

УДК 796.012.412.5 : 371.214.114  
ББК 75.0

Дмитро П'ятничук

## ВПЛИВ ПРИРОДНОЇ ГІПОКСІЇ НА АДАПТАЦІЙНІ РЕАКЦІЇ ОРГАНІЗМУ СПОРТСМЕНІВ

*У статті подано узагальнені наукові дані щодо впливу природної гіпоксії та особливостей адаптаційних реакцій організму під час перебування спортсменів у гірських умовах. Наведено основні види адаптаційних реакцій, які виникають у спортсменів під час перебування в горах та ряд поєднаних пристосувальних механізмів. Показано, що головним і вирішальним фактором, від якого залежить ефективність тренування в гірських умовах є оптимальний рівень тренувальних і змагальних навантажень, виконуваних на гірському етапі, а також перед його початком і після спуску. Тільки за цих умов можливий прояв сумарного ефекту, вираженого в підвищенні досягнень спортсменів.*

**Ключові слова:** гіпоксія, адаптація, спортсмени.

*В статье представлены обобщенные научные данные о влиянии природной гипоксии и особенностях адаптационных реакций организма во время пребывания спортсменов в горных условиях. Приведены основные виды адаптационных реакций, возникающих у спортсменов во время пребывания в горах и ряд объединённых приспособительных механизмов. Показано, что главным и решающим фактором, от которого зависит эффективность тренировки в горных условиях, является оптимальный уровень тренировочных и соревновательных нагрузок, выполняемых на горном этапе, а также перед его началом и после спуска. Только при этих условиях возможно проявление суммарного эффекта, выраженного в повышении достижений спортсменов.*

**Ключевые слова:** гипоксия, адаптация, спортсмены.

*The article summarizes the scientific evidence on the effects of hypoxia and the natural features of adaptive reactions of athletes during their stay in the mountains. The main types of adaptive responses that occur in athletes during their stay in the mountains, and the combined number of adaptive mechanisms. It is shown, that the main and decisive factor that affects the effectiveness of training in the mountains, is the optimal level of training and competitive pressures that are running on the mountain stage, and before the beginning and after the descent. Only under these conditions may be a manifestation of the total effect in terms of improving the achievements of athletes.*

**Keywords:** hypoxia, adaptation, sportsmen.

**Постановка проблеми та аналіз результатів останніх досліджень.** Проблема підготовки та змагань спортсменів у гірських умовах привернула широку увагу фахівців у галузі спорту після визначення столиці Ігор XIX Олімпіади – Мехіко, розташованого на висоті 2290 м над рівнем моря. Спочатку інтереси дослідників обмежувалися проблемою акліматизації в умовах середньогір'я, оскільки значне зменшення парціального тиску кисню у повітрі впливає на працездатність спортсменів, на їх толерантність до навантажень, на діяльність найважливіших функціональних систем організму [1, 3].

Однак експериментальні матеріали, отримані в результаті досліджень у горах, а також в умовах штучної гіпоксії, спортивні результати, показані в різних видах спорту на Іграх 1968 р., привели до значного збільшення уваги до природного і штучного гіпоксичного тренування. Таке тренування стало розглядатися не лише як фактор успішної підготовки до змагань, що проводяться в гірській місцевості, але і як засіб ефективно мобілізації функціональних резервів та переведення на новий, вищий рівень адаптації організму кваліфікованих спортсменів для їх участі в змаганнях в умовах рівнини [7].

Доцільність підготовки спортсменів у умовах гір як високоефективного засобу підвищення функціональних можливостей і спортивних результатів у всіх видах спорту, пов'язаних із проявом витривалості спортсменів, у даний час абсолютно доведено [5].

Основний висновок більшості наукових робіт полягає в тому, що гірська акліматизація пов'язана з підвищенням здатності організму працювати в умовах кисневої недостатності. Адаптація спортсменів до висотної гіпоксії є складною інтегральною реакцією, до якої залучаються різні системи організму. Найбільш вираженими виявляються зміни з боку серцево-судинної системи, апарату кровотворення, зовнішнього дихання та газообміну, що зумовлює інтерес до висотної гіпоксії фахівців у галузі спорту [2].

Зрозуміло, що інтегрована і координована перебудова функцій на субклітинному, клітинному, органному, системному та організмовому рівнях можлива лише завдяки перебудові функції систем, що регулюють цілісні фізіологічні відповіді. Адаптація неможлива без адекватної перебудови функцій нервової та ендокринної систем, що забезпечують регуляцію фізіологічних функцій всіх інших систем [4].

За даними деяких авторів, під час перебування спортсменів у горах активуються адренергічна та гіпофізарно-адреналова системи. Цей неспецифічний компонент адаптації відіграє роль у мобілізації апарату кровообігу і зовнішнього дихання, але разом із тим проявляється різко вираженим катаболічним ефектом, тобто негативним азотистим балансом, втратою маси тіла, атрофією жирової тканини та ін. [8].

За даними Brooks (1991), у перші дні перебування в середньогір'ї, при виконанні помірних фізичних навантажень, спостерігається збільшення анаеробного гліколізу і підвищення в крові і м'язовій тканині рівня лактату. Проте Greenetal (1992), вказують, що через два-три тижні після перебування в горах інтенсивність гліколізу і утворення лактату при таких же навантаженнях знижується і наближається до умов рівнини. Одночасно відзначається підвищення вмісту вільних жирних кислот у м'язовій тканині і поліпшується метаболічна регуляція процесів енергозабезпечення [9].

Спеціальні дослідження, а також досвід підготовки видатних спортсменів у різних країнах світу, переконливо показали, що основне місце в системі гіпоксичного тренування спортсменів повинне займати природне тренування в горах, що викликає виражені реакції і ефективний перебіг адаптації в порівнянні з гіпоксичним тренуванням у штучно створених умовах [6].

**Мета дослідження** - узагальнити наукові дані щодо впливу природної гіпоксії на перебіг адаптаційних реакцій організму спортсменів під час перебування у гірських умовах.

**Методи дослідження.** Використано теоретичний аналіз та узагальнення матеріалів вітчизняних і зарубіжних наукових джерел, що стосуються оцінки впливу природної гіпоксії та особливостей адаптаційних реакцій організму під час перебування спортсменів у гірських умовах.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Під час перебування спортсменів у горах фахівцями виділяються такі основні види адаптаційних реакцій:

- збільшення легеневої вентиляції;
- збільшення серцевого викиду;
- збільшення вмісту гемоглобіну;
- збільшення кількості еритроцитів;
- підвищення в еритроцитах 2,3-дифосфогліцерату, що сприяє виведенню кисню з гемоглобіну;
- збільшення кількості міоглобіну, що полегшує споживання кисню;
- збільшення розміру та кількості мітохондрій;
- збільшення кількості окисних ферментів [1].

В умовах середньогір'я і, особливо, високогір'я істотно зменшуються величини максимальної ЧСС, максимального систолічного об'єму і серцевого викиду, швидкості транспорту кисню артеріальною кров'ю і, як наслідок, максимального споживання кисню. У числі факторів, що обумовлюють ці реакції, поряд із зниженням парціального тиску кисню, що призводить до зниження скоротливої здатності міокарда, деякі фахівці називають також зміну водного балансу, що викликає підвищення в'язкості крові [4].

Одночасно з гемодинамічними реакціями у спортсменів, що опинилися в умовах гіпоксії, спостерігаються виражені зміни зовнішнього дихання та газообміну. Збільшення вентиляції легень відзначається вже на висоті близько 1000 м, в основному, завдяки збільшенню, в порівнянні з рівнинними умовами, глибини легеневої вентиляції і частоти дихання. Збільшення легеневої і альвеолярної вентиляції веде до підвищення  $pO_2$  в альвеолах, що сприяє підвищенню насичення артеріальної крові киснем [8].

Вже з перших годин перебування в горах однією з найбільш гострих реакцій, що відбуваються в організмі спортсменів, є поліцитемія (підвищення кількості еритроцитів). Інтенсивність цієї реакції визначають висотою, швидкістю підйому в гори та індивідуальними особливостями. Через кілька годин після підйому в гори знижується об'єм плазми крові внаслідок підвищення втрати рідини, спричиненої зниженою вологістю повітря. Це призводить до збільшення концентрації еритроцитів, підвищуючи кисневу ємність крові [6].

Деякі дослідники під час перебування спортсменів у гірських умовах виділяють стадію "перехідної адаптації", і пов'язують її з формуванням виражених і стійких структурних та функціональних змін у організмі. Зокрема, вказують на розвиток адаптаційної поліцитемії, збільшення кисневої ємності крові, виражене збільшення дихальної поверхні легень, збільшення потужності адренергічної регуляції серця, збільшення концентрації міоглобіну, підвищення пропускної здатності коронарного русла [2, 6].

Киснева ємність крові на рівні моря становить 17–18,5%, на висоті 1 850–2 000 м – 20–22%, на висоті 3 500–4 000 м – 25–27,5% [5].

Також виділяють стадію стійкої адаптації, пов'язану зі збільшенням потужності й одночасно економності функціонування апарату зовнішнього дихання і кровообігу, зростанням дихальної поверхні легень і потужності дихальних м'язів, збільшенням коефіцієнту утилізації кисню з повітря, що вдихається. Відбувається також збільшення маси серця і ємності коронарного русла, підвищення концентрації міоглобіну та кількості мітохондрій у міокарді, збільшення потужності системи енергозабезпечення [7].

На думку деяких дослідників, спортсмени, що спеціалізуються у видах спорту швидкісно-силового характеру, мають ризик виникнення зниження м'язової маси, що може бути попереджено заміною певних видів тренувань на раціональні силові вправи [4].

У другій (перехідній) і третій (стійкій) стадіях адаптації відбувається збільшення синтезу АТФ, підвищення проникності периферичних капілярів, збільшення кількості мітохондрій у скелетних м'язах, зниження основного обміну і використання кисню тканинами, а також зниження споживання кисню серцем, що очевидно відмічається у корінних жителів гір [2].

Оцінюючи описані пристосувальні в літературі реакції з боку функції системи дихання і газообміну в другій і третій стадіях адаптації, говорять про зменшення частоти і збільшення глибини дихання, нівелювання респіраторного алкалозу; збільшення екскурсії грудної клітини і збільшення всіх легневих об'ємів і ємностей [1].

На рівні вегетативної регуляції стійка адаптація характеризується збільшенням потужності адренергічної регуляції роботи серця, що призводить до гіпертрофії симпатичних нейронів, збільшення кількості симпатичних волокон у міокарді, збільшення

інтенсивності і зменшення тривалості інотропної відповіді серця на норадреналін. Це явище поєднується зі зниженням міогенного тону судин і зменшенням їх реакції на норадреналін [5].

Дослідження Я.Сведенхага (1995) свідчать про те, що тренування в горах є потужним фактором підвищення економності роботи організму. На основі отриманих результатів тренування бігунів у умовах гір дослідник говорить про достовірне зниження кисневої вартості бігу зі стандартною швидкістю [6].

Узагальнення результатів більшості досліджень, проведених із проблеми адаптації спортсменів до умов висотної гіпоксії, дозволило Ф.З. Меерсону (1986) виділити ряд поєднаних пристосувальних механізмів:

1) механізми, мобілізація яких може забезпечити достатнє надходження кисню в організм, незважаючи на дефіцит його в середовищі: гіпервентиляція; гіперфункція серця, що забезпечує рух від легень до тканин збільшеної кількості крові;

2) поліцитемія і відповідне збільшення кисневої ємності крові;

3) механізми, що роблять можливим достатнє надходження кисню до мозку, серця і інших життєво важливих органів, незважаючи на гіпоксемію, а саме: розширення артерій і капілярів мозку, серця;

4) зменшення дифузійної відстані для кисню між капілярною стінкою і мітохондріями клітин за рахунок утворення нових капілярів і зміни властивостей клітинних мембран;

5) збільшення здатності клітин утилізувати кисень внаслідок зростання концентрації міоглобіну; збільшення здатності клітин і тканин утилізувати кисень із крові і утворювати АТФ, незважаючи на його недостатність;

6) збільшення анаеробного ресинтезу АТФ за рахунок активації гліколізу, що оцінюється багатьма дослідниками як суттєвий механізм адаптації [4].

Проте, в літературі існують повідомлення про існування негативних впливів перебування спортсменів у гірських умовах. Так, Karvonen навів дані щодо зниження працездатності по мірі збільшення висоти і вказав, що гіпоксія по-різному впливає на здатність до виконання роботи залежно від її характеру. Він перерахував фізіологічні механізми, що обмежують максимальну працездатність на висоті: м'язова втома, зтягнуте в часі відновлення, зниження  $VO_{2max}$ , легеневої вентиляції, дифузійної здатності легень, хвилинного і ударного об'ємів крові, обмеження максимального пульсу. Дослідник доводить, що поки недостатньо з'ясовано, як впливає вихідний рівень фізичної підготовки на працездатність у горах, і, що висотні тренування, можливо, і дають позитивний ефект, але вивчений він ще недостатньо в плані подальшої змагальної діяльності на рівні моря [9].

У процесі напруженої підготовки спортсмени високого класу стикаються з низкою несприятливих факторів у зовнішньому і внутрішньому середовищі. Це пов'язано з виконанням величезних обсягів тренувального навантаження упродовж 5–6 годин на день, 30–35 годин на тиждень, проведенням високих за інтенсивністю тренувальних занять, які викликають значні зміни гомеостазу, виконанням вправ, пов'язаних із великим ризиком для здоров'я, проведенням занять і змагань при несприятливих погодних умовах, участю в змаганнях у інших країнах, що вимагають від спортсменів висотної, температурної та часової адаптації. Тому організм повинен володіти як загальною, так і специфічною резистентністю [8].

Проте частина наукових робіт вказує на те, що після гірської акліматизації переносимість комбінованої дії тепла і м'язової працездатності поліпшуються, зменшується втрата вологи, ваги, знижується енергетичний обмін [6].

Водночас науковці доводять, що неправильно побудоване тренування в умовах середньогір'я і високогір'я (надвисокі навантаження, нераціональне чергування роботи і відпочинку тощо) може призвести до надмірного стресу, при якому сумування впливу гірської гіпоксії і гіпоксії навантаження здатні призвести до виникнення хронічної гірської хвороби [7].

Після закінчення тренування в гірських умовах організм спортсмена опиняється в стані більш високої працездатності, ніж до підйому в гори. Це, як правило, пов'язують із тим, що явища кисневої недостатності, які супроводжують м'язову роботу у видах спорту, що потребують переважно витривалості, переносяться значно легше. А так як найважливішою умовою спортивної працездатності в багатьох видах спорту є здатність до тривалого і високого рівня споживання кисню, то ця здатність після перебування в горах значно зростає. Крім того, в процесі тренування в середньогір'ї і адаптації до гіпоксії організм удосконалює здатність більш економно витратити кисень [2].

Наявні в науковій літературі дані про ефективність тренування на різних висотах у горах малочисельні і стосуються окремих видів спорту.

Такі визначення рівнів гірських висот як "високогір'я", "середньогір'я" "низькогір'я", "великі, малі та помірні висоти", "гірський, середньогірний і високогірний клімат" та інші, спонукають до суттєвих протиріч у зв'язку з різним розумінням цих термінів. Одні автори середньогір'ям вважають клімат на висоті до 1 000–1 200 м, інші – до 2 000–2 500 м; стосовно високогірного клімату – в одних випадках високогірним вважають клімат на висоті понад 1200 м, у інших – понад 2 000–2 500 м. Однак у всіх випадках при класифікації гірських умов за основу беруть показник, що найбільш радикально впливає на організм людини – гіпоксію [3].

Численні дослідження проблеми адаптації людини до гірських умов, особливо в галузі спорту вищих досягнень, дозволили зменшити протиріччя у визначенні гірських рівнів. Більшість фахівців, опираючись на аналіз фізіологічних реакцій на перебування і тренування в гірських умовах, пропонують наступну класифікацію.

1. Низькогір'я – 800–1 000 м над рівнем моря. На цій висоті в умовах спокою і при помірних навантаженнях ще не виявляється істотного впливу нестачі кисню на фізіологічні функції. Тільки при дуже великих навантаженнях відзначаються виражені функціональні зміни.

2. Середньогір'я – від 800–1 000 м до 2 500 м над рівнем моря. Для цієї зони характерно виникнення функціональних змін вже при помірних навантаженнях, хоча в стані спокою людина, як правило, не відчуває негативного впливу нестачі кисню.

3. Високогір'я – понад 2 500 м над рівнем моря. В цій зоні вже в стані спокою виявляються функціональні зміни в організмі, що свідчать про кисневу недостатність [6].

Спеціальна література недостатньо висвітлює питання про ефективність тренування на висоті 1 000–1 500 м над рівнем моря. Існує досить усталена думка, що умови низькогір'я є ефективними для відновлення і активного відпочинку спортсменів, підтримки досягнутого рівня тренуваності, і є недостатнім стимулом для підвищення функціональної здатності організму спортсменів. Проте оцінка вище перерахованих реакцій організму, що виникають при спільній дії гіпоксичних факторів, що є наслідком перебування в горах і застосування спеціальних тренувальних програм гіпоксичного характеру (гіпоксія навантаження), то ефективність підготовки на цих висотах над рівнем моря стосовно окремих видів спорту може виявитися вищою в порівнянні з тренуванням у середньогір'ї і високогір'ї [9].

У гірських умовах на спортсменів впливають дві групи факторів: кліматичні і "навантажувальні", від сумарного впливу яких залежить ефект тренування та подаль-

шої участі в змаганнях. Зменшення або збільшення частки одного з них впливає на ефект всього тренування. Перший, кліматичний фактор, в умовах підготовки на певній спортивній базі, має меншу варіативність. Другий – “навантажувальний” – в умовах необхідної структури варіює значно більше [7].

Дослідженнями встановлено, що перебування добре підготовлених спортсменів на висотах 1 700–2 000 м, які не виконували спеціальних тренувальних навантажень, не супроводжувалося якими-небудь суттєвими послідовними вегетативними зрушеннями, що можна було б розглядати як показник адаптації організму до гірських умов [4].

### **Висновок**

Головним і вирішальним фактором, від якого залежить ефективність тренування в гірських умовах є оптимальний рівень тренувальних і змагальних навантажень, виконуваних на гірському етапі, а також перед його початком і після спуску на рівнину. Тільки за цих умов можливий прояв сумарного ефекту, вираженого в підвищенні досягнень спортсменів. Це є основною педагогічною передумовою до обґрунтування та розробки методики підготовки спортсменів у гірських умовах.

1. Адаптационные реакции и урони реактивности как эффективные диагностические показатели донозологических состояний / Л. Х. Гаркави, Г.Н. Толмачев, Н. Ю. Михайлов [и др.] // Вестник Южногоснаучного центра. – 2007. – Т. 3. – № 1. – С. 61–66.
2. Волков Н. И. Закономерности развития биохимической адаптации и принципы тренировки / Н. И. Волков, Э. Н. Несен, А. А. Осипенко // Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков, Э. Н. Несен, А. А. Осипенко. – К., 2000. – С. 408–437.
3. Колчинская А. З. Гипоксическая гипоксия нагрузки: повреждающий и конструктивный эффекты / А. З. Колчинская // Нурохіamedical. – 1993. – № 3. – С. 8–13.
4. Меерсон Ф. З. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – М. : Медицина, 1988. – 250 с.
5. Палатний Ігор. Порівняльна ефективність тренування бігунів в умовах низькогір'я та рівнинної підготовки / Ігор Палатний // Молода спортивна наука України: Зб. праць з галузі фізичної культури та спорту. Вип. 7 : у 3-х т. – Львів: НВФ “Українські технології”, 2003. – Т. 3. – С. 180–183.
6. Платонов В. Н. Гипоксическая тренировка в спорте / В. Н. Платонов, М. М. Булатова // Нурохіamedical. – М., 1995. – С. 17–23.
7. Попов В. В. Аэробная производительность как прогностический критерий функционального состояния спортсменов в условиях высокогорья. Проблемы, оценки и прогнозирования функциональных состояний организма в прикладной физиологии / В. В. Попов, А. Г. Зарифьян, А. В. Тимухин. – Фрунзе, 2003. – С. 153–154.
8. Радзієвський П. О. Механізми адаптації до нормобаричної гіпоксії в курсі інтервального гіпоксичного тренування у висококваліфікованих спортсменів / П. О. Радзієвський // Фізіол. журн. – 2005. – № 2. – С. 90–96.
9. Brooks G. A. Decreased reliance on lactate during exercise after acclimatization to 4,300 mb / G. A. Brooks // J. Appl. Physiol. – 1991. – Vol. 71. – P. 333–341.

*Рецензент:* канд. біол. наук, доц. Сулганова І. Д.

**УДК 796.001**

**ББК 75.0**

*Сергій Рихлюк*

## **ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ГІМНАСТІВ НА ЕТАПІ ПОПЕРЕДНЬОЇ БАЗОВОЇ ПІДГОТОВКИ**

*У статті показано, що використання тренувальних навантажень великої інтенсивності є важливим моментом інтенсифікації навчально-тренувального процесу в поєднанні з контролем за ступенем реакції організму юних гімнастів віком 12–13 років на такі навантаження та швидкістю відновлення після них.*

**Ключові слова:** функціональна підготовка, юні гімнасти.