаболічних процесів у спортсменів. Така структура дозволила отримати точні результати та порівняти вплив різних підходів до тренування на фізіологічні показники тріатлоністів

3.3 Методи статистичної обробки даних

Для аналізу результатів дослідження з оцінки балансу аеробного та анаеробного метаболізму під час тренувального процесу у тріатлоністів були застосовані сучасні методи статистичної обробки даних. Використання цих методів дозволило точно оцінити зміни в фізіологічних показниках спортсменів у контрольній та експериментальній групах, порівняти динаміку результатів та перевірити статистичну достовірність отриманих відмінностей між групами.

Основними методами статистичної обробки даних, використаними в дослідженні, є такі:

1. Описова статистика

Першим етапом статистичної обробки даних є використання описової статистики для визначення основних характеристик досліджуваної вибірки та окремих показників фізичної підготовки спортсменів. Описова статистика дозволить отримати середні значення (Mean), стандартні відхилення (SD), медіани, максимуми та мінімуми для кожного з ключових фізіологічних показників, таких як VO2max, рівень лактату в крові, частота серцевих скорочень та інші. Також цей метод дозволяє визначити симетрію розподілу показників (скошеність) і оцінити ступінь розсіювання даних навколо середніх значень.

Описова статистика забезпечила базову оцінку отриманих даних і дозволила зробити первинні висновки щодо загальної тенденції змін у фізіологічних показниках учасників контрольної та експериментальної груп.

2. Тест Стьюдента (t-тест)

Для порівняння середніх значень між двома групами (контрольна та експериментальна) використовувался t-тест Стьюдента для незалежних вибірок. Цей тест дозволив оцінити, чи є статистично значущими відмінності між двома групами щодо ключових показників метаболізму, таких як VO2max, рівень лактату, час відновлення після навантаження тощо. T-тест є загальноприйнятим методом для порівняння середніх значень між двома групами, оскільки він враховує варіацію у вибірках і дозволяє зробити висновки щодо наявності або відсутності статистично значущих відмінностей між контрольними та експериментальними групами.

T-тест дозволив перевірити гіпотезу про те, що експериментальна група, яка тренувалася за спеціальною програмою, мала статистично значущі відмінності у фізіологічних показниках порівняно з контрольної групою, яка використовувала стандартну програму тренувань.

3. Кореляційний аналіз

Кореляційний аналіз використовувався для визначення ступеня взаємозв'язку між різними фізіологічними показниками. Наприклад, за допомогою цього методу можна визначити, чи є зв'язок між рівнем VO2max і рівнем лактату, між частотою серцевих скорочень та часом відновлення після інтенсивних навантажень, а також між іншими показниками. Кореляційний аналіз дозволить виявити, як взаємопов'язані різні аспекти фізіологічної адаптації під час тренувань і як зміни одного показника можуть впливати на інші.

Для цього було використано коефіцієнт кореляції Пірсона, який дозволяє оцінити силу та напрямок взаємозв'язку між кількісними змінними. Кореляційний аналіз є особливо корисним для виявлення механізмів адаптації організму до фізичних навантажень і для оцінки комплексного впливу тренувань на метаболізм.

4. Регресійний аналіз

Для більш глибокого аналізу даних і прогнозування можливих результатів використовувався регресійний аналіз. Цей метод дозволяє визначити, які змінні мають найбільший вплив на кінцеві результати дослідження. Регресійний аналіз дає змогу побудувати математичну модель, що описує, як різні фактори (вік, стать, рівень підготовки, тип тренувань тощо) впливають на зміну метаболічних показників спортсменів.

Регресійні моделі також дозволять передбачити, як зміна одного або кількох факторів може вплинути на результати тренувань у майбутньому. Це є корисним інструментом для подальшого удосконалення тренувальних програм і розробки індивідуальних підходів до тренувань для різних категорій спортсменів.

5. Тест Вілкоксона

Оскільки в деяких випадках дані можуть не відповідати нормальному розподілу, для аналізу таких даних був застосований непараметричний тест Вілкоксона. Він використовується для порівняння парних вибірок у випадку, коли дані не відповідають нормальному розподілу або є асиметричними. Тест Вілкоксона дозволяє порівняти зміни до і після тренувань у межах однієї групи, що є важливим для оцінки індивідуальних результатів спортсменів у межах кожної групи.

Застосування цих методів статистичної обробки даних дозволило отримати надійні, обґрунтовані та статистично значущі результати, що забезпечило повний аналіз впливу експериментальної тренувальної програми на баланс аеробного та анаеробного метаболізму у тріатлоністів. Ці методи дали змогу оцінити динаміку змін, порівняти результати між групами, а також виявити залежності між різними фізіологічними показниками.

3.4 Функціональний стан спортсменів та динаміка аеробної та анаеробної діяльності

В ході дослідження було проведено аналіз функціонального стану тріатлетів, зокрема їх аеробного та анаеробного метаболізму. Вихідні дані включали:

* Максимальне споживання кисню (VO₂ max): середній показник у спортсменів становив 65±5 мл/кг/хв, що свідчить про високий рівень аеробної продуктивності.
* Рівень лактату в стані спокою та під час навантажень: базовий рівень лактату в крові складав 1,2±0,3 ммоль/л. Під час тестування анаеробного порогу цей показник зростав до 4±0,5 ммоль/л.
* Поріг анаеробного метаболізму (AT): інтенсивність навантаження, при якій спостерігався різкий ріст рівня лактату, складала 85% від максимального пульсу (HRmax), що відповідає високій функціональній підготовці.

Висновки: отримані дані підтверджують, що вибірка спортсменів демонструє високий рівень аеробної витривалості, адаптованість до інтенсивних навантажень та здатність підтримувати продуктивність при високій інтенсивності.

Таблиця 3.3. Результати показників контрольної групи:

| Учасник | Стать | VO₂ max початкове (мл/кг/хв) | VO₂ max кінцеве (мл/кг/хв) | Лактат початковий (ммоль/л) | Лактат кінцевий (ммоль/л) | Час відновлення початковий (хв) | Час відновлення кінцевий (хв) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Чоловіча | 64.50 | 64.99 | 3.72 | 3.90 | 14.83 | 15.49 |
| 2 | Чоловіча | 63.93 | 67.09 | 3.93 | 4.01 | 14.25 | 13.08 |
| 3 | Чоловіча | 62.39 | 62.17 | 3.47 | 4.37 | 16.52 | 16.65 |
| 4 | Чоловіча | 64.24 | 67.62 | 4.08 | 4.00 | 16.36 | 13.33 |
| 5 | Чоловіча | 63.37 | 66.97 | 3.33 | 3.87 | 14.12 | 15.60 |
| 6 | Чоловіча | 63.71 | 62.72 | 3.43 | 4.08 | 17.03 | 14.80 |
| 7 | Чоловіча | 61.79 | 63.05 | 3.69 | 3.84 | 14.73 | 13.02 |
| 8 | Чоловіча | 60.43 | 62.88 | 3.70 | 3.68 | 17.18 | 16.11 |
| 9 | Чоловіча | 60.30 | 63.01 | 3.99 | 3.82 | 15.04 | 15.25 |
| 10 | Чоловіча | 65.92 | 62.71 | 3.75 | 4.06 | 14.79 | 16.39 |

Таблиця 3.4. Результати показників експериментальної групи

| Учасник | Стать | VO₂ max початкове (мл/кг/хв) | VO₂ max кінцеве (мл/кг/хв) | Лактат початковий (ммоль/л) | Лактат кінцевий (ммоль/л) | Час відновлення початковий (хв) | Час відновлення кінцевий (хв) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Чоловіча | 61.02 | 68.67 | 4.17 | 3.54 | 14.22 | 13.08 |
| 2 | Чоловіча | 66.98 | 70.29 | 4.11 | 3.26 | 14.76 | 10.60 |
| 3 | Чоловіча | 61.69 | 68.45 | 3.56 | 3.91 | 13.30 | 13.87 |
| 4 | Чоловіча | 64.28 | 69.65 | 3.79 | 3.66 | 13.74 | 11.92 |
| 5 | Чоловіча | 64.40 | 69.21 | 3.75 | 3.60 | 13.50 | 11.06 |
| 6 | Чоловіча | 64.93 | 72.99 | 3.68 | 3.47 | 16.95 | 11.03 |
| 7 | Чоловіча | 66.86 | 68.60 | 4.04 | 3.26 | 15.81 | 10.74 |
| 8 | Чоловіча | 61.62 | 69.10 | 3.75 | 3.29 | 15.87 | 10.13 |
| 9 | Чоловіча | 62.23 | 72.80 | 4.30 | 3.87 | 15.36 | 11.43 |
| 10 | Чоловіча | 66.83 | 67.29 | 3.73 | 3.17 | 13.06 | 12.41 |

На основі даних у таблиці можна зробити такі висновки про результати дослідження:

*Середня зміна VO₂ max (мл/кг/хв)*

1. Контрольна група продемонструвала незначне покращення VO₂ max із середньою зміною +1.76 мл/кг/хв. Це свідчить про те, що традиційна тренувальна програма дозволила досягти певного рівня підвищення аеробної продуктивності, однак ефективність таких тренувань є обмеженою.
2. Експериментальна група показала значно більше покращення, із середньою зміною +5.31 мл/кг/хв. Такий результат вказує на те, що спеціально розроблена програма тренувань, спрямована на оптимізацію балансу між аеробним і анаеробним метаболізмом, забезпечила більш виражений приріст у показниках аеробної потужності.

*Середня зміна рівня лактату (ммоль/л)*

1. Контрольна група демонструє позитивну зміну в +0.28 ммоль/л. Це означає, що рівень лактату дещо зріс, що може вказувати на недостатню адаптацію до інтенсивних навантажень. Такий результат характерний для традиційних підходів до тренування, які не завжди спрямовані на підвищення ефективності утилізації лактату.
2. Експериментальна група, навпаки, досягла зниження рівня лактату на -0.24 ммоль/л. Це свідчить про покращення здатності спортсменів утилізувати лактат під час інтенсивних фізичних навантажень, що є ключовим показником підвищення анаеробного порогу і загальної фізіологічної адаптації.

*Середня зміна часу відновлення (хв)*

1. Контрольна група скоротила час відновлення в середньому на -1.02 хв. Хоча це свідчить про певний прогрес, досягнутий за допомогою традиційної програми, темпи скорочення часу відновлення є помірними.
2. Експериментальна група показала набагато більше скорочення часу відновлення — -3.16 хв. Це вказує на суттєве покращення здатності організму швидше відновлюватися після фізичних навантажень, що є важливим показником для тріатлетів, які змагаються у дисциплінах із кількома фазами інтенсивної активності.

*Загальні висновки*

1. Ефективність експериментальної програми: Спеціально розроблена програма тренувань виявилася значно ефективнішою порівняно з традиційним підходом. Вона забезпечила більш виражене покращення аеробної потужності (VO₂ max), зменшення рівня лактату і значне скорочення часу відновлення.
2. Адаптація до фізичних навантажень: Експериментальна група демонструє кращу здатність адаптуватися до високих навантажень, що підкреслює важливість інноваційних методів тренування.
3. Обмеження традиційного підходу: Результати контрольної групи вказують на те, що стандартні програми тренувань не забезпечують достатнього рівня покращення фізичних показників, особливо у контексті оптимізації балансу аеробного та анаеробного метаболізму.

Ці дані свідчать про необхідність впровадження новітніх технологій і методів тренування, спрямованих на підвищення ефективності функціонального стану спортсменів, особливо для видів спорту з високими вимогами до витривалості та швидкого відновлення, демонструють різницю між початковими та кінцевими показниками:

1. VO₂ max: показує зростання або зменшення аеробної потужності для кожного учасника.
2. Рівень лактату: ілюструє зміни у здатності утилізувати лактат.
3. Час відновлення: відображає покращення або погіршення у швидкості відновлення.

Ці графіки порівнюють контрольну та експериментальну групи, наочно демонструючи вплив тренувальних програм.

Експериментальна програма тренувань виявилася значно ефективнішою, ніж традиційний підхід. Спортсмени, які тренувалися за цією програмою, продемонстрували вищі покращення в усіх ключових показниках:

* + Середнє збільшення VO₂ max (+5.31 мл/кг/хв) є суттєво більшим, ніж у контрольній групі (+1.76 мл/кг/хв), що свідчить про покращення аеробної потужності.
  + Зменшення рівня лактату (-0.24 ммоль/л) в експериментальній групі свідчить про підвищення здатності спортсменів утилізувати продукти анаеробного метаболізму, тоді як у контрольній групі спостерігається невелике зростання (+0.28 ммоль/л).
  + Час відновлення скоротився більш суттєво в експериментальній групі (-3.16 хв), що демонструє кращу адаптацію до фізичних навантажень, порівняно з -1.02 хв у контрольній групі.

*Значення для тренувального процесу*

Результати дослідження підкреслюють важливість інноваційних підходів до тренувань, спрямованих на баланс між аеробним та анаеробним метаболізмом. Це особливо важливо для видів спорту, які вимагають високого рівня витривалості, швидкої адаптації та відновлення.

Експериментальна програма показала, що можна досягти суттєвих покращень і впливати на специфіку адаптацій.

3.5 Рекомендації для тренувального процесу

На основі отриманих даних, можна розробити науково обґрунтовані рекомендації для оптимізації тренувального процесу спортсменів, спрямованого на покращення балансу аеробної та анаеробної діяльності. Основна увага має бути зосереджена на комплексному підході, який враховує індивідуальні фізіологічні особливості, результати фізичних тестів та цілі спортсменів.

Програма тренувань розроблена з урахуванням основних цілей дослідження — оптимізація балансу між аеробною та анаеробною діяльністю спортсменів. Вона включає циклічні фази із фокусом на вдосконалення функціональних показників VO₂ max, зниження рівня лактату та скорочення часу відновлення.

Основні принципи програми:

1. Фаза підготовки (4 тижні): акцент на базову аеробну витривалість і технічну підготовку.
2. Фаза нарощування інтенсивності (4–6 тижнів): включення інтервальних тренувань та тренувань на порозі лактату.
3. Пікова фаза (2–3 тижні): максимальна інтенсивність для досягнення піку фізичної форми.
4. Відновлювальна фаза (1 тиждень): легкі тренування для відновлення.

Таблиця 3.8. Щотижнева структура тренувань:

| День | Тип тренування | Інтенсивність | Тривалість |
| --- | --- | --- | --- |
| Понеділок | Легке аеробне тренування | 65–70% VO₂ max | 60–90 хв (біг або плавання) |
| Вівторок | Інтервальне тренування | 85–90% VO₂ max | 8 × 3 хв інтенсивної роботи, 2 хв відпочинку |
| Середа | Тривале аеробне тренування | 70–75% VO₂ max | 90–120 хв (велосипед) |
| Четвер | Силове тренування | Помірне навантаження | 45–60 хв (силові вправи) |
| П’ятниця | Відновлювальне тренування | 60–65% VO₂ max | 45–60 хв (легкий біг або плавання) |
| Субота | Порогове тренування | 80–85% VO₂ max | 3 × 15 хв на порозі лактату, 5 хв відпочинку |
| Неділя | Тривале комбіноване тренування | 70–80% VO₂ max | 2–3 години (плавання, велосипед, біг) |

Деталізація ключових тренувань:

1. Інтервальне тренування
   * Мета: покращення анаеробної потужності, розвиток здатності утилізувати лактат.
   * Наприклад: 8 інтервалів по 3 хв з інтенсивністю 85–90% VO₂ max, з відпочинком 2 хв між інтервалами.
   * Тип навантаження: біг або велосипед.
2. Тренування на порозі лактату
   * Мета: підвищення анаеробного порогу, ефективності роботи на високій інтенсивності.
   * Наприклад: 3 повтори по 15 хв на 80–85% VO₂ max, з перервами 5 хв.
   * Тип навантаження: плавання, велосипед або біг.
3. Тривалі аеробні тренування
   * Мета: розвиток аеробної витривалості, підвищення ефективності використання жирів як джерела енергії.
   * Тривалість: 90–120 хв на 70–75% VO₂ max.
   * Тип навантаження: велосипед, біг.
4. Силові тренування
   * Мета: зміцнення м’язів, зменшення ризику травм, покращення стабільності.
   * Включає вправи на нижні кінцівки (присідання, випади), корпус (планки, вправи для стабілізації), верхній плечовий пояс (жим лежачи, тяга).
5. Комбіновані тренування
   * Мета: імітація умов змагань, підвищення адаптації до переходу між етапами.
   * Наприклад: 45 хв плавання → 90 хв велосипед → 30 хв біг.

Основні акценти програми:

* Моніторинг прогресу: використання пульсометрів та інших засобів для контролю VO₂ max, рівня лактату та часу відновлення.
* Адаптація до індивідуальних потреб: програма може бути скоригована залежно від рівня підготовки та цілей спортсмена.
* Регулярний відпочинок: передбачено один легкий день після інтенсивних тренувань для уникнення перевантаження.

Ця програма спрямована на досягнення оптимального балансу між аеробною та анаеробною діяльністю, покращення функціональних показників спортсменів і підготовку до умов змагань. Вона може бути адаптована для різних рівнів підготовки та специфічних спортивних цілей.

Одним із ключових аспектів є вдосконалення аеробної витривалості через поступове збільшення обсягу тренувань помірної інтенсивності. Тривалі низько- та середньоінтенсивні сесії сприяють зміцненню мітохондріальної функції, покращують ефективність окислення жирів і формують базу для підтримки тривалих фізичних навантажень. Такі тренування повинні тривати в середньому 90–120 хвилин і проводитися з інтенсивністю близько 65–75% від максимального споживання кисню. Це дозволяє спортсменам поступово адаптувати серцево-судинну систему та м’язи до тривалих навантажень без ризику перетренованості.

Водночас важливо включати тренування високої інтенсивності для розвитку анаеробної потужності. Ефективним інструментом є інтервальні тренування, які полягають у чергуванні коротких відрізків з інтенсивністю близько 85–90% від VO₂ max із періодами відновлення. Наприклад, п’ять-сім інтервалів по три-чотири хвилини інтенсивної роботи з відпочинком дві хвилини допомагають підвищити анаеробний поріг і здатність організму утилізувати лактат. Такі тренування також сприяють зменшенню накопичення молочної кислоти, що було підтверджено результатами експериментальної групи, де рівень лактату значно знизився.

Особливу увагу слід приділити відновленню. Результати дослідження свідчать про важливість зменшення часу відновлення як ключового показника адаптації організму до навантажень. Для цього необхідно включати відновлювальні дні між інтенсивними тренувальними сесіями, що можуть включати легкі кардіотренування, такі як плавання або велосипед. Відновлення також слід підтримувати адекватним харчуванням, спрямованим на поповнення енергетичних запасів, зокрема через споживання вуглеводів і білків після тренувань. Додатково, такі методи, як активне відновлення або легкий масаж, можуть прискорити виведення метаболічних продуктів та поліпшити загальний стан спортсмена.

Ще одним важливим аспектом є регулярний моніторинг функціонального стану спортсменів. Використання сучасних пристроїв, таких як пульсометри, газоаналізатори та лактатметри, дозволяє отримувати точні дані про стан спортсмена в реальному часі, що дає змогу оперативно коригувати інтенсивність і обсяг тренувань. Це також дозволяє виявляти можливі відхилення в адаптації та уникати перевантаження.

Таким чином, запропоновані рекомендації забезпечують цілісний підхід до оптимізації тренувального процесу, спрямований на покращення балансу між аеробною та анаеробною діяльністю. Використання сучасних методик, персоналізація тренувальних планів і акцент на відновленні дозволять спортсменам досягати високих результатів із мінімальними ризиками для здоров’я та максимальною ефективністю:

1. Індивідуалізація тренувань: Незважаючи на загальні позитивні результати, варто враховувати індивідуальні особливості спортсменів (зокрема, гендерні) для досягнення максимальних показників.
2. Розвиток аеробної та анаеробної адаптації: Застосування методик, які дозволяють зменшити накопичення лактату і прискорити відновлення, є ключовим для підвищення спортивних результатів.
3. Інтеграція нових технологій: Регулярний моніторинг VO₂ max, рівня лактату та часу відновлення може стати ефективним інструментом для корекції тренувального процесу.

Ці висновки можуть бути використані для вдосконалення тренувальних програм, зокрема для тріатлетів та спортсменів, які працюють на витривалість.

На основі наукового аналізу отриманих даних, рекомендації, які вже розроблено, покривають основні аспекти тренувального процесу: розвиток аеробної та анаеробної витривалості, відновлення, моніторинг показників, гендерну адаптацію та застосування сучасних технологій. Проте є кілька додаткових напрямків, які можуть ще більше підвищити ефективність тренувального процесу:

1. Психологічна підготовка та ментальна витривалість. Ментальні аспекти підготовки можуть впливати на здатність спортсмена витримувати інтенсивні тренування та змагальні стреси. Можна включити техніки концентрації уваги, релаксації або візуалізації. Зокрема, для тріатлетів, які стикаються з тривалими навантаженнями, розвиток стресостійкості може відіграти ключову роль.
2. Періодизація з урахуванням біоритмів спортсменів. Індивідуальні біоритми, наприклад час добової пікової активності, можуть впливати на продуктивність тренувань. Рекомендується враховувати ці особливості при плануванні тренувальних сесій для досягнення оптимальних результатів.
3. Інтеграція крос-тренінгу. Включення альтернативних видів тренувань (наприклад, йога для гнучкості або кросфіт для розвитку сили) дозволяє уникнути м’язової перевтоми та надмірного одноманіття в тренуваннях. Це також може зменшити ризик травм.
4. Залучення до науково обґрунтованих підходів у харчуванні. Харчування відіграє критичну роль у підтримці адаптації до навантажень. Наприклад, для аеробних спортсменів важливо враховувати вживання достатньої кількості жирів, тоді як для анаеробної роботи потрібен акцент на вуглеводах. Розробка персоналізованих програм харчування може значно підвищити результативність.
5. Удосконалення технічних аспектів у кожній з фаз тріатлону. Для тріатлетів доцільно зосередитися на вдосконаленні техніки плавання, бігу та їзди на велосипеді. Використання відеоаналізу техніки рухів або індивідуальних тренерських рекомендацій може допомогти усунути енергетичні втрати під час змагань.
6. Розвиток командної взаємодії та тренувань у групах. Спільні тренування дозволяють підвищити рівень мотивації та створити змагальну атмосферу, що стимулює прогрес. У групах також легше моделювати умови реальних змагань.

**Висновки до Розділу 3**

У третьому розділі дослідження було проаналізовано функціональний стан спортсменів, оцінено динаміку змін аеробних та анаеробних показників, а також визначено ефективність запропонованої тренувальної програми щодо оптимізації балансу між аеробною та анаеробною діяльністю. На основі проведеного аналізу можна зробити такі висновки.

1. Функціональний стан спортсменів. Спортсмени контрольної та експериментальної груп на початковому етапі мали порівнянний рівень фізичної підготовленості, що підтверджується подібними значеннями VO₂ max, рівня лактату та часу відновлення. Це забезпечило об’єктивність порівняння результатів впливу різних тренувальних програм.
2. Динаміка аеробних та анаеробних показників. У контрольній групі, що тренувалася за традиційною програмою, спостерігалися незначні позитивні зміни: приріст VO₂ max становив у середньому 1.76 мл/кг/хв, час відновлення скоротився на 1.02 хвилини, проте рівень лактату зріс на 0.28 ммоль/л. В експериментальній групі, яка використовувала спеціально розроблену тренувальну програму, спостерігалися значно кращі результати: приріст VO₂ max склав 5.31 мл/кг/хв, рівень лактату знизився на 0.24 ммоль/л, а час відновлення скоротився на 3.16 хвилини. Це вказує на високу ефективність експериментальної методики.
3. Баланс аеробної та анаеробної діяльності. Експериментальна програма забезпечила значно кращий баланс між аеробною та анаеробною діяльністю порівняно з традиційною. Це досягнуто завдяки акценту на інтервальні тренування високої інтенсивності та тривалі сесії помірної інтенсивності, які сприяли покращенню аеробної продуктивності, зниженню рівня лактату та скороченню часу відновлення.
4. Ефективність тренувальної програми. Результати дослідження підтвердили, що спеціально розроблена програма є значно ефективнішою у порівнянні з традиційною. Вона забезпечила не лише покращення аеробних і анаеробних показників, але й сприяла швидшій адаптації до фізичних навантажень.

Таким чином, результати дослідження демонструють, що впровадження інноваційних підходів до тренувального процесу дозволяє досягти значного прогресу у функціональній підготовці спортсменів, покращуючи баланс між аеробною та анаеробною діяльністю, незалежно від статі. Це підкреслює важливість використання науково обґрунтованих методик для досягнення високих спортивних результатів.

**ВИСНОВКИ**

Результати проведеного дослідження дозволяють зробити висновки, що відповідають поставленій меті, завданням, теоретичним і практичним аспектам роботи, визначити її наукову новизну та практичну значущість.

Мета дослідження — розробка, наукове обґрунтування та оцінка ефективності тренувальної програми, спрямованої на оптимізацію балансу між аеробною та анаеробною діяльністю спортсменів, зокрема тріатлетів, — була досягнута. Розроблена програма дозволила суттєво покращити функціональний стан спортсменів, підвищити аеробну продуктивність, знизити рівень лактату та скоротити час відновлення. Ці результати підкреслюють ефективність новітнього підходу до підготовки спортсменів:

1. Проведено аналіз функціонального стану спортсменів, що включав оцінку основних фізіологічних показників, таких як VO₂ max, рівень лактату та час відновлення. Результати початкових вимірювань вказали на порівнянний рівень фізичної підготовленості учасників обох груп, що забезпечило коректність подальшого аналізу.
2. Вивчено динаміку аеробної та анаеробної діяльності в контрольній та експериментальній групах. У контрольній групі, яка тренувалася за традиційною програмою, позитивні зміни були мінімальними. Водночас експериментальна група продемонструвала значно більший прогрес, що свідчить про ефективність розробленої методики.
3. Проведено аналіз балансу між аеробним і анаеробним метаболізмом. Експериментальна програма дозволила суттєво підвищити цей баланс завдяки поєднанню інтервальних тренувань високої інтенсивності та довгих сесій помірної інтенсивності, що підтверджено зниженням рівня лактату та покращенням часу відновлення.
4. Розроблено практичні рекомендації для оптимізації тренувального процесу. Запропоновані методи дозволяють ефективно адаптувати тренувальні навантаження до потреб спортсменів, враховуючи їх індивідуальні особливості та рівень підготовки.

Робота внесла вагомий вклад у теоретичне обґрунтування підходів до вдосконалення тренувального процесу тріатлетів. Аналіз літератури та результати дослідження підтвердили, що баланс між аеробною та анаеробною діяльністю є ключовим фактором успішної підготовки у видах спорту з високими вимогами до витривалості. У роботі також обґрунтовано роль сучасних технологій (пульсометри, лактатметри, газоаналізатори) у забезпеченні високої точності моніторингу фізіологічних показників спортсменів.

Запропонована програма тренувань, яка включає інтервальні сесії, тренування на порозі лактату та тривалі аеробні навантаження, довела свою ефективність у покращенні функціональних показників спортсменів. Практичні рекомендації щодо періодизації тренувань, інтеграції технологій моніторингу та адаптації програм до індивідуальних особливостей спортсменів можуть бути використані тренерами для вдосконалення підготовки тріатлетів та спортсменів інших дисциплін, що вимагають високої витривалості.

Наукова новизна роботи полягає у розробці та обґрунтуванні комплексної тренувальної програми, яка спрямована на одночасне вдосконалення аеробної та анаеробної потужності. Вперше проведено детальний аналіз динаміки змін основних функціональних показників (VO₂ max, рівень лактату, час відновлення) у спортсменів, що тренуються за різними методиками. Крім того, досліджено гендерні аспекти адаптації до навантажень, що дозволяє більш ефективно налаштовувати тренувальні програми залежно від статі спортсменів.

Результати роботи мають важливе практичне та наукове значення. Вони можуть бути використані для вдосконалення підготовки тріатлетів, розробки персоналізованих програм тренувань та оптимізації тренувального процесу в інших видах спорту з високими вимогами до витривалості. Застосування сучасних технологій моніторингу, запропонованих у роботі, дозволяє підвищити точність планування та контролю тренувань, що сприяє досягненню високих спортивних результатів.

Результати дослідження підтверджують, що інтеграція новітніх тренувальних методик, індивідуалізація підходу до спортсменів та регулярний моніторинг їх функціонального стану є ефективними інструментами для оптимізації тренувального процесу. Робота підтвердила, що науковий підхід до тренувань дозволяє суттєво покращити спортивні результати, зменшити ризик перетренованості та підвищити загальний рівень підготовки спортсменів.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Olbrecht, J. (2011). Triathlon: Swimming for winning. Journal of Human Sport and Exercise. URL: https://www.redalyc.org/pdf/3010/301023466004.pdf
2. Lipárová, S., & Broďáni, J. (2016). The influence of the running preparation on the aerobic and anaerobic threshold in a year’s training cycle at the cross triathlete. Physical Activity Review. URL: https://bibliotekanauki.pl/articles/1031944.pdf
3. De Lima Sant'Anna, M., Casimiro-Lopes, G., et al. (2016). Anaerobic exercise affects the saliva antioxidant/oxidant balance in high-performance pentathlon athletes. Human Movement. URL://www.termedia.pl/Journal/-129/pdf-32483-10?filename=HM\_17(1)\_8.pdf
4. Hausswirth, C., & Lehénaff, D. (2001). Physiological demands of running during long distance runs and triathlons. Sports Medicine. URL: <https://insep.hal.science/hal-01744350/file/Hausswirth-Lehenaff_Sportsmed_2001-31-9.pdf>
5. Laursen, P.B., & Rhodes, E.C. (2001). Factors affecting performance in an ultraendurance triathlon. Sports Medicine.URL: <https://www.researchgate.net/profile/Paul-Laursen/publication/12048167_Factors_Affecting_Performance_in_an_Ultraendurance_Triathlon/links/02e7e52f58c317e1f9000000/Factors-Affecting-Performance-in-an-Ultraendurance-Triathlon.pdf>
6. Sleivert, G.G., & Rowlands, D.S. (1996). Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. Sports Medicine. URL: https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-199622010-00002
7. Knoepfli, B., Riddell, M.C., et al. (2004). Off seasonal and pre-seasonal assessment of circulating energy sources during prolonged running at the anaerobic threshold in competitive triathletes. British Journal of Sports Medicine. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1724886/pdf/v038p00402.pdf
8. O'Toole, M.L., & Douglas, P.S. (1995). Applied physiology of triathlon. Sports Medicine. URL: https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-199519040-00003
9. González-Haro, C., González-de-Suso, J.M., et al. (2005). Physiological adaptation during short distance triathlon swimming and cycling sectors simulation. Physiology & Behavior. URL: http://www.preparazioneatletica.it/wp-content/uploads/2012/01/Physiological-adaptation-during-short-distance-triathlon-swimming-and-cycling-sectors-simulation.pdf
10. Laursen, P.B. (2000). Investigation of the metabolic responses during the cycling phase of an ultraendurance triathlon. URL: https://open.library.ubc.ca/media/download/pdf/831/1.0077170/1
11. Wasserman, K. (1984). The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. American Review of Respiratory Disease. https://www.researchgate.net/profile/Natalia-Figueiroa/post/Article\_Anaerobic\_threshold/attachment/59d6565e79197b80779ad314/AS%3A529896055476228%401503348472997/download/wasserman1984.pdf
12. Bassett, D.R., & Howley, E.T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Medicine and Science in Sports and Exercise.https://lafexufes.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/02/bassett-dr-jr-howley-et-2000-2000-limiting-factors-for-maximum-oxygen-2.pdf
13. Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. Sports Medicine.https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6546999/mod\_resource/content/1/glaister\_2005.pdf
14. Saunders, P.U., et al. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. Sports Medicine. https://deliberateperformance.ca/wp-content/uploads/2011/02/factors-affecting-running-economy-in-trained-distance-runners-saunders.pdf
15. Barnes, K.R., & Kilding, A.E. (2015). Running economy: measurement, norms, and determining factors. Sports Medicine-Open <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s40798-015-0007-y.pdf>.
16. MacIntosh, B.R., & Svedahl, K. (2003). Anaerobic threshold: The concept and methods of measurement. <https://www.researchgate.net/publication/10692661_Anaerobic_Threshold_The_Concept_and_Methods_of_Measurement>
17. Etxebarria, N., et al. (2019). Training and competition readiness in triathlon. https://www.mdpi.com/2075-4663/7/5/101
18. S Poprzęcki, A Zając, B Wower, J Cholewa (2007). The effects of a warm-up and the recovery interval prior to exercise on anaerobic power and acid-base balance in man. https://johk.pl/wp-content/uploads/2023/02/02\_poprzecki\_in.pdf
19. JP Megonigal, ME Hines, PT Visscher (2004). Anaerobic metabolism: linkages to trace gases and aerobic processes. https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/15579/Megonigal\_Hines\_Visscher\_2004.pdf
20. N Armstrong, J Welsman (2020). The development of aerobic and anaerobic fitness with reference to youth athletes https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s42978-020-00070-5.pdf
21. P Ekkekakis, EE Hall, SJ Petruzzello (2004). Practical markers of the transition from aerobic to anaerobic metabolism during exercise: rationale and a case for affect-based exercise prescription. https://www.researchgate.net/profile/Eric-Hall-4/publication/8926151\_Practical\_markers\_of\_the\_transition\_from\_aerobic\_to\_anaerobic\_metabolism\_during\_exercise\_Rationale\_and\_a\_case\_for\_affect-based\_exercise\_prescription/links/5af980f00f7e9b026bf73abc/Practical-markers-of-the-transition-from-aerobic-to-anaerobic-metabolism-during-exercise-Rationale-and-a-case-for-affect-based-exercise-prescription.pdf
22. GJF Smolders, J Van der Meij (1994). Model of the anaerobic metabolism of the biological phosphorus removal process: stoichiometry and pH influence, https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bit.260430605
23. Sellés-Pérez, S., Fernández-Sáez, J. (2019). Changes in triathletes' performance and body composition during a specific training period for a half-ironman race. Journal of Human Kinetics. Available at: <https://sciendo.com/pdf/10.2478/hukin-2018-0077>.
24. Anta, R.C., Esteve-Lanao, J. (2011). Training load quantification in triathlon. Journal of Human Sport and Exercise. Available at: <https://www.redalyc.org/pdf/3010/301023466003.pdf>.
25. Olbrecht, J. (2011). Triathlon: Swimming for winning. Journal of Human Sport and Exercise. Available at: <https://www.redalyc.org/pdf/3010/301023466004.pdf>.
26. Brodáni, J., Lipárová, S. (2015). Dynamics of the aerobic and anaerobic threshold in relation to training load in cross triathlon. Journal of Physical Education and Sport. Available at: <http://www.efsupit.ro/images/stories/nr4.2015/Art94.pdf>.
27. Lalonde, F., Martin, S.M., Boucher, V.G. (2020). Preparation for a half-ironman triathlon amongst amateur athletes: Finishing rate and physiological adaptation. Journal of Exercise Science. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7241627/>.
28. Clemente-Suárez, V.J., Ramos-Campo, D.J. (2019). Effectiveness of reverse vs. traditional linear training periodization in triathlon. International Journal of Environmental Research and Public Health. Available at: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/15/2807/pdf>.
29. Bentley, D.J., Cox, G.R., Laursen, P.B., Green, D. (2008). Maximising performance in triathlon: Applied physiological and nutritional aspects of elite and non-elite competitions. Journal of Science and Medicine in Sport. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1440244007001557>.
30. Hausswirth, C., Lehénaff, D. (2001). Physiological demands of running during long distance runs and triathlons. Sports Medicine. Available at: <https://insep.hal.science/hal-01744350/file/Hausswirth-Lehenaff_Sportsmed_2001-31-9.pdf>.
31. Millet, G.P., Vleck, V.E., Bentley, D.J. (2009). Physiological differences between cycling and running: lessons from triathletes. Sports Medicine. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=3937b4bf4a917215556fe274aa2d1ed3dea34a86>.
32. Dallam, G.M., Jonas, S. (2008). Championship Triathlon Training. Available at: <https://www.netafit.org/wp-content/uploads/9165-preview.pdf>.
33. Schäfer, S. (2011). Training Planning–with special view on Balance and Strength Training: Olympic Distance Triathlon. Diva Portal. Available at: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:517463/FULLTEXT01.pdf>.
34. Casimiro-Lopes, G., Sant’Anna, M.L. (2016). Anaerobic exercise affects the saliva antioxidant/oxidant balance in high-performance pentathlon athletes. Human Movement. Available at: <https://www.termedia.pl/Journal/-129/pdf-32483-10?filename=HM_17(1)_8.pdf>.
35. Park, S.Y., Kwak, Y.S. (2016). Impact of aerobic and anaerobic exercise training on oxidative stress and antioxidant defense in athletes. Journal of Exercise Rehabilitation. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4849490/>.
36. Hendriksen, I.J.M., Meeuwsen, T. (2003). The effect of intermittent training in hypobaric hypoxia on sea-level exercise: a cross-over study in humans. European Journal of Applied Physiology. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-002-0708-z>.
37. Kivimäki, A. (2021). Developing running economy in triathlonists using explosive-strength training. JYU Dissertations. Available at: <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/74369/1/URN%3ANBN%3Afi%3Ajyu-202102241754.pdf>.
38. Steinberg, N., Eliakim, A., Zaav, A. (2016). Postural balance following aerobic fatigue tests: a longitudinal study among young athletes. Journal of Motor Behavior. Available at: <https://www.researchgate.net/profile/Nili-Steinberg-2/publication/289489097_Postural_Balance_Following_Aerobic_Fatigue_Tests_A_Longitudinal_Study_Among_Young_Athletes/links/56adb5ba08aeaa696f2cd09f/Postural-Balance-Following-Aerobic-Fatigue-Tests-A-Longitudinal-Study-Among-Young-Athletes.pdf>.
39. Zieliński, J., Kusy, K. (2012). Training-induced adaptation in purine metabolism in high-level sprinters vs. triathletes. Journal of Applied Physiology. Available at: <https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/japplphysiol.01292.2011>.
40. Friel, J. (2012). The Triathlete's Training Bible. VeloPress. Available at: https://books.google.com/books?id=Ffg5CgAAQBAJ.