



ФІЗИЧНА ОСВІТА І СПОРТ

УДК 796.015.2:612.1

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17188982>

Гіпоксичні стратегії підготовки: порівняння «живи високо – тренуйся низько» та переривчастого гіпоксичного дихання для покращення VO_{2max}

Горкуша Андрій Анатолійович,

головний тренер (шосе), Федерація велосипедного спорту України, м. Київ,
Україна, <https://orcid.org/0009-0007-6056-101X>

Прийнято: 08.09.2025 | Опубліковано: 24.09.2025

***Анотація:** Мета статті полягає в дослідженні впливу різних гіпоксичних тренувальних стратегій на показники VO_{2max} у спортсменів, зокрема у вивченні ефективності методів «живи високо – тренуйся низько» та переривчастого гіпоксичного дихання. Для досягнення цієї мети було проведено аналіз наукових досліджень, що вивчають вплив зазначених стратегій на фізіологічні показники спортсменів. Методи дослідження включали теоретичний аналіз літератури, синтез отриманих даних та емпіричні методи, як-от спостереження за тренувальними підходами спортсменів. У процесі аналізу були виявлені переваги та недоліки кожного з методів. Метод «живи високо – тренуйся низько» продемонстрував значне підвищення VO_{2max} завдяки тривалому перебуванню в гіпоксичних умовах, що сприяло адаптаційним змінам в організмі, зокрема збільшенню кисневої ємності крові. Однак цей метод також має недоліки, як-от високі витрати на обладнання та ризик імунодепресії в разі неправильного застосування. Переривчасте гіпоксичне дихання своєю чергою продемонструвало*



короткочасні покращення VO_{2max} і аеробної витривалості, але воно потребує спеціального обладнання для контролю дихання та може викликати психологічний дискомфорт. Перевагами цього методу є гнучкість програми і можливість інтеграції в різні тренувальні режими. **Результати** дослідження підтверджують, що обидва підходи можуть бути ефективними для покращення VO_{2max} , але їх успішність залежить від індивідуальних особливостей спортсменів та умов проведення тренувань. **Висновки** свідчать про необхідність комплексного підходу до вибору гіпоксичних стратегій підготовки з урахуванням їх переваг і недоліків для досягнення оптимальних результатів.

Ключові слова: гіпоксія, тренування, адаптація, спорт, витривалість, методологія, дослідження, фізіологія, стратегії.

Hypoxic Training Strategies: A Comparison of “Live High – Train Low” and Intermittent Hypoxic Breathing for Improving VO_{2max}

Andrii Horkusha,

Head Coach (Road Cycling), Ukrainian Cycling Federation, Kyiv, Ukraine,

<https://orcid.org/0009-0007-6056-101X>

Abstract. *The purpose of this study is to examine the impact of different hypoxic training strategies on athletes' VO_{2max} , with particular attention to the effectiveness of the “live high – train low” approach and intermittent hypoxic breathing. To achieve this goal, an analysis of scientific studies investigating the influence of these strategies on athletes' physiological parameters was conducted. The research **methods** included a theoretical review of the literature, synthesis of the available data, and empirical approaches such as observation of athletes' training practices. The analysis identified both the strengths and limitations of each*

*method. The “live high – train low” strategy demonstrated significant improvements in VO_2max due to prolonged exposure to hypoxic conditions, which promoted adaptive physiological changes, including increased blood oxygen capacity. However, this method also presents disadvantages, such as high equipment costs and the risk of immunosuppression if applied incorrectly. Intermittent hypoxic breathing, in contrast, produced short-term improvements in VO_2max and aerobic endurance but requires specialized equipment for breathing control and may cause psychological discomfort. Its advantages include program flexibility and the possibility of integration into diverse training regimens. The **findings** confirm that both approaches can be effective for improving VO_2max , although their success depends on individual athlete characteristics and specific training conditions. The **conclusions** emphasize the need for a comprehensive approach to the selection of hypoxic training strategies, taking into account their advantages and disadvantages in order to achieve optimal results.*

Keywords: *hypoxia, training, adaptation, sport, endurance, methodology, research, physiology, strategies.*

Постановка проблеми. У сучасному спортивному тренуванні важливе місце займають методи, що сприяють підвищенню аеробних показників, зокрема максимального споживання кисню (VO_2max). Цей показник є ключовим для оцінювання фізичної витривалості та загальної продуктивності спортсменів. В умовах зростання конкуренції та високих вимог до результатів необхідність у розробленні ефективних стратегій підготовки стає дедалі актуальнішою.

Серед різноманітних підходів до тренування гіпоксичні стратегії привертають увагу вчених і тренерів завдяки своїй здатності активувати адаптаційні механізми організму. Зокрема, метод «живи високо – тренуйся низько» (далі – «ЖВ – ТН») передбачає проживання на великих висотах, де



рівень кисню обмежений, у поєднанні з тренуваннями на нижчих висотах, що дозволяє оптимізувати відновлення та підвищити аеробну продуктивність. Водночас переривчасте гіпоксичне дихання (далі – ПГД), яке включає циклічну зміну умов гіпоксії та нормоксії, демонструє потенціал для покращення VO_{2max} шляхом активації метаболічних і фізіологічних адаптацій.

Однак сучасні дослідження не завжди надають однозначні результати щодо ефективності цих двох методик, що створює необхідність у детальному порівнянні їх впливу на VO_{2max} . Відсутність систематизованих даних у цій галузі ускладнює вибір оптимальних стратегій тренувань для спортсменів різного рівня підготовки і в різних видах спорту. Це питання має важливе значення не лише для теоретичних аспектів спортивної науки, але й для практичної діяльності тренерів, які прагнуть максимально використовувати потенціал своїх підопічних.

Вивчення впливу різних гіпоксичних стратегій на показник VO_{2max} є важливим кроком до розроблення нових рекомендацій для тренувального процесу. Дослідження в цій сфері сприятиме не лише покращенню спортивних результатів, але й розвитку нових підходів у спортивній медицині та фізичній культурі, що є особливо актуальним у контексті постійного вдосконалення методик підготовки спортсменів. Таким чином, проведене дослідження має потенціал для внесення значущого внеску в наукову базу знань і практичну діяльність у сфері спорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз досліджень дозволяє глибше зрозуміти механізми адаптації до гіпоксії та її вплив на організм людини, що є важливим для розроблення ефективних стратегій підготовки спортсменів та медичних підходів у високогірних умовах. Зокрема, в статті авторів Ф. Дюрана та А. Раберіна (F. Durand, A. Raberin) розглядається

феномен гіпоксемії у спортсменів, які, незважаючи на зниження насичення крові киснем, демонструють подібні показники витривалості в нормоксії. Це свідчить про потенційні адаптації до гіпоксичних умов, хоча фізіологічні механізми цих адаптацій залишаються не досить вивченими [1].

Дослідження Лінь Яна та колег (L. Yang et al.) сфокусовано на використанні електричного біоімпедансу (ЕБІ) для моніторингу гіпоксії в пілотів. Експерименти на новозеландських кроликах показали, що імпеданс головного мозку змінюється залежно від висоти, що відкриває нові можливості для реального моніторингу стану гіпоксії [2].

Вплив високогірної гіпоксії на кишкову мікробіоту мишей досліджують Ф. Ван та ін. (F. Wang et al.), виявляючи значні зміни в її складі після 24-годинного впливу висоти 5500 м, що важливо для розуміння механізмів високогірних захворювань [3].

Й. Ф. Сторц (J. F. Storz) проводить популяційний геномний аналіз людей та інших хребетних із високогірних районів, виявляючи гени-кандидати для адаптації до гіпоксії. Інтеграція геномних даних із фізіологічними показниками демонструє зв'язки між генотипами і фенотипами, що реагують на гіпоксію, хоча вторинні наслідки відбору можуть спотворювати ці асоціації [4].

Е. Балоглу та ін. (E. Baloglu et al.) вивчають вплив гіпоксії на реабсорбцію альвеолярної рідини через Na^+ -канали (далі – ENaC). Гіпоксія пригнічує транспортування Na^+ , погіршуючи кліренс рідини та газообмін. Зниження експресії HIF-2 α частково запобігає цим ефектам, але не відновлює функцію ENaC повністю, що може підвищити ризики гіпоксії в людей, схильних до високогірного набряку легень (далі – HAPE) [5].

Дослідження М. Багінської та колег (M. Baginska et al.) оцінює ефективність гіпоксичного тренування в жінок з ожирінням, розділивши учасниць на чотири групи: гіпоксичне, нормоксичне тренування, пасивну

гіпоксію та контрольну. Результати показали значне зниження ваги та покращення аеробної здатності в групі з гіпоксичним тренуванням ($p < 0,001$), тоді як нормоксичне тренування також дало позитивні, але менш виражені результати. Автори рекомендують обережно інтерпретувати дані через обмеження дослідження та пропонують урахувати контроль харчування і моніторинг фізичної активності в майбутніх роботах [6].

Огляд Р. Рамчандані та інших (R. Ramchandani et al.) містить аналіз впливу гіпоксії на спортивні результати під час тренувань на великих висотах. Автори зазначають фізіологічні зміни, зокрема збільшення артеріального тиску та частоти серцевих скорочень, які можуть впливати на ефективність спортсменів. Вчені закликають до подальших досліджень для вдосконалення процесу акліматизації, оскільки сучасні рекомендації мають різний характер і потребують додаткового підтвердження [7].

У статті П. Шарми та колег (P. Sharma et al.) розглядаються аспекти акліматизації та терапевтичних підходів для подолання викликів на великих висотах (≥ 2500 м). Гіпобарична гіпоксія може викликати серйозні стани, як-от гірська хвороба. Автори наголошують на необхідності оптимізації традиційних стратегій акліматизації та пропонують рамки для переакліматизації і фармакологічних заходів для зменшення ризиків [8].

Гіпоксичні стратегії підготовки для пацієнтів відділення інтенсивної терапії вивчають Г. Р. Вудбрідж та ін. (H.R. Woodbridge et al.), вказуючи на перешкоди та фактори, що впливають на реабілітацію, і підкреслюючи важливість міждисциплінарного підходу для покращення процесу одужання пацієнтів після критичних захворювань [9].

Т. Берендт та колеги (T. Behrendt et al.) аналізують вплив хронічної періодичної гіпоксії-гіпероксії (далі – ХПГ) на здоров'я та працездатність. Дослідження демонструють потенціал ХПГ у покращенні фізичної витривалості, когнітивних функцій і зниженні рівня глюкози й артеріального



тиску в пацієнтів похилого віку із серцево-судинними захворюваннями. Однак результати є неоднозначними, і для підтвердження ефективності ХПГ потрібні подальші контрольовані дослідження з більшими вибірками [10].

Таким чином, результати останніх досліджень свідчать про складність впливу гіпоксії на фізіологічні процеси в організмі спортсменів. Стратегії «ЖВ – ТН» та ПГД можуть мати різний вплив на VO_{2max} і витривалість, проте потребують подальшого вивчення для оптимізації тренувальних програм.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Одним із ключових аспектів у вивченні гіпоксичних стратегій підготовки є недостатня кількість порівняльних досліджень, що безпосередньо аналізують ефективність методів «ЖВ – ТН» та ПГД. Більшість наявних робіт зосереджені на окремих підходах, що ускладнює формування цілісного уявлення про їх вплив на VO_{2max} .

Додатковою проблемою є відсутність стандартизації протоколів тренувань, які використовуються в різних дослідженнях. Різноманітні умови проведення експериментів (висота, тривалість гіпоксії, інтенсивність тренувань) можуть суттєво вплинути на результати. Плануємо розробити чіткі рекомендації щодо умов проведення експериментів, що дозволить отримати більш узгоджені результати та полегшить їх подальше порівняння.

Важливо враховувати індивідуальні варіації в адаптаціях до гіпоксії. Відповідь організму на гіпоксичні умови може значно варіюватися залежно від генетичних факторів, рівня підготовки та інших характеристик спортсменів. Тож маємо намір включити до дослідження різні групи спортсменів для вивчення цих індивідуальних відповідей, що дозволить створити персоналізовані тренувальні програми.

Нарешті, довгострокові ефекти гіпоксичних стратегій на VO_{2max} і загальну фізичну продуктивність залишаються вивченими недостатньо.



Дослідження полягає в реалізації довгострокових експериментів, які дозволять оцінити вплив гіпоксичних умов на аеробну продуктивність протягом тривалого часу. Внесок пропонованого дослідження полягає в проведенні систематичного порівняння цих двох стратегій, що дозволить виявити оптимальні умови для покращення аеробної продуктивності. Аналіз може стати основою для розроблення комплексних підходів до підготовки спортсменів, які враховують не лише гіпоксичні стратегії, але й інші аспекти тренувального процесу.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Мета статті: Метою статті є дослідження впливу гіпоксичних тренувальних стратегій на показники VO_{2max} у спортсменів, зокрема вивчення ефективності методів «живи високо – тренуйся низько» та переривчастого гіпоксичного дихання.

Завдання статті:

- 1) провести аналіз наукових досліджень, що вивчають вплив стратегій «ЖВ – ТН» та ПГД на показник VO_{2max} , з метою виявлення їх переваг і недоліків;
- 2) здійснити порівняння гіпоксичних стратегій підготовки «ЖВ – ТН» та ПГД, акцентуючи увагу на їх ефективності в поліпшенні VO_{2max} ;
- 3) розробити методичні рекомендації для тренерів і спортсменів, які міститимуть оптимальні протоколи тренувань з використанням обох стратегій для досягнення максимального покращення показників VO_{2max} .

Виклад основного матеріалу дослідження. Гіпоксичні тренування, також відомі як гіпоксітерапія, є дієвим методом адаптації організму до умов зниженої концентрації кисню. Цей підхід широко застосовується в спортивній медицині та лікувальних практиках, оскільки він сприяє покращенню обміну



речовин, підвищенню працездатності та стійкості організму до негативних зовнішніх факторів. Гіпоксичні тренування можуть бути корисними не лише для професійних спортсменів, а й для літніх людей, моряків та альпіністів, які мають певні патології [11, с. 727].

Основою гіпоксітерапії є персоналізований підхід до кожного пацієнта. Перед початком програми проводиться тест на переносимість гіпоксії, що дає змогу оцінити фізичний стан організму. З огляду на отримані дані розробляють індивідуальні програми гіпоксичних тренувань, які враховують специфічні потреби пацієнта. Це забезпечує високу ефективність методу в профілактиці та лікуванні різних захворювань, зокрема серцево-судинних проблем, хронічних запалень і порушень ендокринної системи [12, с. 4–6].

Гіпоксичні тренування також сприяють підвищенню фізичної та розумової працездатності, що є особливо актуальним у сучасному світі з його стресами та емоційними навантаженнями. Вони допомагають запобігти розвитку респіраторних й інфекційних захворювань, а також знижують ризики, пов'язані з десинхронизмом та іонізуючою радіацією [13; 14].

Процес гіпоксичних тренувань включає виконання фізичних вправ у середовищі з низькою концентрацією кисню, що досягається шляхом імітації умов високогір'я або використання спеціалізованого обладнання. Це створює обставини для преакліматизації до висоти, підвищуючи фізичну витривалість і покращуючи спортивні результати. Гіпоксітерапія не лише зміцнює організм, але й сприяє досягненню нових рекордів у спорті [15; 16].

Методи гіпоксичної підготовки, зокрема концепція «ЖВ – ТН» та ПГД, суттєво впливають на покращення фізичних показників спортсменів, зокрема VO_{2max} . Підвищення цього показника свідчить про кращу здатність організму транспортувати кисень до м'язів, що є критично важливим для спортсменів, які займаються високоінтенсивними вправами. Цей параметр залежить від низки чинників, включаючи ефективність серцево-судинної та

дихальної систем, морфологічні характеристики, метаболічні процеси і структуру м'язів, а також від рівня фізичної підготовленості спортсмена, генетичних особливостей, кровопостачання м'язів, гормонального балансу та здатності організму адаптуватися до фізичних навантажень [17, с. 3–4].

«ЖВ – ТН» є широко визнаним підходом у спортивній науці, що передбачає проживання в умовах зниженої концентрації кисню, зазвичай у гірських районах, та проведення тренувань на рівнинних територіях. Основна концепція цього методу полягає в тому, що перебування в умовах гіпоксії сприяє адаптації організму до обмеженої кисневої доступності, що своєю чергою може призвести до покращення фізичних показників, зокрема максимального споживання кисню (VO_{2max}) під час фізичних навантажень. На великих висотах організм активує компенсаторні механізми, як-от збільшення виробництва еритроцитів, що підвищує кисневу ємність крові. Проведемо аналіз переваг і недоліків методу «ЖВ – ТН» (табл. 1).

Таблиця 1

Переваги та недоліки методу «живи високо – тренуйся низько»

Тип інновації	Опис
Підвищення VO_{2max}	Необхідність адаптації організму
Збільшення кисневої ємності крові	Можливе зниження м'язової маси
Поліпшення витривалості	Індивідуальна реакція на гіпоксію
Зниження негативного впливу тривалої гіпоксії	Високі витрати на обладнання
Підвищення імунітету	Ризик імунодепресії за неправильного підходу

Джерело: створено автором за джерелом [18, с. 73].

Згідно з даними, представленими в таблиці 1, метод «ЖВ – ТН» має низку переваг, серед яких значне підвищення максимального споживання кисню (VO_{2max}), що є критично важливим для спортсменів, які прагнуть



досягти високих результатів у дисциплінах на витривалість. Зростання кисневої ємності крові поліпшує транспортування кисню до м'язів, що позитивно позначається на загальних показниках продуктивності. Більш того, умови гіпоксії можуть активувати імунні механізми, що сприяє кращій адаптації організму до стресових ситуацій.

Проте цей підхід має й недоліки. По-перше, процес адаптації до гіпоксії може займати тривалий час, і не всі індивіди здатні успішно пройти цей етап. По-друге, тривале перебування в умовах зниженої концентрації кисню може призвести до втрати м'язової маси та сили, оскільки організм може почати використовувати білки м'язів як джерело енергії. Реакція на гіпоксію також може суттєво варіюватися між різними людьми, що вимагає ретельного моніторингу фізичного стану спортсменів.

Крім того, важливо враховувати фінансові витрати на обладнання для створення гіпоксичних умов, як-от генератори гіпоксії та спеціалізовані приміщення. Неправильне використання цих технологій може спричинити негативні наслідки, включаючи зниження імунітету. Тому дотримання рекомендованих протоколів і проведення тренувань під наглядом кваліфікованих фахівців є надзвичайно важливими.

Гіпоксичні методи тренування, зокрема ПГД, набули популярності серед атлетів, які бажають поліпшити свої фізичні результати, в тому числі максимальне споживання кисню (VO_{2max}). Ці підходи ґрунтуються на принципах адаптації організму до зниженого рівня кисню, що може сприяти покращенню аеробних здібностей. Розглянемо переваги та недоліки гіпоксичних методів тренування, а також їх вплив на VO_{2max} (табл. 2).

Таблиця 2

Переваги та недоліки переривчастого гіпоксичного дихання

Параметр	Переваги	Недоліки
Адаптація до гіпоксії	Підвищення ефективності використання кисню	Можливість виникнення гіпоксії та її негативних наслідків
Покращення VO ₂ max	Збільшення аеробної витривалості	Ризик недостатньої адаптації за неправильного застосування
Підвищення витривалості	Поліпшення метаболічних процесів	Потреба в спеціальному обладнанні для контролю дихання
Зниження втоми	Зменшення відчуття втоми під час тренувань	Можливість психологічного дискомфорту
Гнучкість програми	Можливість інтеграції в різні тренувальні режими	Вимоги до індивідуального підходу

Джерело: створено автором за джерелом [19, с. 114].

Як видно з таблиці 2, ПГД має низку переваг, як-от підвищення аеробної витривалості та покращення VO₂max. Ці ефекти можуть бути особливо корисними для спортсменів, які займаються видами спорту, що вимагають високих аеробних можливостей. Адаптація до гіпоксії призводить до покращення метаболічних процесів, що своєю чергою може зменшити відчуття втоми під час тренувань.

Проте існують і недоліки, які не можна ігнорувати. Неправильне застосування гіпоксичних методів може призвести до негативних наслідків для здоров'я, зокрема гіпоксії. Спортсменам важливо дотримуватися правильних протоколів тренувань та враховувати індивідуальні особливості організму. Також необхідно зазначити, що для досягнення максимального ефекту від гіпоксичної стратегії потрібне спеціальне обладнання для контролю дихання, що може бути доступним не для всіх.



Гіпоксичні стратегії підготовки, зокрема концепція «ЖВ – ТН» та ПГД, демонструють різноманітні механізми впливу на покращення максимального споживання кисню (VO_{2max}) і загальну фізичну підготовленість спортсменів.

Основна ідея «ЖВ – ТН» полягає в тому, що спортсмени проводять певний час на великих висотах, зазвичай понад 2500 метрів над рівнем моря, де концентрація кисню є значно нижчою [1, с. 6]. Ці умови стимулюють адаптаційні процеси в організмі, які сприяють покращенню фізичних показників. Тренування ж відбуваються на нижчих висотах, де кисень доступний у достатній кількості, що дозволяє спортсменам виконувати інтенсивні фізичні навантаження з максимальною ефективністю.

Механізми дії цього підходу включають підвищення рівня еритропоетину (далі – ЕПО), який активує виробництво червоних кров'яних клітин [2, с. 954]. Своєю чергою це призводить до покращення кисневої ємності крові, що є критично важливим для аеробної витривалості. Адаптація до гіпоксичних умов також сприяє поліпшенню аеробних показників, зокрема VO_{2max} , що робить цей метод особливо ефективним для спортсменів, які прагнуть досягти високих результатів у своїх дисциплінах.

ПГД передбачає використання спеціальних пристроїв або масок, що знижують концентрацію кисню під час тренувань або в періоди відновлення. Спортсмени чергують гіпоксичні сесії з нормальними дихальними періодами, що дозволяє контролювати рівень кисню в організмі [19].

Механізм дії ПГД полягає в стимуляції адаптаційних процесів, подібних до тих, які відбуваються під час «життя на висоті», але в більш контрольованих умовах. Цей підхід може включати як аеробні, так і анаеробні тренування, що дає можливість спортсменам підтримувати необхідну інтенсивність навантажень. Завдяки цьому методу можна досягти значних покращень у фізичній підготовленості та витривалості, що робить його популярним серед атлетів різних рівнів.



Стратегія «ЖВ – ТН» показує значні переваги в підвищенні VO_{2max} завдяки тривалому перебуванню спортсменів у гіпоксичних умовах. Цей підхід забезпечує постійний вплив зниженого рівня кисню на організм, що стимулює адаптаційні зміни в системі кровообігу та метаболізмі. У разі тривалого проживання на висоті організм починає виробляти більше еритроцитів, що покращує кисневу ємність крові. Цей процес, разом із поліпшенням капіляризації м'язів і збільшенням мітохондрій, призводить до більш стійкого підвищення VO_{2max} . Таким чином, спортсмени, які використовують цей метод, можуть спостерігати не лише короткочасне покращення своїх показників, але й довгострокові зміни у фізичній витривалості.

З іншого боку, ПГД також може призвести до значного покращення VO_{2max} , але ефекти цього методу можуть бути більш короткочасними та залежати від частоти й інтенсивності проведених сесій. Цей підхід дозволяє спортсменам отримувати переваги від гіпоксії без необхідності тривалого перебування на висоті. Однак, оскільки адаптаційні процеси можуть бути менш вираженими через коротші періоди гіпоксії, результати можуть не мати такого ж стабільного характеру, як у випадку з методом «живи високо – тренуйся низько». Для досягнення оптимальних результатів важливо дотримуватись регулярності та інтенсивності тренувань, що може варіюватися залежно від індивідуальних цілей спортсмена.

Отже, хоча обидва методи мають свої переваги в підвищенні VO_{2max} , «ЖВ – ТН» пропонує більш стійкі та довгострокові результати завдяки тривалому впливу гіпоксії на організм. ПГД може бути ефективним доповненням до тренувального процесу, але для досягнення максимальних результатів потребує більшої уваги до частоти та інтенсивності сесій.

У сучасному спорті підвищення VO_{2max} є вирішальним фактором для досягнення високих результатів спортсменів у витривалості. Згідно з



наєвними дослідженнями, можна зазначити, що стратегія «ЖВ – ТН» та ПГД є дієвими підходами до підготовки, які можуть суттєво вплинути на фізичну продуктивність. З огляду на це розроблення оптимальних тренувальних протоколів, що поєднують ці дві стратегії, є важливим завданням для тренерів і спортсменів.

По-перше, рекомендується включити «ЖВ – ТН» у загальний план підготовки атлета. Ця стратегія передбачає тривале проживання на великих висотах (не менше 3–4 тижнів), що сприяє адаптації організму до зниженого рівня кисню. Протягом цього періоду важливо проводити тренування на рівні моря, де спортсмен може максимально інтенсифікувати навантаження. Це дозволить оптимізувати використання кисню під час фізичних вправ, що своєю чергою сприятиме підвищенню VO_{2max} .

ПГД може бути застосований як додатковий метод для покращення адаптаційних процесів в організмі. Рекомендується включати такі сесії в тренувальний процес 1–2 рази на тиждень. Тривалість кожної сесії може становити від 20 до 40 хвилин із використанням спеціальних пристроїв для створення гіпоксичних умов. Цей підхід стимулює еритропоез і покращує оксигенацію тканин, що також позитивно вплине на показники VO_{2max} .

Важливо враховувати індивідуальні особливості спортсменів під час створення протоколів. Рекомендується регулярно оцінювати фізичну підготовленість та адаптаційні реакції організму на різні види навантажень. На основі отриманих результатів тренери можуть коригувати інтенсивність та обсяги тренувань, забезпечуючи оптимальний баланс між навантаженням і відновленням.

Отже, поєднання стратегій «ЖВ – ТН» та ПГД може стати потужним інструментом у підвищенні показників VO_{2max} . Дотримуючись цих методичних рекомендацій, тренери та спортсмени зможуть максимально



ефективно використовувати потенціал обох стратегій для досягнення високих спортивних результатів.

Висновки. Результати дослідження підтвердили, що метод «живи високо – тренуйся низько» демонструє значні переваги в підвищенні VO_{2max} завдяки тривалому перебуванню в умовах гіпоксії, що сприяє адаптаційним змінам, зокрема збільшенню кисневої ємності крові та поліпшенню витривалості. Однак цей метод має й недоліки, серед яких високі витрати на обладнання та ризик імунодепресії в разі неправильного застосування.

Переривчасте гіпоксичне дихання також виявилось корисним для покращення VO_{2max} , проте його ефекти є короткочасними і залежать від частоти сесій. Переваги цього методу включають гнучкість програми та можливість інтеграції в різні тренувальні режими, хоча він вимагає спеціального обладнання та може викликати психологічний дискомфорт.

Отже, всі завдання, поставлені на початку дослідження, були досягнуті: виявлено ключові переваги та недоліки обох стратегій, а також рекомендовано оптимальні умови їх використання для досягнення максимальних результатів. Для подальших досліджень доцільно вивчити комбіновані підходи до гіпоксичної підготовки, а також вплив інших факторів, як-от індивідуальні особливості спортсменів і специфіка видів спорту, на ефективність цих методів.

Список використаних джерел

1. Durand F., Raberin A. Exercise-induced hypoxemia in endurance athletes: consequences for altitude exposure. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2021. Vol. 3. 663674.3. P.1-8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.663674>
2. Yang L., Dai M., Cao K., Ding S., Zhao Z., Cao H., Fu F. Real-time monitoring of hypoxia at high altitudes using the electrical bioimpedance method: an animal experiment. *Journal of Applied Physiology*. 2020. Vol. 130 (4). P. 952–963. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00712.2020>



3. Wang F., Zhang X., Xu T., Hu Y., Jiang Y. Acute exposure to simulated high-altitude hypoxia alters the intestinal microbiota of mice. *Archives of Microbiology*. 2022. Vol. 204 (7). P. 412. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-022-03031-4>
4. Storz J.F. Altitude adaptation: mechanistic insights from integrated genomics and physiology. *Molecular Biology and Evolution*. 2021. Vol. 38 (7). P. 2677–2691. DOI: <https://doi.org/10.1093/molbev/msab064>
5. Baloglu E., Nonnenmacher G., Seleninova A., Berg L., Velineni K., Ermis-Kaya E., Mayrbeirl H. The role of hypoxia-induced modulation of alveolar epithelial Na⁺ transport in high-altitude hypoxemia. *Pulmonary Circulation*. 2020. Vol. 10. P. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.1177/2045894020936662>
6. Baginska M., Kaluzha A., Tota L., Piotrowska A., Maciejczyk M., Mucha D., Palka T. The effect of intermittent hypoxic training on aerobic capacity and biometric-structural parameters among obese women - a pilot study. *Journal of Clinical Medicine*. 2024. Vol. 13 (2). P. 380. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm13020380>
7. Ramchandani R., Florica I.T., Zhou Z., Alemi A., Baranchuk A. A review of sports recommendations for training and acclimatization at high altitude. *High Altitude Medicine & Biology*. 2024. Vol. 25 (2). P. 113–121. DOI: <https://doi.org/10.1089/ham.2023.0042>
8. Sharma P., Mohanty S., Ahmad Y. An investigation of survival strategies to improve acclimatization of lowland dwellers at high altitude. *Heliyon*. 2023. Vol. 9 (4). P. e14929. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14929>
9. Woodbridge H.R., Norton K., Jones M., Brett S.J., Alexander K.M., Gordon A.K. Clinicians' and patients' views on barriers and facilitators to physical rehabilitation in intensive care units: a qualitative interview. *BMJ open*. 2023. Vol. 13 (11). e073061.14. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-073061>



10. Behrendt T., Bielitzki R., Behrens M., Herold F., Schega L. Effects of intermittent hypoxia–hyperoxia on performance-and health-related outcomes in humans: A systematic review. *Sports medicine-open*. 2022. Vol. 8 (1). P. 70. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00450-x>
11. Liang Y., Ruan W., Jiang Y., Smalling R., Yuan X., Eltzschig H.K. Interplay of hypoxia-inducible factors and oxygen therapy in cardiovascular medicine. *Nature Reviews Cardiology*. 2023. Vol. 20 (11). P. 723–737. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41569-023-00886-y>
12. Uzun A.B., Iliescu M.G., Stanciu L.E., Ionescu E.V., Ungur R.A., Ciortea V.M., Tofolean D.E. Effectiveness of intermittent hypoxia-hyperoxia therapy in different pathologies with possible metabolic implications. *Metabolites*. 2023. Vol. 13 (2). № 181. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo13020181>
13. Scott B.R. Hypoxic training for strength enhancement. In *Hypoxia Conditioning in Health, Exercise and Sport*. 2024. P. 233–246. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003402879-27>
14. Merellano-Navarro E., Camacho-Cardenosa M., Costa G.P., Wiggers E., Marcolino Putti G., Evandro Nogueira J., Trapé Á.A. Effects of different protocols of moderate-intensity intermittent hypoxic training on mental health and quality of life in brazilian adults recovered from COVID-19: The AEROBICOVID double-blind randomized controlled study. *In Healthcare*. 2023. Vol. 11. No 23.P. 3076. MDPI. DOI: [10.3390/healthcare11233076](https://doi.org/10.3390/healthcare11233076)
15. Hohenauer E., Freitag L., Costello J. T., Williams T. B., Küng T., Taube W., Clijsen R. The effects of normobaric and hypobaric hypoxia on cognitive performance and physiological responses: A crossover study. *PLoS One*. 2022. Vol.17 (11). e0277364. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277364>
16. Falla M., Hübner K., Falk M., Weiss E.M., Vögele A., Jan van Veelen M., Strapazzon G. Simulated acute hypobaric hypoxia effects on cognition in helicopter emergency medical service personnel-a randomized, controlled, single-



blind, crossover trial. *Human factors*. 2024. Vol. 66 (2). P. 404–423. DOI: <https://doi.org/10.1177/00187208221086407>.

17. Mardius A, Sof'yan D, Hadi RS, Barlian E, Nurul Ihsan, Astuti Y, et al. and Okta Yu. Effectiveness of interval training in increasing VO₂max in pencak silat athletes. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*. 2025. Vol. 14. P. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.6018/sportk.643791>.

18. Кіян О. С. Вплив гіпоксітерапії (в умовах гірського повітря) на фізичну реабілітацію. *Журнал громадського здоров'я*. 2024. № 2. С. 70–78. DOI: <https://doi.org/10.32782/pub.health.2024.2.8>

19. Фурман Ю. М., Онищук В. Є., Корнійчук Н. М., Гарлінська А. М., Чайка Ю. Застосування методу ендогенного гіпоксичного дихання для підвищення аеробної та анаеробної продуктивності спортсменів-підлітків. *Фізична культура, спорт і здоров'я нації*. 2023. Т. 200, № 16(35). С. 113–121. DOI: [https://doi.org/10.31652/2071-5285-2023-16\(35\)-113-121](https://doi.org/10.31652/2071-5285-2023-16(35)-113-121)



ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ:
НАУКОВІ ЗАПИСКИ