

Секція А7 Фізична культура і спорт	
УДК 797.2:796.015.52	
Дата першого надходження статті до видання	2026-01-05
Дата прийняття статті до друку після рецензування	2026-02-19
Дата публікації/оприлюднення	2026-02-19

Інтервальне гіпоксичне тренування як засіб розвитку анаеробної працездатності плавців на етапі спеціалізованої базової підготовки

Буховець Божена Олегівна

доктор наук з фізичного виховання та спорту, викладач кафедри гімнастики та фізкультурно-спортивних технологій,

ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса, Україна

e-mail: bowena1990@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2386-3995>

Драбик Дмитро Федорович

аспірант кафедри гімнастики та фізкультурно-спортивних технологій,

ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса, Україна

<https://orcid.org/0009-0007-4500-0919>

Анотація. Мета дослідження – експериментально обґрунтувати ефективність застосування інтервального гіпоксичного тренування у системі спеціалізованої базової підготовки плавців для підвищення їх анаеробної працездатності та спеціальної швидкісної витривалості. Дослідження спрямоване на визначення впливу гіпоксичних інтервалів на показники анаеробної потужності, здатності до повторних спринтерських зусиль і функціонального стану кардіореспіраторної системи.

У роботі використано педагогічний експеримент із формуванням експериментальної (n=12) та контрольної (n=12) груп плавців віком 14–17 років. Протягом 6-тижневого циклу експериментальна група виконувала програму інтервального гіпоксичного тренування, тоді як контрольна група тренувалася за традиційною методикою. Для оцінювання ефективності застосовувалися Wingate-тест, спринтерські дистанції 25–100 м, тест 6×50 м, показники життєвої ємності легень та частоти серцевих скорочень. Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням t-критерію Стьюдента та дисперсійного аналізу.

У результаті встановлено достовірне підвищення пікової та середньої анаеробної потужності у спортсменів експериментальної групи, зниження індексу втоми та покращення результатів на дистанціях 25 м (–4,9 %), 50 м (–4,8 %) і 100 м (–3,9 %). Виявлено суттєве скорочення різниці між першим і шостим повтором у тесті 6×50 м (–34,2 %), що свідчить про підвищення здатності підтримувати високу швидкість у серії інтенсивних зусиль. Зафіксовано позитивні зміни функціональних показників: збільшення життєвої ємності легень (+6,4 %) та зниження частоти серцевих скорочень після максимального навантаження (–3,6 %). У контрольній групі зміни мали менш виражений характер.

Наукова новизна полягає у вперше експериментально встановлених особливостях впливу інтервального гіпоксичного тренування на комплекс показників анаеробної продуктивності плавців підліткового віку на етапі спеціалізованої базової підготовки. Удосконалено методичні підходи до планування гіпоксичних інтервалів у структурі тренувального процесу.

Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження запропонованої методики у підготовку спортивного резерву з метою підвищення швидкісної витривалості та результативності на спринтерських дистанціях. Отримані дані можуть бути використані тренерами, методистами ДЮСШ та фахівцями зі спортивної фізіології для оптимізації тренувального процесу.

Ключові слова: анаеробна потужність, спеціальна фізична підготовка, гіпоксичні навантаження, швидкісна витривалість, спортивна працездатність, Wingate-тест, спринтерські дистанції, функціональні показники, підлітковий вік, тренувальний процес.

Interval hypoxic training as a means of developing anaerobic performance of swimmers at the stage of specialized basic training

Bukhovets Bozhena

Doctor of Sciences in Physical Education and Sports, Lecturer at the Department of Gymnastics and Physical Culture and Sports Technologies,
State Institution «South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky», Odessa, Ukraine
e-mail: bowena1990@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2386-3995>

Drabik Dmytro

Postgraduate student of the Department of Gymnastics and Physical Culture and Sports Sports Technologies,
State Institution «South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky», Odessa, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0007-4500-0919>

Abstract. The purpose of the study was to experimentally substantiate the effectiveness of interval hypoxic exposure within the framework of specialized basic training of swimmers in order to enhance anaerobic performance and specific speed endurance. The study aimed to determine the influence of hypoxic intervals on anaerobic power, repeated sprint ability, and cardiorespiratory function.

A pedagogical experiment was conducted involving an experimental group (n=12) and a control group (n=12) of swimmers aged 14–17 years. During a 6-week training cycle, the experimental group performed a program including interval hypoxic sessions, while the control group followed a conventional training approach. Performance assessment included the Wingate test, 25–100 m sprint tests, a 6×50 m repeated sprint test, measurements of vital lung capacity, and heart rate response. Statistical analysis was performed using Student's t-test and analysis of variance.

The results demonstrated a significant increase in peak and mean anaerobic power in the experimental group, along with a reduction in fatigue index and improved sprint performance at 25 m (–4.9%), 50 m (–4.8%), and 100 m (–3.9%). A marked decrease in performance drop

between the first and sixth repetitions in the 6×50 m test (−34.2%) indicated enhanced repeated sprint capacity. Positive functional adaptations were also observed, including an increase in vital lung capacity (+6.4%) and a reduction in post-exercise heart rate (−3.6%). Changes in the control group were less pronounced.

The scientific novelty lies in the first experimental determination of the specific effects of interval hypoxic exposure on a complex of anaerobic performance indicators in adolescent swimmers at the stage of specialized basic preparation. The methodological approach to planning hypoxic intervals within the training process has been improved.

The practical significance of the study consists in the possibility of implementing the proposed training model in the preparation of young athletes to enhance speed endurance and sprint performance. The findings may be applied by swimming coaches, sport methodologists, and sport physiologists to optimize training programs.

Keywords: anaerobic power, special physical preparation, hypoxic exposure, speed endurance, athletic performance, Wingate test, sprint performance, functional indicators, adolescent athletes, training program.

Вступ

Актуальність проблеми. Сучасний етап розвитку змагального плавання характеризується подальшим зростанням спортивних результатів, підвищенням щільності конкуренції та скороченням часових інтервалів між призовими місцями на національному й міжнародному рівнях. У таких умовах визначального значення набуває оптимізація тренувального процесу на етапі багаторічної підготовки спортсменів, зокрема на етапі спеціалізованої базової підготовки, який відіграє ключову роль у формуванні спеціальної працездатності та функціональних передумов для досягнення високих спортивних результатів у подальшій спортивній кар'єрі.

Однією з провідних детермінант ефективності змагальної діяльності плавців, особливо на дистанціях спринтерської та середньої довжини, є рівень анаеробної працездатності, що забезпечує реалізацію високої інтенсивності м'язової роботи в умовах значного кисневого дефіциту. Анаеробні енергетичні механізми відіграють важливу роль як у підтриманні змагальної швидкості, так і у формуванні здатності спортсменів протидіяти втомі наприкінці дистанції. Водночас на етапі спеціалізованої базової підготовки розвиток анаеробної працездатності має здійснюватися з урахуванням вікових, морфофункціональних та адаптаційних можливостей організму спортсменів, що зумовлює необхідність пошуку ефективних, але фізіологічно обґрунтованих тренувальних засобів.

У цьому контексті дедалі більшої уваги в теорії та практиці спортивного тренування набуває інтервальне гіпоксичне тренування як специфічний метод підвищення функціональних резервів організму. Використання гіпоксичних впливів сприяє активації адаптаційних механізмів, спрямованих на підвищення ефективності енергозабезпечення м'язової діяльності, оптимізацію кисневотранспортної системи, посилення буферних властивостей крові та тканин, а також удосконалення регуляторних механізмів, що мають безпосередній вплив на анаеробну працездатність спортсменів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останнє п'ятиріччя зросла кількість наукових праць, що досліджують вплив гіпоксичних тренувальних стратегій на фізіологічні показники спортсменів, зокрема тих, що імплементують інтервальне

гіпоксичне тренування (ІНТ). Водночас ці дослідження суттєво відрізняються як за методологією, так і за спрямованістю результатів, що вказує на нестачу узгоджених стандартів і узагальнених висновків щодо ефективності таких впливів у плаванні та розвиткові анаеробної працездатності.

Одні з найсучасніших експериментальних робіт демонструють позитивну тренувальну дію інтервального гіпоксичного навантаження на анаеробні показники потужності (peak power) у здорових молодих чоловіків, що свідчить про потенційну користь ІНТ для розвитку потужних компонентів фізичної працездатності. У цих дослідженнях відзначали істотне підвищення пікової потужності після циклу ІНТ, тоді як середня потужність змінювалася незначно, що свідчить про специфічність адаптації до інтенсивного гіпоксичного стимулу (як вимірюється, наприклад, у тестах типу Wingate) [3, 12, 13].

Систематичні огляди та мета-аналізи новітніх робіт також вказують, що гіпоксичні тренування мають помірний позитивний ефект на спортивні результати, зокрема у плавців, але цей ефект залежить від характеристик тренувального протоколу (наприклад, рівня симульованої висоти, тривалості впливу, структури тренувальних сесій). Зокрема, у комплексних мета-аналізах зі спортсменами встановлено статистично значуще покращення загальної продуктивності плавців після гіпоксичних впливів, хоча зміни традиційних кардіореспіраторних показників (VO_2max , $HRmax$) були мінімальними або незначущими [5, 7, 10].

Порівнюючи ці загальні висновки з праць, орієнтованих на конкретні вікові групи плавців (зокрема 11–12 років), українські експериментальні дані показують покращення функціональних показників зовнішнього дихання та загальної фізичної підготовленості при застосуванні ІНТ у поєднанні з елементами аквафітнесу. Такі підходи демонструють тенденцію до підвищення об'ємних і швидкісних показників дихальної функції, що може бути непрямим індикатором адаптації до підвищених тренувальних навантажень у гіпоксичних умовах [1, 2, 8].

Методологічно більшість сучасних досліджень, що стосуються anaerobic adaptations, застосовують інтервальні або повторювані гіпоксичні протоколи, де тренувальний стимул складається з коротких або середніх інтенсивних інтервалів під гіпоксією, чергованих з нормоксичними відновленнями. У низці робіт акцент робиться на механістичні обґрунтування адаптацій, зокрема підвищення активності гліколітичних ферментів, покращення фосфокреатинового обміну та здатності тканин забезпечувати енергією анаеробні процеси (що є важливим для коротких спринтерських зусиль у плаванні).

Разом із цим окремі дослідницькі огляди підкреслюють неоднозначність результатів щодо ефективності гіпоксичних протоколів: деякі роботи не виявили суттєвих переваг тренувань у гіпоксії над традиційними методами для певних аеробних параметрів, що вказує на необхідність подальшого узгодження протоколів і стандартизованих критеріїв оцінювання адаптації [6, 9, 11].

Ще один важливий тренд у сучасних дослідженнях – це зміщення фокусу від суто показників VO_2max або гематологічних змін до нейром'язових і метаболічних адаптацій, які безпосередньо впливають на анаеробну працездатність і здатність відновлюватися після інтенсивних повторних зусиль. Такий підхід є особливо релевантний для

спринтерських дистанцій у плаванні, де міцність та швидкість реакції енергетичних систем мають вирішальне значення [4, 14, 15].

У підсумку, сучасна література свідчить про зростання наукового інтересу до інтервальних гіпоксичних методів тренування як засобу потенційного покращення показників продуктивності, що включають анаеробну працездатність. Водночас існують методологічні та концептуальні розбіжності в підходах, виборі моделей гіпоксії, характеристиках вибірки та тренувальних параметрах, що ускладнює формування однозначного висновку про універсальну ефективність таких методів у плавців. Це підкреслює наукову потребу в цільових експериментальних дослідженнях для конкретної когорти спортсменів на етапі спеціалізованої базової підготовки.

Виділення невирішеної частини проблеми. Аналіз останніх наукових публікацій свідчить, що інтервальне гіпоксичне тренування (ІНТ) є перспективним засобом підвищення фізичної працездатності спортсменів, зокрема анаеробної. Проте, незважаючи на численні експериментальні дослідження та систематичні огляди, значна частина наукових питань залишається невирішеною.

Більшість робіт сфокусовані на дорослих спортсменах високої кваліфікації або універсальних вибірках, тоді як юні плавці та спортсмени на етапі спеціалізованої базової підготовки досліджені недостатньо. Наявні дані не дозволяють однозначно визначити ефективність ІНТ у формуванні анаеробної працездатності саме в цій віковій та тренувальній категорії, що є критично важливим для оптимізації системи підготовки на етапі багаторічної спортивної підготовки.

Хоча численні експерименти демонструють позитивний вплив ІНТ на пікову анаеробну потужність, результати щодо середньої потужності, витривалості при повторних спринтах та інших функціональних показників залишаються суперечливими або непослідовними. Це свідчить про відсутність стандартизованих протоколів та чітких критеріїв оцінки ефективності тренувальних впливів, що обмежує практичне застосування наукових рекомендацій у тренувальному процесі плавців.

Сучасні дослідження починають враховувати нейром'язові та метаболічні механізми адаптації, але сукупність даних щодо специфічного впливу ІНТ на анаеробні енергетичні шляхи у плавців обмежена. Науково-обґрунтовані відомості про зміни активності гліколітичних ферментів, буферні властивості м'язової тканини, регуляторні механізми та адаптації до повторних високоінтенсивних зусиль залишаються фрагментарними.

Таким чином, невирішена частина проблеми полягає у відсутності комплексного наукового обґрунтування та емпіричних даних щодо застосування інтервального гіпоксичного тренування як специфічного засобу розвитку анаеробної працездатності плавців на етапі спеціалізованої базової підготовки.

Зазначене вище обґрунтовує необхідність проведення цільового дослідження, спрямованого на експериментальне оцінювання ефективності інтервального гіпоксичного тренування для розвитку анаеробної працездатності у плавців на етапі спеціалізованої базової підготовки, із одночасним аналізом функціональних, метаболічних та спортивних показників.

Метою статті є наукове обґрунтування ефективності інтервального гіпоксичного тренування як засобу розвитку анаеробної працездатності плавців на етапі

спеціалізованої базової підготовки, а також визначення специфічних адаптаційних змін у функціональних, метаболічних та спортивних показниках спортсменів під впливом цього методу.

Наукова новизна. Вперше систематично оцінено ефективність інтервального гіпоксичного тренування саме для плавців на етапі спеціалізованої базової підготовки, що дозволяє визначити вікові та тренувальні особливості адаптації.

Проведено комплексний аналіз анаеробних і нейром'язових адаптацій, включно з метаболічними показниками, які визначають здатність спортсменів до високої інтенсивності та повторних спринтів.

Практичне значення. Результати дослідження можуть бути використані тренерами та методистами плавання для оптимізації тренувальних програм юних і підліткових спортсменів, зокрема для підбору ефективних інтервальних гіпоксичних навантажень, що підвищують анаеробну працездатність і покращують результати на коротких та середніх дистанціях.

Методологія

Методи дослідження. У дослідженні використано комплекс методів, що дозволяє оцінити ефективність інтервального гіпоксичного тренування (ІНТ) для розвитку анаеробної працездатності плавців на етапі спеціалізованої базової підготовки. Методи розподілено на експериментальні, функціональні та статистичні.

Інтервальне гіпоксичне тренування (ІНТ) для безпосереднього впливу на анаеробні та метаболічні механізми організму плавців; стимулювання адаптації до повторних високих навантажень; підвищення пікової потужності та швидкості відновлення між спринтами.

Стандартне тренування контрольної групи для забезпечення порівняльної бази та оцінки ефективності ІНТ; відокремлення впливу гіпоксії від впливу загальної тренувальної програми.

Wingate-тест для оцінки пікової та середньої анаеробну потужності, швидкості виснаження м'язових ресурсів і здатності до відновлення після максимально інтенсивного зусилля.

Короткі спринтерські дистанції у воді (25–100 м) для визначення специфічної продуктивності плавців, що відображає здатність до високої інтенсивності у реальних умовах виду спорту.

Повторні інтервальні зусилля у воді для оцінки витривалості та ефективності відновлення між повторними спринтами, що є ключовим показником анаеробної працездатності у плаванні.

Спірометрія (функціональні показники легень) для оцінки адаптаційних змін кардіореспіраторної системи під впливом ІНТ, зокрема максимального об'єму легень та частоти дихання при навантаженні.

Статистичний аналіз (t-тести, кореляційний аналіз) для визначення достовірності змін у спортивних і функціональних показниках, порівняння груп та оцінки залежності між характеристиками тренування і результатами.

Програмне забезпечення (SPSS Statistics, GraphPad Prism, Microsoft Excel) для забезпечення обробки та візуалізації даних, динаміки показників та статистичних моделей для наукового аналізу.

Джерела даних. Дані для дослідження отримано безпосередньо в результаті експериментальної роботи з плавцями на етапі спеціалізованої базової підготовки.

Обсяг вибірки – 24 плавці (12 у експериментальній групі, 12 у контрольній), віком 14–17 років, що перебували на етапі спеціалізованої базової підготовки. Період збору даних: 6-тижневий експериментальний цикл тренувань.

Функціональні показники – вимірювання параметрів кардіореспіраторної системи та дихальної функції (спірометрія, частота серцевих скорочень, частота дихання) під час стандартних навантажень. Вимірювання проводилися до початку тренувального циклу та після його завершення, за стандартними протоколами лабораторних тестів.

Метаболічні та нейром'язові показники – результати спеціалізованих фізіологічних тестів для оцінки анаеробного потенціалу та здатності до повторних високих навантажень (Wingate-тест, повторні спринти у воді). Вимірювання проводилось упродовж експериментального циклу, після завершення кожного етапу інтервального навантаження.

Дані зібрані у структурованому вигляді для подальшого статистичного аналізу, порівняння експериментальної та контрольної груп та оцінки ефективності інтервального гіпоксичного тренування.

Інструменти аналізу. Для обробки та аналізу зібраних даних використовувалися сучасні програмні засоби, що дозволяють виконувати як статистичну обробку, так і візуалізацію результатів.

SPSS (версія 26.0) – застосовувався для проведення описової статистики, t-тестів для залежних і незалежних вибірок, однофакторного ANOVA та кореляційного аналізу між спортивними та функціональними показниками.

GraphPad Prism (версія 9.0) – використовувався для побудови графіків динаміки змін показників, візуалізації порівняльних результатів експериментальної та контрольної груп, а також для розрахунку ефектних розмірів.

Microsoft Excel – застосовувався для первинної обробки даних, формування таблиць, обчислення середніх значень, стандартних відхилень та підготовки вихідних даних для подальшого статистичного аналізу.

Використання цих інструментів забезпечило наукову достовірність та наочність результатів, а також дозволило системно оцінити ефективність інтервального гіпоксичного тренування на різних показниках анаеробної працездатності плавців.

Обмеження дослідження. Результати дослідження слід інтерпретувати з урахуванням певних обмежень:

1. Вибірка обмежена віком та рівнем підготовки спортсменів (14–17 років, етап спеціалізованої базової підготовки), тому отримані висновки не можуть безпосередньо поширюватися на дорослих спортсменів або на плавців інших вікових категорій.

2. Тривалість експериментального циклу обмежена шістьма тижнями, що не дозволяє оцінити довгострокові ефекти інтервального гіпоксичного тренування на анаеробну працездатність.

3. Методи оцінки адаптацій обмежені стандартними функціональними та спортивними тестами; глибокий аналіз метаболічних та нейром'язових механізмів адаптації у водному середовищі не проводився.

4. Вплив зовнішніх факторів (температура води, індивідуальні особливості відновлення, режим харчування) міг частково модифікувати результати тренувань та тестових навантажень.

Ці обмеження визначають межі застосування отриманих результатів: вони можуть бути використані для планування та оптимізації тренувальних програм плавців на етапі спеціалізованої базової підготовки, але потребують додаткових досліджень для підтвердження ефективності у інших вікових групах, тривалих циклах та різних умовах тренувань.

Результати

Нижче подано результати експериментального дослідження впливу інтервального гіпоксичного тренування на показники анаеробної працездатності плавців.

Результати тестування пікової та середньої потужності наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Динаміка показників Wingate-тесту у плавців (M ± SD)

Показник	Група	До експерименту	Після експерименту	Δ (%)
Пікова потужність (Вт·кг ⁻¹)	ЕГ	9,21 ± 0,48	10,34 ± 0,52	+12,3
	КГ	9,18 ± 0,51	9,46 ± 0,49	+3,0
Середня потужність (Вт·кг ⁻¹)	ЕГ	7,85 ± 0,44	8,63 ± 0,47	+9,9
	КГ	7,82 ± 0,46	8,01 ± 0,43	+2,4
Індекс втоми (%)	ЕГ	42,6 ± 3,8	38,2 ± 3,5	-10,3
	КГ	43,1 ± 4,1	41,9 ± 3,9	-2,8

Показники часу подолання дистанцій 25 м, 50 м та 100 м наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Динаміка результатів спринтерських дистанцій (сек)

Дистанція	Група	До експерименту	Після експерименту	Δ (%)
25 м	ЕГ	12,84 ± 0,41	12,21 ± 0,38	-4,9
	КГ	12,79 ± 0,39	12,63 ± 0,36	-1,3
50 м	ЕГ	27,43 ± 0,88	26,12 ± 0,81	-4,8
	КГ	27,38 ± 0,91	26,94 ± 0,86	-1,6
100 м	ЕГ	59,82 ± 1,74	57,46 ± 1,69	-3,9
	КГ	59,75 ± 1,68	58,93 ± 1,62	-1,4

Результати тесту 6×50 м з інтервалом відпочинку 30 с наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Показники повторних спринтів 6×50 м (сек)

Показник	Група	До експерименту	Після експерименту	Δ (%)
Середній час серії	ЕГ	28,02 ± 0,94	26,74 ± 0,89	-4,6
	КГ	27,98 ± 0,91	27,45 ± 0,87	-1,9
Різниця між 1-м і 6-м повтором (сек)	ЕГ	1,84 ± 0,32	1,21 ± 0,28	-34,2
	КГ	1,79 ± 0,29	1,62 ± 0,31	-9,5

Динаміка функціональних показників наведена в табл. 4

Таблиця 4

Динаміка показників життєвої ємності легень (ЖЄЛ), л (M ± SD)

Група	До експерименту	Після експерименту	Δ (л)	Δ (%)
ЕГ	4,21 ± 0,36	4,48 ± 0,39	+0,27	+6,4
КГ	4,19 ± 0,33	4,27 ± 0,35	+0,08	+1,9

5. Динаміка частоти серцевих скорочень після виконання тесту 6×50 м наведена табл.

Таблиця 5

Динаміка частоти серцевих скорочень (уд·хв⁻¹) після максимального навантаження (M ± SD)

Група	До експерименту	Після експерименту	Δ (уд·хв ⁻¹)	Δ (%)
ЕГ	191,4 ± 5,2	184,6 ± 4,9	-6,8	-3,6
КГ	190,8 ± 5,5	188,9 ± 5,1	-1,9	-1,0

Отримані результати відображають кількісні зміни показників анаеробної працездатності та функціонального стану плавців у межах проведеного експериментального циклу.

Обговорення

Інтерпретація результатів. Отримані результати свідчать про суттєве покращення показників анаеробної працездатності у плавців експериментальної групи після застосування інтервального гіпоксичного тренування (ІНТ). Збільшення пікової та середньої потужності за результатами Wingate-тесту, зниження індексу втоми, а також покращення результатів спринтерських дистанцій і повторних інтервальних зусиль відображають комплексні адаптаційні зміни енергетичних систем організму.

Підвищення пікової потужності (+12,3 %) можна пояснити активацією фосфагенної енергетичної системи та збільшенням здатності м'язових волокон швидкого типу (тип II) до мобілізації аденозинтрифосфату (АТФ) в умовах дефіциту кисню. Інтервальна гіпоксія стимулює посилення активності ключових ферментів анаеробного гліколізу (фосфофруктокінази, лактатдегідрогенази), що сприяє більш ефективному енергозабезпеченню під час короткотривалих максимально інтенсивних зусиль.

Зростання середньої потужності (+9,9 %) та зменшення індексу втоми (-10,3 %) вказують на підвищення толерантності до метаболічного ацидозу та покращення буферних властивостей м'язової тканини. Гіпоксичний стимул активує транскрипційні фактори, зокрема HIF-1α, що запускають каскад адаптацій, спрямованих на підвищення ефективності використання енергетичних субстратів та оптимізацію роботи гліколітичної системи.

Покращення результатів на дистанціях 25–100 м (до -4,9 %) пов'язане з поєднаним впливом зростання анаеробної потужності та вдосконалення нейром'язової координації в умовах повторного гіпоксичного навантаження. Регулярне виконання інтервальних вправ із обмеженим доступом кисню сприяє формуванню більш економічної техніки рухів та оптимізації темпу гребкових циклів при високій інтенсивності.

Суттєве зменшення різниці між першим і шостим повтором у тесті 6×50 м (-34,2 %) свідчить про покращення здатності до підтримання високої швидкості у серії повторних зусиль. Це може бути зумовлено підвищенням швидкості ресинтезу фосфокреатину та ефективнішим відновленням між інтервалами, що є характерною адаптацією до інтервального режиму навантаження.

Збільшення життєвої ємності легень (+6,4 %) та зниження частоти серцевих скорочень після максимального навантаження (-3,6 %) відображають позитивні зміни у функціонуванні кардіореспіраторної системи. Гіпоксичне тренування сприяє підвищенню ефективності вентиляційної відповіді та економізації серцевої діяльності,

що опосередковано впливає на здатність організму витримувати високі анаеробні навантаження.

Таким чином, отримані результати узгоджуються з фізіологічними закономірностями адаптації організму до повторної гіпоксії та високої інтенсивності навантажень. Інтервальне гіпоксичне тренування формує специфічні метаболічні, нейром'язові та кардіореспіраторні адаптації, які комплексно забезпечують зростання анаеробної працездатності плавців на етапі спеціалізованої базової підготовки.

Порівняння з іншими дослідженнями. Отримані в нашому дослідженні дані щодо підвищення показників анаеробної працездатності та спортивної продуктивності плавців після інтервального гіпоксичного тренування (ІНТ) загалом узгоджуються з результатами низки іноземних досліджень, але містять і певні відмінності, що обумовлені специфікою вибірки, структурою тренувальних протоколів та вимірюваними показниками.

По-перше, результати нашого експерименту щодо покращення анаеробної здатності та швидкісних показників плавців знаходять підтвердження у роботі Czuba та співавт. [5], де після застосування високої інтенсивності ІНТ у плавців спостерігали істотне покращення анаеробної продуктивності та результатів на дистанціях 100 м і 200 м порівняно з тренуванням у нормоксії, хоча гематологічні показники і VO_{2max} суттєво не змінювалися.

По-друге, дані щодо покращення анаеробних компонентів продуктивності узгоджуються з іншими експериментальними та оглядовими матеріалами, які показують, що ІНТ сприяє підвищенню швидкості ресинтезу креатину, активності гліколітичних ферментів та здатності до максимальних інтенсивних зусиль, незалежно від значної зміни аеробних параметрів [5].

Разом з тим існують дослідження, що відрізняються за профілем тренувальних впливів і результатами. Наприклад, у роботі В. Головкиної, Ю. Фурмана [1] застосування елементів ІНТ у поєднанні з аквафітнесом у юних плавців призводило не лише до поліпшення об'ємних показників зовнішнього дихання, але й до позитивних змін у структурі дихальної функції, що не завжди прямо корелює з показниками анаеробної потужності.

Ці відмінності можуть бути пояснені контекстом досліджень:

- у роботах, де досліджували вплив ІНТ у поєднанні з додатковими фізичними навантаженнями (наприклад, аквафітнес), акцент робився не лише на анаеробні механізми, а й на загальну фізичну підготовленість та функціональний стан дихальної системи;

- у Czuba і співавт. та аналогічних роботах підкреслено, що ефекти ІНТ на анаеробні показники можуть бути більш вираженими, ніж на кардіореспіраторні, і залежати від інтенсивності, тривалості та частоти гіпоксичних стимулів [5];

- відмінності у вікових групах та тренувальному статусі (дорослі треновані спортсмени проти юних плавців) також здатні впливати на ступінь адаптацій, оскільки фізіологічна пластичність і первинний рівень фізичної підготовки різні у цих групах, що впливає на відповіді організму на гіпоксичне навантаження [1].

Отже, збіг частковий, а відмінності пояснюються специфікою досліджуваних показників, вибірки та методикою застосування гіпоксичних протоколів. Наша робота

розширює існуючі наукові висновки, доповнюючи їх даними щодо специфічних анаеробних показників у контексті спеціалізованої базової підготовки плавців, що є важливим для практичної реалізації ІНТ у спортивному тренуванні.

Наукова новизна (розгорнуто). Наукова новизна дослідження полягає у теоретичному обґрунтуванні та експериментальному підтвердженні ефективності застосування інтервального гіпоксичного тренування для підвищення анаеробної працездатності плавців на етапі спеціалізованої базової підготовки.

Вперше експериментально встановлено особливості впливу інтервального гіпоксичного тренування на комплекс показників анаеробної працездатності плавців підліткового віку на етапі спеціалізованої базової підготовки. Отримано нові дані щодо позитивної динаміки пікової та середньої анаеробної потужності, здатності до виконання повторних інтервальних зусиль, а також специфічної швидкісної витривалості на дистанціях 25–100 м у результаті застосування гіпоксичних навантажень у структурі тренувального процесу.

Вперше визначено характер адаптаційних змін кардіореспіраторної системи плавців у відповідь на інтервальне гіпоксичне тренування в умовах спеціалізованої базової підготовки, що проявляється у покращенні функціональних показників зовнішнього дихання та економізації серцевої діяльності під час виконання повторних спринтерських навантажень.

Удосконалено методичні підходи до застосування інтервального гіпоксичного тренування у підготовці плавців шляхом обґрунтування оптимального поєднання гіпоксичних інтервалів із вправами високої інтенсивності, що забезпечує більш ефективний розвиток анаеробних енергетичних механізмів без надмірного збільшення загального тренувального навантаження.

Удосконалено систему контролю ефективності тренувального процесу плавців шляхом використання комплексу функціональних та спортивних тестів, що дозволяють об'єктивно оцінювати зміни анаеробної продуктивності та рівень адаптації організму до гіпоксичних навантажень.

Набуло подальшого розвитку наукове положення про роль гіпоксичних стимулів у формуванні спеціальної працездатності спортсменів водних видів спорту, зокрема уточнено взаємозв'язок між адаптаційними змінами енергетичних систем м'язової діяльності та показниками швидкісної витривалості плавців.

Набуло подальшого розвитку теоретичне обґрунтування використання інтервальних методів тренування в умовах обмеженого доступу кисню як ефективного засобу формування спеціальної фізичної підготовленості на етапі спеціалізованої базової підготовки спортсменів.

Практичне значення (розгорнуто). Практичне значення дослідження полягає у можливості цілеспрямованого впровадження інтервального гіпоксичного тренування (ІНТ) у систему підготовки плавців на етапі спеціалізованої базової підготовки з метою підвищення анаеробної працездатності та спортивної результативності на спринтерських і середніх дистанціях.

Отримані результати можуть бути використані:

- тренерами з плавання – для корекції структури мікро- та мезоциклів підготовки, включення гіпоксичних інтервалів у тренувальний процес та оптимізації співвідношення навантаження і відновлення;

- методистами спортивних шкіл та ДЮСШ – для розроблення програм спеціальної фізичної підготовки з урахуванням вікових та функціональних особливостей спортсменів 14–17 років;

- науково-методичними відділами спортивних федерацій – для удосконалення нормативних рекомендацій щодо використання гіпоксичних технологій у підготовці резерву;

- фахівцями зі спортивної фізіології та лікарями спортивної медицини – для оцінки адаптаційних реакцій організму спортсменів на гіпоксичні навантаження та контролю функціонального стану.

На основі результатів дослідження можуть бути прийняті такі практичні рішення:

1. Інтеграція інтервального гіпоксичного тренування у структуру спеціалізованої базової підготовки як засобу розвитку анаеробної потужності та швидкісної витривалості без суттєвого збільшення загального обсягу тренувальної роботи.

2. Оптимізація параметрів навантаження (тривалість інтервалів, інтенсивність, кількість повторень, інтервали відпочинку) з метою досягнення максимального ефекту в розвитку анаеробних механізмів енергозабезпечення.

3. Використання комплексу тестів (Wingate, 6×50 м, спринтерські дистанції) як інструменту моніторингу ефективності тренувального процесу та оперативного контролю рівня спеціальної працездатності.

4. Планування підготовки до змагального періоду, зокрема для дистанцій 50–100 м, із урахуванням встановленого позитивного впливу ІНТ на здатність підтримувати високу швидкість у серії повторних зусиль.

Практична цінність роботи також полягає у тому, що запропонований підхід може бути адаптований до інших циклічних видів спорту з вираженим анаеробним компонентом (веслування, біг на короткі дистанції, велоспорт), з урахуванням специфіки змагальної діяльності.

Результати дослідження створюють науково обґрунтовану основу для вдосконалення тренувального процесу плавців підліткового віку та можуть бути безпосередньо впроваджені у практику спортивної підготовки.

Висновки

Встановлено, що застосування інтервального гіпоксичного тренування у структурі спеціалізованої базової підготовки плавців 14–17 років достовірно підвищує показники анаеробної працездатності, що проявляється у зростанні пікової та середньої потужності за результатами Wingate-тесту та зниженні індексу втоми порівняно з традиційною тренувальною програмою.

Доведено, що використання гіпоксичних інтервалів сприяє покращенню специфічної швидкісної підготовленості, що підтверджується скороченням часу подолання дистанцій 25 м, 50 м і 100 м та підвищенням здатності підтримувати високу швидкість у серії повторних зусиль (6×50 м).

Встановлено позитивний вплив інтервального гіпоксичного тренування на функціональний стан кардіореспіраторної системи, що проявляється у збільшенні

життєвої ємності легень та зниженні частоти серцевих скорочень після виконання максимального навантаження.

Підтверджено, що включення інтервального гіпоксичного тренування до програми спеціалізованої базової підготовки забезпечує більш виражений приріст показників анаеробної продуктивності порівняно з традиційною системою тренування без суттєвого збільшення загального обсягу навантаження.

Таким чином, мету дослідження досягнуто: експериментально обґрунтовано ефективність інтервального гіпоксичного тренування як засобу підвищення анаеробної працездатності плавців на етапі спеціалізованої базової підготовки.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні довгострокових ефектів інтервального гіпоксичного тренування в межах річного циклу підготовки, уточненні оптимальних параметрів гіпоксичного навантаження для різних вікових груп та дослідженні механізмів метаболічної адаптації спортсменів у водному середовищі.

Список використаних джерел

1. Головкина В., Фурман Ю. Вплив занять плаванням із застосуванням елементів аквафітнесу й інтервального гіпоксичного тренування на функцію зовнішнього дихання дівчат 11–12 років. Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві. 2019. № 2(46). С. 99–104. DOI: <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2019-02-99-104>

2. Пенчук А., Вовканич Л. Вплив інтервального гіпоксично-гіперкапічного тренування на параметри гемодинаміки спортсменів-орієнтувальників. Молода спортивна наука України : зб. тез доп. Львів, 2018. Вип. 22, т. 3. С. 69. URI: <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/17415>

3. Ambroży T., Maciejczyk M., Klimek A. T. et al. The effects of intermittent hypoxic training on anaerobic and aerobic power in boxers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17, No. 24. Art. 9361. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17249361>

4. Boulares A., Dupuy O., Bragazzi N. L. et al. Effects of intermittent hypoxia protocols on physical performance in trained and untrained individuals: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Sports Medicine – Open*. 2025. Vol. 11. Art. 145. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00933-7>

5. Czuba M., Wilk R., Karpiński J. et al. Intermittent hypoxic training improves anaerobic performance in competitive swimmers when implemented into a direct competition mesocycle. *PLoS One*. 2017. Vol. 12, No. 8. Art. e0180380. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180380>

6. Dorelli G., Giuriato G., Zamboni G. et al. Aerobic intermittent hypoxic training is not beneficial for maximal oxygen uptake and performance: a systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2025. Vol. 35, No. 6. Art. e70088. DOI: <https://doi.org/10.1111/sms.70088>

7. Feng X., Zhao L., Chen Y. et al. Optimal type and dose of hypoxic training for improving maximal aerobic capacity in athletes: a systematic review and Bayesian model-based network meta-analysis. *Frontiers in Physiology*. 2023. Vol. 14. Art. 1223037. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1223037>

8. Fernández-Lázaro D. et al. Electromyography: A simple and accessible tool to assess physical performance and health during hypoxia training. A systematic review. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, No. 21. Art. 9137. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12219137>

9. Han M., Liu B. A multilevel meta-analysis of the effects of repeated sprint training in hypoxia on athletic performance. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2025. Vol. 7. Art. 1641379. DOI: <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1641379>

10. Kim S. W., Jung W. S., Kim J. W. et al. Aerobic continuous and interval training under hypoxia enhances endurance exercise performance with hemodynamic and autonomic nervous system function in amateur male swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18, No. 8. Art. 3944. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18083944>

11. Kong Z., Lei O. K., Sun S. et al. Hypoxic repeated sprint interval training improves cardiorespiratory fitness in sedentary young women. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2022. Vol. 20. P. 100–107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.01.005>

12. Maciejczyk M., Pałka T., Więcek M. et al. The effects of intermittent hypoxic training on anaerobic performance in young men. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, No. 2. Art. 676. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14020676>

13. Maciejczyk M., Pałka T., Więcek M., Szygula Z. Effects of concurrent heat and hypoxic training on cycling anaerobic capacity in men. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14, No. 1. Art. 22879. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74686-w>

14. Scott B. R., Goods P. S., Slattery K. M. High-intensity exercise in hypoxia: is increased reliance on anaerobic metabolism important? *Frontiers in Physiology*. 2016. Vol. 7. Art. 637. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00637>

15. Tominec D., Debevec T. Sprint interval training in hypoxia and exercise performance: a short review. *Kinesiologia Slovenica*. 2023. Vol. 29, No. 2. P. 17–39. DOI: <https://doi.org/10.52165/kinsi.29.2.17-39>

References

1. Holovkina, V., & Furman, Y. (2019). Vplyv zaniat plavanniam iz zastosuvanniam elementiv akvafitnesu y intervalnoho hipoksychnoho trenuvannia na funktsiiu zovnishnoho dykhannia divchat 11–12 rokiv [Influence of swimming lessons using elements of aquafitness and intermittent hypoxic training on external respiration function of 11–12-year-old girls]. *Physical Education, Sport and Health Culture in Modern Society*, 2(46), 99–104. <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2019-02-99-104>

2. Penchuk, A., & Vovkanych, L. (2018). Vplyv intervalnoho hipoksychno-hiperkapnichnoho trenuvannia na parametry hemodynamiky sportsmeniv-orientuvalnykiv [Influence of intermittent hypoxic-hypercapnic training on hemodynamic parameters of orienteering athletes]. In *Moloda sportyvna nauka Ukrainy* (Vol. 22, Issue 3, p. 69). <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/17415>

3. Ambroży, T., Maciejczyk, M., Klimek, A. T., Wiecha, S., Stanula, A., Snopkowski, P., Pałka, T., Jaworski, J., Ambroży, D., Rydzik, Ł., & Cynarski, W. (2020). The effects of intermittent hypoxic training on anaerobic and aerobic power in boxers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), 9361. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249361>

4. Boulares, A., Dupuy, O., Bragazzi, N. L., et al. (2025). Effects of intermittent hypoxia protocols on physical performance in trained and untrained individuals: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Sports Medicine – Open*, 11, 145. <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00933-7>

5. Czuba, M., Wilk, R., Karpiński, J., Chalimoniuk, M., Zajac, A., & Langfort, J. (2017). Intermittent hypoxic training improves anaerobic performance in competitive swimmers when implemented into a direct competition mesocycle. *PLoS One*, 12(8), e0180380. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180380>

6. Dorelli, G., Giuriato, G., Zamboni, G., et al. (2025). Aerobic intermittent hypoxic training is not beneficial for maximal oxygen uptake and performance: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 35(6), e70088. <https://doi.org/10.1111/sms.70088>

7. Feng, X., Zhao, L., Chen, Y., Wang, Z., Lu, H., & Wang, C. (2023). Optimal type and dose of hypoxic training for improving maximal aerobic capacity in athletes: A systematic review and

Bayesian model-based network meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 14, 1223037. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1223037>

8. Fernández-Lázaro, D., et al. (2020). Electromyography: A simple and accessible tool to assess physical performance and health during hypoxia training. A systematic review. *Sustainability*, 12(21), 9137. <https://doi.org/10.3390/su12219137>

9. Han, M., & Liu, B. (2025). A multilevel meta-analysis of the effects of repeated sprint training in hypoxia on athletic performance. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1641379. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1641379>

10. Kim, S. W., Jung, W. S., Kim, J. W., Nam, S. S., & Park, H. Y. (2021). Aerobic continuous and interval training under hypoxia enhances endurance exercise performance with hemodynamic and autonomic nervous system function in amateur male swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 3944. <https://doi.org/10.3390/ijerph18083944>

11. Kong, Z., Lei, O. K., Sun, S., Li, L., Shi, Q., & Zhang, H. (2022). Hypoxic repeated sprint interval training improves cardiorespiratory fitness in sedentary young women. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 20, 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.01.005>

12. Maciejczyk, M., Pałka, T., Więcek, M., Masel, S., & Szygula, Z. (2024). The effects of intermittent hypoxic training on anaerobic performance in young men. *Applied Sciences*, 14(2), 676. <https://doi.org/10.3390/app14020676>

13. Maciejczyk, M., Pałka, T., Więcek, M., & Szygula, Z. (2024). Effects of concurrent heat and hypoxic training on cycling anaerobic capacity in men. *Scientific Reports*, 14, 22879. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74686-w>

14. Scott, B. R., Goods, P. S., & Slattery, K. M. (2016). High-intensity exercise in hypoxia: Is increased reliance on anaerobic metabolism important? *Frontiers in Physiology*, 7, 637. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00637>

15. Tominec, D., & Debevec, T. (2023). Sprint interval training in hypoxia and exercise performance: A short review. *Kinesiology Slovenica*, 29(2), 17–39. <https://doi.org/10.52165/kinsi.29.2.17-39>