

УДК 004.9:612.822(045)

**П.В. Білошицький**, д. мед. н., проф.  
**О.М. Ключко**, к. б. н., доц.  
**Ю.М. Онопчук**, д. ф.-м. н., проф.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНОСТЕЙ УКРАЇНСЬКИМИ ВЧЕНИМИ В ПРИЕЛЬБРУССІ**

*Наведено результати досліджень структурно-функціональних взаємозалежностей організму, їх змін в умовах високогір'я. Розглянуто результати підготовки на Ельбруській медико-біологічній станції команди альпіністів до сходження на Еверест.*

*The results of studying of some structural and functional interrelations of organism and their changes in high mountain conditions are suggested. Some results of alpinist group preparation for the climbing on Everest are given.*

### **Вступ**

Упродовж багатьох років колективи учених з України та інших країн проводили дослідження на Ельбруській медико-біологічній станції (ЕМБС) НАН України, в унікальному науково-дослідному центрі в горах Кавказу (Кабардино-Балкарська республіка, Росія) на висоті 2100 м [1–5].

У попередніх публікаціях вже було наведено деякі результати досліджень на ЕМБС:

- проблеми, пов'язані з розвитком авіації та космонавтики [1];
- нестача кисню в організмі на висоті (гіпоксичних станів) [2];
- адаптація до висоти різних організмів [3];
- здоров'я та довголіття людини в умовах гір [4].

Математичні моделі, що були створені з використанням результатів, отриманих під час досліджень на ЕМБС, розглянуто в праці [5].

У попередніх публікаціях [3; 5] йшлося про те, що за умов короткотермінової адаптації до гіпоксії на висоті в організмі спочатку відбуваються зміни деяких функцій, які у разі продовження перебування на висоті спричиняють і наступні морфологічні, структурні зміни. Представники української школи академіка М.М. Сиротиніна, працюючи на ЕМБС, вивчали організми за екстремальних умов на субмолекулярному, молекулярному, клітинному, органному, системному рівнях та закономірності взаємозалежностей на всіх рівнях, адже організм – складна, єдина, цілісна, інтегрована, багаторівнева, збалансована, скоординована, упорядкована, багатofункціональна, організована система зі взаємозалежними відносинами. Тому й методологічний підхід до вивчення сутності адаптаційних процесів має ґрунтуватись на принципах структуралізму, синергізму, адже дослідників цікавили врешті – решт реакції організму як цілісної системи [6–9].

Створені математичні моделі основних функціональних систем організму разом з традиційними експериментальними методами дослідження сучасної фізіології стали досить ефективним засобом вивчення системних механізмів формування і розвитку адаптаційних реакцій організму до гіпоксії, які викликають структурно-функціональні зміни в організмі [1–5].

Для багатьох спеціалістів, зокрема для пілотів, проблема пристосування до різних екстремальних факторів, до поступових чи раптових змін у навколишньому середовищі надзвичайно важлива, адже знання механізмів пристосування, критеріїв для оцінювання можливостей організму дасть змогу оптимізувати працездатність та убезпечити здоров'я. Для цього важливо серед численних адаптивних реакцій визначити ступінь напруги тієї чи іншої системи організму (дихання, кровообігу, кровотворення тощо), встановити взаємозалежності між різними системами, провести кореляційний аналіз. Тобто в поняття «структурно-фізіологічні взаємозалежності» включено не тільки залежність між функцією (наприклад, кровообігу) та структурою (морфологічні зміни у м'язі серця), але й зміну кількісних, процентних співвідношень під час реагування органів чи систем на подразник, адже кожна система відповідає на дію одного й того самого фактора своєрідно. Отже, запропонований метод дає можливість ставити структурно-фізіологічні взаємозалежності різних функціональних систем і відобразити загальну реакцію організму.

Запропонований метод з використанням комп'ютерних технологій може бути корисним у будь-якому процесі керування з метою пошуку найбільш оптимального вирішення проблем, які вимагають координації, контролю, міжфункціональної взаємодії всіх ланок процесу.

**Постановка завдання** – навести та охарактеризувати результати досліджень структурно-функціональних взаємозалежностей організму в гірських умовах та результати підготовки групи альпіністів для сходження на Еверест.

### Міжфункціональна структура адаптації

Кожний організм має специфіку побудови, організації, індивідуальних особливостей. Відповідно цим визначається висока надійність функціонування організму (НФО) в екстремальних умовах середовища, здатність до пристосування (адаптивність). Визначення принципів, закономірностей міжсистемних взаємовідношень, своєрідного патерну реакцій різних систем організму на подразник могло б стати хорошою підтримкою у вивченні проблеми забезпечення НФО.

Отже, поставлена проблема полягає не тільки у вивченні способів реагування організму, але й у визначенні найбільш інформативних критеріїв пристосування, розробці нових методичних підходів під час вивчення якісних і кількісних співвідношень перш за все між оксидотичними системами, які забезпечують енергетичні запити організму в умовах розвитку гіпоксичної та гіперметаболическої гіпоксії.

Поставлена проблема є також закономірним продовженням наших попередніх розробок з математичного моделювання фізіологічних процесів з можливостями прогнозування стану організму в передбачених умовах середовища.

У процесі еволюції тваринного світу визначились ознаки, властивості, які характеризують НФО в конкретному середовищі.

Особливо великий інтерес дослідників викликають екстремальні критичні ситуації, коли виживання вимагає великих енергетичних витрат в умовах гіпоксичної гіпоксії. При цьому відбувається мобілізація всіх енергетичних ресурсів і їх використання на компенсаторно-приспосувальні потреби організму спочатку не зважаючи на економічність.

Така стратегія біологічно необхідна, її вибір диктується потребою вижити, перемогти. Вона визначається регуляторними і функціональними системами організму. Передусім мобілізуються функції респіраторної і серцево-судинної систем, які відповідають за доставлення кисню.

Під час досліджень шукали відповіді на такі запитання:

– як визначити, прогнозувати можливості організму підтримувати життєво необхідні енерговитрати;

– які при цьому будуть якісні і кількісні взаємовідношення, взаємозв'язки регулювальних і функціональних систем;

– якими морфофункціональними змінами це забезпечується;

– наскільки ефективно і економно вони працюють;

– які кількісні співвідношення між рівнями споживання кисню.

Проте часто під час вивчення цих проблем науковці не досягають порозуміння через різні методичні підходи, класифікації, параметри, що визначаються, контингент досліджуваних (вік, стать), висоту, на якій проводять дослідження тощо.

Науковці на ЕМБС обстежували різні групи людей:

– здорових;

– хворих;

– різного віку;

– випробовувачів;

– рятувальників;

– спортсменів найвищих кваліфікацій.

Практичні і теоретичні завдання, які стояли перед науковцями, теж були різними:

– вивчати закономірності функціонально-структурної організації, механізми НФО у стресових ситуаціях;

– встановити глибинні взаємозалежності у реагуванні різних систем організму;

– визначити найбільш інформативні показники адаптаційного процесу;

– розробити найбільш ефективні методи гіпоксичного тренування з метою профілактики, лікування, підвищення витривалості, працездатності;

– відібрати та ранжувати операторів, перспективних спортсменів для того чи іншого виду спорту;

– проконтролювати інтенсивність фізичного навантаження чи ефективність гіпокситерапії;

– встановити діагноз;

– прогнозувати перебіг патологічного процесу чи здатність організму виконати спецзавдання в екстремальних умовах тощо.

Такі проблеми постійно потрапляють у поле зору науковців, лікарів, тренерів. Наразі маємо можливість з допомогою сучасних приладів отримувати величезний масив інформації у процесі вивчення цих проблем, завдання ж полягає у вмінні нею швидко та ефективно оперувати.

Під час досліджень на ЕМБС увагу було акцентовано на методологічному підході, який названо структуралізмом.

Структуралізм, пов'язаний із застосуванням структурного підходу (структурного аналізу, структурного подання, математичного аналізу та моделювання процесу тощо) під час вивчення, розшифровки, визначення, оцінювання того чи іншого явища, інформації, реагування, проявів, відношень, спільної дії різних систем (синергізму), ступеня впорядкованості.

Такий методологічний підхід дав змогу:

- визначати кореляційні взаємозалежності, глибинні взаємозв'язки, ступінь упорядкованості системи, неоднорідності стохастичних часових рядів, стійкість, адаптивність, адаптованість організму;

- проводити математичне моделювання механізмів НФО, процесу адаптації;

- прогнозувати стан організму, поставленого у ті чи інші можливі ситуації;

- використовувати отриману інформацію для ефективного лікування, тренування, покращення спортивних результатів, підвищення резистентності;

- визначати найбільш інформативні показники, розкривати принципи взаємодії тощо.

При цьому науковці застосовували спеціально розроблені комп'ютерні програми, які допомогли вирішити ряд зазначених проблем.

Зокрема, такі програми давали можливість:

- визначати найбільш інформативні критерії для оцінювання процесу адаптації до гіпоксії, зміни

показників серцево-судинної системи у процесі адаптації до умов гірських висот порівняно з вихідними, початковими даними, отриманими на рівні моря;

- швидко вказати на легеневу патологію;

- наочно показати особливості функціонування оксидотичних систем аборигенів високогір'я в порівнянні з жителями рівнин;

- оцінити процес адаптації жінок 14, 25–28 років (табл. 1, 2, рис. 1, 2);

- визначити особливості адаптаційних процесів у жінок 15 років та чоловіків 12 років (табл. 3, рис. 3);

- наочно подати розподіл швидкості споживання кисню та кровообігу у тканинах (мозок, серце, скелетні м'язи тощо) працюючих органів, індивідуальні показники швидкості споживання кисню та кровотоку, напруги кисню в артеріях, венах, а також у тканинах мозку, серця, скелетних м'язів.

Під час вивчення процесу адаптації у природних умовах гірських висот дослідження проводили починаючи з рівня моря, на висотах 2000±100, 3000±100, 4000±100, 4800±100, 5500±100 м барокамерні дослідження – на тих же висотах, для спортсменів високої кваліфікації – на висоті 7500 м. Дослідження проводили у стаціонарах, з температурою 20±1 °С у першій половині 2, 7, 12, 13, 22, 23-го днів після прибуття на кожен висоту (взяття крові, основний обмін – натще серце).

Таблиця 1

Показники центральної гемодинаміки на 2-гу та 21-шу добу перебування в Терсколі

Показник	ПЛШ	ХОК	УОК	УІ	СІ	ЛШРК	ОШВ	ЧСС	ТФВ	ФВ	ВЕ
2-га доба	2,8	4,9	72	46	3,3	57	228	74,0	0,32	63	11,0
21-ша доба	3,2	4,0	61	39	2,8	50	200	69,0	0,30	59	10,9
Градiєнт, %	14,3	-18,4	-15,3	-15,2	-15,2	-12,3	-12,3	-6,8	-6,3	-6,3	-0,9

**Примітка.** ПЛШ – потужність лівого шлуночка; ХОК – хвилинний об'єм крові; УОК – ударний об'єм крові; УІ – ударний індекс; СІ – серцевий індекс; ЛШРК – лінійна швидкість руху крові; ОШВ – об'ємна швидкість викиду крові із серця в аорту; ЧСС – частота серцевих скорочень; ТФВ – час вигнання крові з лівого шлуночка серця; ФВ – фракція вигнання крові; ВЕ – витрати енергії серця на проштовхування крові.

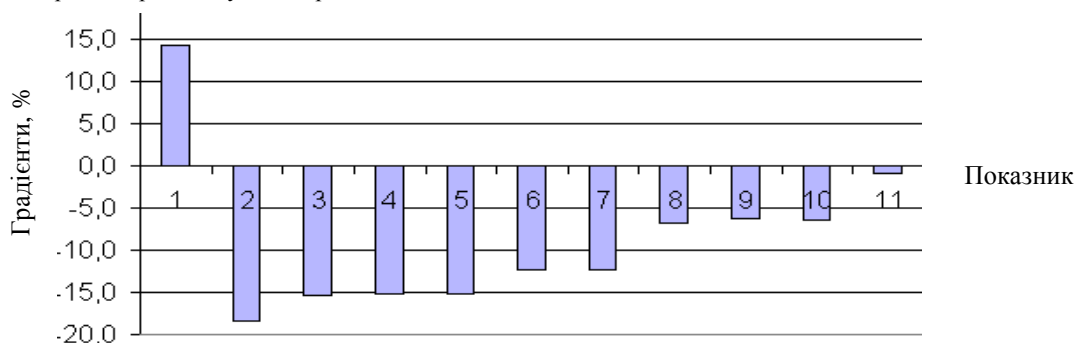


Рис. 1. Функціограма центральної гемодинаміки:

1 – ПЛШ; 2 – ХОК; 3 – УОК; 4 – ЛШРК; 5 – ОШВ; 6 – УІ; 7 – СІ; 8 – ЧСС; 9 – ТФВ; 10 – ФВ; 11 – ВЕ

Таблиця 2

## Показники червоної та білої крові на 2-гу та 21-шу добу перебування в Терсколі

Показник	СДГ	ІнРе	Тр	Нб	Ер	Л	ШОЕ
2-га доба	5,8	0,60	223	125	3,6	5,6	5,6
21-ша доба	9,8	0,85	250	139	4,0	5,9	5,7
Гradient, %	69,0	41,7	12,1	11,2	11,1	5,4	1,8

**Примітка.** СДГ – сукцинат дегідрогеназа; ІнРе – індекс резистентності еритроцитів; Тр – тромбоцити; Нб – гемоглобін; Ер – еритроцити; Л – лейкоцити; ШОЕ – швидкість осідання еритроцитів.

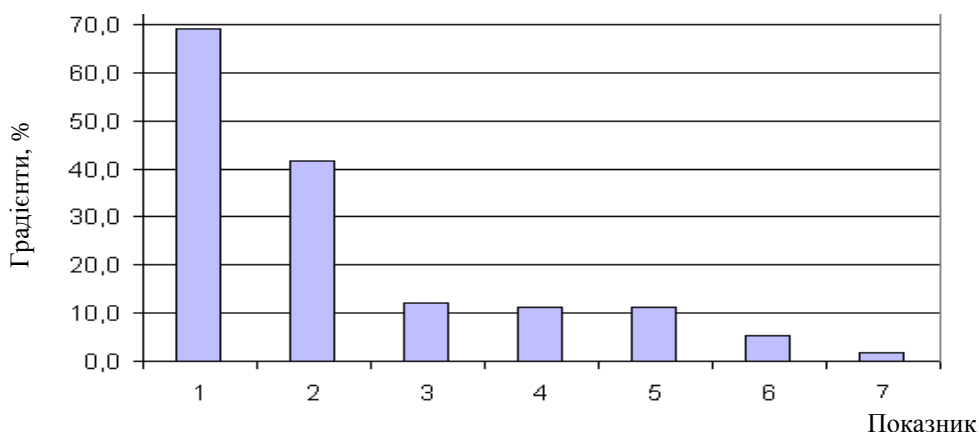


Рис. 2. Функціограма червоної та білої крові:  
1 – Ер; 2 – Нб; 3 – ІнРе; 4 – ШОЕ; 5 – Л; 6 – Тр; 7 – СДГ

Таблиця 3

## Показники систем зовнішнього дихання та гемодинаміки у процесі адаптації до гіпоксії в умовах основного обміну

Показник		Зовнішнє дихання					Гемодинаміка				
		ДО	КЕДЦ	АВ	ВЕ	ХОД	КЕСС	СаО <sub>2</sub>	КЄК	ГЕ	ХОК
Чоловіки	2-га доба	670	19	5,3	33	9,0	3,6	18,0	20	18,9	4,4
	21-ша доба	860	24	5,6	30	8,3	4,0	19,7	21	17,1	4,0
	Гradient, %	28,4	26,3	5,7	-9,1	-7,8	11,1	9,4	5,0	-9,5	-9,1
Жінки	2-га доба	415	11	3,4	41	5,6	2,1	14,6	17,3	27,5	4,2
	21-ша доба	470	13	3,8	38	5,4	2,4	15,7	18,6	27,0	3,6
	Гradient, %	13,3	18,2	11,8	-7,3	-3,6	14,3	7,5	7,5	-1,8	-14,3

**Примітка.** ДО – дихальний об'єм; КЕДЦ – кисневий ефект дихального циклу; АВ – альвеолярна вентиляція; ВЕ – зсув буферних лугів; ХОД – хвилинний об'єм дихання; КЕСС – кисневий ефект серцевого скорочення; СаО<sub>2</sub> – вміст кисню в артеріальній крові; КЄК – киснева ємність крові; ГЕ – гемодинамічний еквівалент; ХОК – хвилинний об'єм крові.

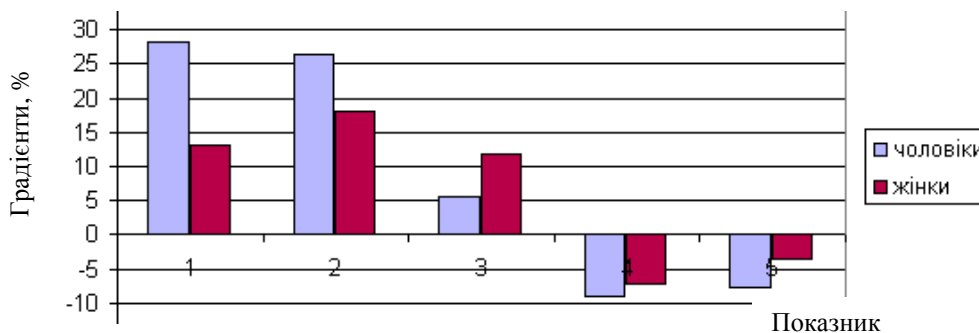


Рис. 3. Функціограма системи зовнішнього дихання:  
1 – ДО, КЕСС; 2 – КЕДЦ, СаО<sub>2</sub>; 3 – АВ, КЄК; 4 – ВЕ, ГЕ; 5 – ХОД, ХОК

Дослідження за допомогою стандартних методів проводили на спортсменах, здорових і хворих мешканцях гірських регіонів, спецконтингенті. Використовуючі різні функціональні проби, зокрема, велоергометричний тест, фізичні навантаження, «підйоми» у барокамері, вивчали зміни у процесі адаптації до умов гірських висот.

### Аналіз математичних моделей

Під час досліджень структурно-функціональних взаємозалежностей на основі отриманих даних було створено ряд математичних моделей, аналіз яких допоміг зрозуміти цей феномен.

Аналіз математичної моделі функціональної системи дихання в разі тривалого впливу гіпоксії на організм показує, що існує кілька механізмів компенсації гіпоксичних станів. Найбільш важливий із них пов'язаний з більш ефективною організацією тканинного дихання.

Доставлений у тканинний резервуар кисень використовується для виділення енергії, потрібної для виконання безпосередньої функції цієї тканини, теплоутворення та інших видів енергії. Можна припустити, що функціональна складова не змінюється за заданого обсягу роботи, а тепла у разі досить тривалої дії гіпоксії – зменшується.

У цих умовах швидкість постачання кисню до тканинного регіону може бути зменшена, а це знижує навантаження з регуляторних механізмів і збільшує їх ресурс при гіпоксії.

Якщо вплив гіпоксії на організм тривалий, змінюється чутливість до неї всього організму. Забезпечення своєчасної й ефективної доставки кисню метаболіючим тканинам – основної функції системи дихання – призводить до конфліктних ситуацій між виконавчими органами регуляції й споживачами кисню, а їх компромісні розв'язки можливі в разі нарощування маси (об'єму) виконавчих органів регуляції й насамперед маси серцевого м'яза як найбільш уразливого з виконавчих органів регуляції.

Крім того тривалий вплив гіпоксії на організм зумовлює початок процесу еритропоезу.

Багато дослідників пов'язують кількість подукованих кістковим мозком червоних кров'яних тілець зі збільшенням маси кісткової тканини, що також свідчить про структурно-морфологічні зміни в організмі. Ці властивості, показані на математичних моделях, збігаються з результатами, отриманими дослідним шляхом.

Отже, математичний аналіз моделі функціональної системи дихання під час тривалого впливу гіпоксії на організм дає змогу на системному рівні:

- простежити функціональні, структурно-морфологічні зміни в організмі;
- якісно й кількісно оцінити гіпоксичні стани організму у різні періоди довгострокової адаптації.

### Підготовка груп альпіністів до сходження на Еверест

Практично теоретичні дослідження на ЕМБС проводили під час реалізації різноманітних проєктів, наприклад, моделювання висадки космонавтів на Місяць [1].

Обстеження студентської команди альпіністів під час підготовки до сходження на найвищу вершину світу Еверест (8848 м) мали комплексний характер і протягом двох років проходили в три етапи.

Після першого ознайомлювального збору і сходження на вершину Ельбрусу через недостатню адаптованість членів команди до умов гірських висот було вирішено барокамерне обстеження на висоті 7500 м виключити і рекомендувати провести до виїзду в Гімалаї ще два адаптаційних збори.

Кожному учасникові Ельбруських зборів було надано індивідуальні рекомендації, спрямовані на проведення додаткових спеціалізованих лікарських обстежень, комплексних загальноозміцнювальних заходів, які загартовують організм (загальної або локальної дії), підвищують аеробну й анаеробну працездатність.

У стані спокою і під час різних функціональних тестів (фізичні і розумові навантаження, підйом у барокамері, сходження на вершину Ельбрусу, холодова проба, затримка дихання на 45 с, форсований видих, максимальна вентиляція легень тощо) у спортсменів оцінювали:

- показники вищої нервової діяльності;
- стан вегетативних, респіраторних, серцево-судинних систем;
- фізичну і розумову працездатність на висоті 2100, 5600, 7500 м.

З гематологічних показників визначали:

- зміст гемоглобіну;
- кількість еритроцитів;
- лейкоцитів;
- тромбоцитів;
- швидкість осідання еритроцитів;
- об'єм еритроцитів і ступінь деформованості їх мембран;
- якісні зміни лейкоцитів і тромбоцитів.

У мазках підраховували формули лейкоцитів і лімфоцитів.

Підйом у барокамері на висоту 5600 або 7500 м здійснювали зі швидкістю 15–20 м/с з площадками на висотах 3500, 5500, 6500 м по 5 хв. Склад кожного екіпажу не перевищував п'яти осіб включно з лікарем, що користувався кисневим приладом. На висотах 5600 і 7500 м проводили функціональну пробу (20 присідань за 30 с) або функціональну пробу (ступеневе зростання – велоергометрію).

За рішенням лікаря тест негайно припиняли у разі порушення свідомості члена екіпажу, з появою у нього гострого болю будь-якої локалізації (серцевої, зубної, у разі метеоризму та ін.), якщо різко зростає частота пульсу (понад 170) або він падає, з появою аритмії, сильного кашлю та інших об'єктивних ознаках погіршення стану здоров'я. Добір і підготовку альпіністів та іншого спецконтингенту для успішного виконання робіт в умовах зниженого парціального тиску кисню (гіпоксипарія) проводили в кілька обов'язкових етапів:

- диспансерне обстеження;
- спеціальне клініко-фізіологічне обстеження під час підйому в барокамері і проведенні навантажувальних тестів;
- клініко-фізіологічне обстеження у процесі адаптації до умов гірських висот;
- використання математичних моделей гіпоксичних станів для оцінювання швидкості, економічності, транспортування кисню, а також розподілу його напруги у тканинах серця, м'язів, мозку, легень та ін.

Особливу увагу приділяли:

- визначенню рівня стресування;
- розумовій і фізичній працездатності;
- холодовій стійкості;
- оцінюванню економічності систем транспорту й утилізації кисню;
- адаптивності;
- адаптованості.

Було розроблено спеціальну систему ранжування з урахуванням значимості кожного параметра у забезпеченні НФО в екстремальних умовах з визначенням спочатку рівня функціонування окремої системи, а потім всього організму. Такий підхід давав можливість прогнозувати поведінку, працездатність, стійкість в екстремальних умовах середовища. Ефективність цього підходу раніше було підтверджено успішними експедиціями на восьмитисячники в Гімалаях.

Зокрема, було продемонстровано застосування однієї з математичних моделей, які дають можливість розрахувати  $pO_2$  та  $pCO_2$  у тканинах органів, що функціонують. Для цього в модель вводилися дані про споживання кисню, дихальний об'єм, вміст гемоглобіну, масу тіла, тривалість дихального циклу і його складових.

У початковий період адаптації напруга кисню становила:

- в артеріальній крові  $79,7 \pm 3,0$  мм рт. ст.,
- у мозку –  $30,9 \pm 2,0$  мм рт. ст.;
- у серці  $25,15 \pm 2,00$  мм рт. ст.;
- у скелетних м'язах  $25,65 \pm 2,30$  мм рт. ст.;
- у венозній крові  $34,5 \pm 2,3$  мм рт. ст.

Під час другого обстеження в Терсколі (після десятиденної адаптації і сходження на вершину Ельбрусу) підвищився рівень  $pO_2$ :

- в артеріальній крові до  $84,18 \pm 2,54$  мм рт.ст.;
- у тканинах головного мозку до  $33,3 \pm 0,8$  мм рт. ст.;
- у серці до  $27,9 \pm 1,6$  мм рт. ст.;
- у скелетних м'язах до  $27,29 \pm 1,46$  мм рт. ст.;
- у венозній крові до  $36,46 \pm 1,97$  мм рт. ст.

## Висновки

Підтверджено значну роль кількісних і якісних змін еритрона (системи утворення еритроцитів) у забезпеченні НФО в екстремальних умовах високогір'я.

Показано, що зміни в червоних та білих клітинах крові значною мірою відображають взаємовідношення реактивності і резистентності організму.

Залежно від ступеня розрідженості повітря, режиму підйому виникають реакції тренуваності, активації або стресу. Істотну роль для забезпечення НФО в екстремальних умовах висоти відіграє адаптивний гемоліз еритроцитів. Біологічно активні речовини, вивільнені з клітин крові, виконують роль месенджерів, тригерів, здатних змінювати метаболізм клітини.

Установлено, що на тлі головного подразника потенціюється дія інших факторів, наприклад, холоду. Це може призводити і до посилення дії головного подразника.

Під час адаптації до гіпоксії організм людини поводить як ультрастабільна система.

Надійність функціонування організму забезпечується на різних рівнях організму, починаючи від усього організму до клітинного, субклітинного і навіть молекулярного.

Сходження на висоту понад 8000 м відбувається як за рахунок адаптації до гіпоксії, так і завдяки включенню метаболічної програми, яка після народження прихована на генному рівні й у критичних ситуаціях може бути задіяна.

Адаптація до умов гірських висот можлива до рівня 5500 м. Вище економізація функцій не настає. Великого значення під час визначення НФО мають:

- індивідуальні особливості адаптивності;
- генетично закріплені механізми адаптивності;
- можливості їх корекції за допомогою методів гіпокситерапії, холодкових впливів, вітамінотерапії, дієтотерапії тощо.

Результати математичного моделювання структурно-функціональних взаємозалежностей організму збігаються з результатами, отриманими під час досліджень.

Найкращим підтвердженням ефективності запропонованих методів добору, підготовки альпіністів і корекції їх тренувального процесу виявився 100-процентний результат успішного сходження на найвищу вершину світу всіх десяти включених до складу гімалайської експедиції відібраних на ЕМБС спортсменів. Значною мірою цей унікальний успіх був забезпечений повним взаєморозумінням між всіма учасниками експедиції, високим професіоналізмом членів комплексної наукової групи і тренерської ради, виконанням протягом трьох років погоджених медичних і тренерських рекомендацій.

#### Література

1. Білошицький П.В., Ключко О.М., Онопчук Ю.М. Результати деяких медико-біологічних досліджень українських вчених на Ельбрусі // Вісник НАУ. – 2007. – № 2. – С. 10–16.

2. Білошицький П.В., Ключко О.М., Онопчук Ю.М. Вивчення проблем гіпоксії українськими вченими в районі Ельбрусу // Вісник НАУ. – 2007. – № 3. – С. 44–50.

3. Білошицький П.В., Ключко О.М., Онопчук Ю.М. Результати дослідження проблем адаптації українськими вченими в Приельбруссі // Вісник НАУ. – 2008. – № 1. – С. 102–108.

4. Білошицький П.В., Ключко О.М., Онопчук Ю.М. Результати досліджень українськими вченими в Приельбруссі впливу факторів високогір'я на здоров'я та довголіття // Вісник НАУ. – 2008. – № 4. – С. 108–117.

5. Онопчук Ю.М. Білошицький П.В., Ключко О.М. Створення математичних моделей за результатами досліджень українських вчених на Ельбрусі // Вісник НАУ. – 2008. – № 3. – С. 146–156.

6. Білошицький П.В. Синергизм при адаптації к гипоксии // Гипоксия (механизмы, адаптация, коррекция). – М.: ГУНИИ ОПП РАМН, 2005. – С. 12–13.

7. Білошицький П.В. Структуралізм як методологічний підхід для аналізу біоінформативних показників // Здоров'я та довголіття. – К.: МОЗ України, 2007. – С. 81.

8. Білошицький П.В. Межфункциональная структура адаптации // Автоматизированный анализ гипоксических состояний здоровых и больных. – Нальчик; М.: КБНЦ РАН, 2005. – С. 41–45.

9. Онопчук Ю.Н., Білошицький П.В., Онопчук Г.Ю. Математическое моделирование в исследовании структурно-функциональных изменений в организме при гипоксии // Автоматизированный анализ гипоксических состояний здоровых и больных. – Нальчик; М.: КБНЦ РАН, 2005. – С. 176–178.

Стаття надійшла до редакції 08.12.08.