

В. Б. Шатило, О. В. Коркушко, В. О. Ішук, А. В. Писарук, Г. В. Дужак БЕЗПЕЧНІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРВАЛЬНИХ НОРМОБАРИЧНИХ ГІПОКСИЧНИХ ТРЕНУВАНЬ У ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ

Інститут геронтології АМН України, м. Київ

Сукупність вікових морфологічних і функціональних змін дихальної і серцево-судинної системи, нейроендокринної регуляції та метаболізму зумовлює формування гіпоксичних зрушень гомеостазу при старінні [7, 9, 10, 17]. На розвиток прихованої кисневої недостатності у людей похилого віку вказують результати проби з інгалацією кисню. На відміну від обстежених більш молодого віку, у літніх людей зростають величина приросту та час досягнення максимального насичення киснем артеріальної крові [9]. Про кисневу недостатність у літньому віці свідчить також збільшення споживання кисню при пробі Уленбука — так званого "спірографічного дефіциту кисню" [9, 16].

З іншого боку, при старінні зменшується стійкість організму до гіпоксії. Так, при вдиханні газових сумішей з постійною концентрацією кисню (17 % та 12 %) у літніх людей відбувається більш значне зниження оксигенації артеріальної крові, ніж у осіб молодшого віку [9, 16].

Здатність організму протидіяти впливу гіпоксії і підтримувати життєздатність на належному рівні забезпечується завдяки активації компенсаторних механізмів. Серед них важливого значення набуває рефлекторне посилення легеневої вентиляції (зростання хвилинного об'єму дихання (ХОД) у відповідь на подразнення артеріальних хеморецепторів) [4–6]. Іншими компенсаторними механізмами є сповільнення кровотоку (подовжується контакт крові з тканинами і забезпечується більш повне використання кисню) [13], зрушення кривої дисоціації оксигемоглобіну вправо (поліпшується віддача кисню тканинам в умовах гіпоксії), розширення венозного кола капілярів, збільшення кількості міжкапілярних анастомозів та уповільнення капілярного кровотоку [9].

Проте ефективність вищезгаданих механізмів компенсації гіпоксичних зрушень у людей похилого та старечого віку є недостатньою за умов значного посилення стресових впливів на організм (психоемоційне або фізичне перевантаження, дихальна або серцева недостатність, інтоксикація, лихоманка та ін.). Зокрема, при дозованому фізичному навантаженні відбувається неадекватне щодо його інтенсивності зростання частоти дихання та хвилинного об'єму дихання, а після навантаження сповільнюється нормалізація показників кардіореспіраторної системи. При вдиханні гіпоксичної суміші (17 % кисню) у літніх і старих людей відзначається більш значне посилення легеневої вентиляції при зниженні її ефективності, що проявляється зростанням вентиляційного еквівалента [9, 10, 16].

Зниження стійкості організму до гіпоксії при фізіологічному і патологічному старінні обґрунтовує доцільність пошуку методів корекції гіпоксичних зрушень гомеостазу та підвищення стійкості організму до гіпоксії в літньому та старечому віці. Серед відомих підходів можна назвати періодичне застосування полівітамінних препаратів, наприклад декамевіту, кведевіту; антиоксидантів (альфа-токоферол, аскорбінова кислота, кверцетин), антигіпоксантів (інозин, мілдронат, триметазидин, АТФ-лонг, креатинфосфат, цитохром та ін.). Серед немедикаментозних методів заслуговують на увагу інтервальні нормобаричні гіпоксичні тренування (ІНГТ), дія яких спрямована на активацію компенсаторних механізмів організму [3–6].

На думку Ф. З. Меєрсона та інших дослідників [14, 15], адаптація до гіпоксії при тривалих гіпоксичних тренуваннях відбувається за участю наступних механізмів:

- мобілізації надходження кисню в організм внаслідок гіпервентиляції, гіперфункції серця, поліцитемії та, відповідно, збільшення кисневої ємності крові;

- пріоритетного забезпечення життєво важливих органів в умовах гіпоксії (розширення коронарних і мозкових судин, зменшення дифузійної відстані для кисню між капілярною стінкою та мітохондріями клітин за рахунок утворення нових капілярів і змін властивостей клітинних мембран, збільшення утилізації кисню м'язами внаслідок росту концентрації міоглобіну);

- збільшення спроможності клітин і тканин поглинати кисень із крові і утворювати АТФ (за рахунок збільшення спорідненості цитохромоксидази до кисню, збільшення щільності мітохондрій, посилення ступеню узгодження процесів окислення та фосфорилування);

- збільшення анаеробного ресинтезу АТФ за рахунок активації гліколізу.

Тривале перебування в гірських умовах (3–4 тижні) приводить до розвитку довготривалої адаптації. Аналогічний результат досягається при використанні ІНГТ. Основні адаптагенні ефекти тренувань розвиваються під впливом інтермітуючого гіпоксичного впливу на межі індивідуального гіпоксичного порогу пацієнта [5, 6, 18]. Внаслідок ІНГТ покращуються вентиляторно-перфузійні відношення в легенях, що обумовлено зростанням дихального об'єму та збільшенням кровопостачання альвеол в усіх частках легень; збільшується дифузійна поверхня легень та підвищується її дифузійна здатність; відбувається збільшення та перерозподіл кровотоку, посилюється кровопостачання життєво важливих органів; зростає ефективність функціонування серцево-судинної системи; збільшується кількість еритроцитів та підвищується швидкість доставки кисню до тканин і його утилізація з циркулюючої крові. Останнім часом в літературі широко обговорюється можливість генетичної детермінованості адаптації до гіпоксії. Виявлений так званий гіпоксія-індуцибельний фактор-1 (HIF-1), з активацією якого в умовах гіпоксії пов'язують стимуляцію проліферативних та анаболічних процесів [6].

Незважаючи на досить широке застосування ІНГТ у профілактичній, клінічній та спортивній медицині протягом останніх 30 років [3–6], досвід використання методики у людей похилого віку недостатній. Впровадженню ІНГТ в гериатричну практику перешкоджає відсутність контрольованих досліджень, які доводять безпечність та ефективність використання гіпоксичних тренувань у людей похилого віку.

Мета нашого дослідження полягала у з'ясуванні можливості проведення ІНГТ у цієї вікової категорії, визначенні їх ефективності та безпечності у людей похилого віку.

Контингент обстежених і методи дослідження

Контингент. Безпечність та ефективність курсу ІНГТ вивчали у 20 людей похилого віку (60–74 років). 60 % осіб за результатами інструментального обстеження, в тому числі на основі визначення фізичної працездатності і функціонального віку, мали знижені функціональні можливості та прискорене старіння серцево-судинної системи.

Гіпоксична проба. Для визначення індивідуального гіпоксичного порогу, який слід враховувати при розробці програми гіпоксичних тренувань, проводили гіпоксичну пробу з поступовим зменшенням концентрації кисню в дихальній суміші на апараті "Гіпотрон" (Україна). В роботі апарату використовується принцип зворотного дихання, коли вдихання і видихання повітря відбувається в закритий контур заданого об'єму. Внаслідок поглинання організмом кисню його концентрація у вдихуваному повітрі поступово зменшується від 20,9 % до 10 % (на 1,5 % протягом хвилини). При цьому концентрація вуглекислого газу в газовій суміші підтримується на рівні не вище 0,5 % завдяки поглинанию натронним вапном. Концентрацію кисню визнача-

ли високочутливим датчиком, який входить в комплект апарату "Гіпотрон", а концентрацію вуглекислого газу вимірювали за допомогою капнографа.

Визначення індивідуального гіпоксичного порогу. Об'єднання критеріїв припинення гіпоксичної проби у людей похилого віку. При розробці критеріїв для визначення індивідуального гіпоксичного порогу впродовж гіпоксичної проби аналізували зміни показників легеневої вентиляції (дыхального об'єму, частоти дихання, хвилинного об'єму дихання), артеріального тиску, частоти серцевих скорочень та сатурації крові (SpO_2). Остання відображає ступінь артеріальної гіпоксемії. Ушкоджуюча дія гіпоксії у людей похилого віку проявляється на рівні PaO_2 50 мм. рт. ст., що відповідає показнику SpO_2 80 % [6]. Під час проведення гіпоксичної проби постійно контролювали стан обстежуваного, в т.ч. враховували його скарги, а також постійно моніторували два відведення ЕКГ (монітор UM-300, "ЮТАС", Україна).

Враховуючи літературні дані щодо критеріїв безпечності при проведенні гіпоксичних проб та гіпоксичних тренувань [4–6, 8], а також дані щодо зниження стійкості до гіпоксії при старінні [9, 10, 16, 17], гіпоксичну пробу у людей похилого віку ми припиняли при досягненні наступних критеріїв:

1). Поява запаморочення, нудоти, болю в ділянці серця або інших суб'єктивних відчуттів погіршення стану, або відмова хворого.

2). Підвищення частоти серцевих скорочень на 30 % і більше.

3). Зниження SpO_2 до 80 %.

4). Підвищення систолічного АТ на 30 % і більше.

5). Зниження концентрації кисню в повітрі, що вдихується, до 10 %.

6). Поява на ЕКГ змін ішемічного характеру [2] або часті екстрасистолії (1:6), або порушень провідності.

7). Зниження ХОД в динаміці на 20 %.

Методика проведення гіпоксичних тренувань. Гіпоксичні тренування проводились на апаратному комплексі "Гіпотрон" (Україна), під контролем вмісту кисню та вуглекислого газу у вдихуваному повітрі. Курс тренувань складався з 10 щоденних сеансів, кожний з яких містив у собі 5 хвилинні цикли вдихання гіпоксичної суміші, що чергувались з 5-хвилинним вдиханням атмосферного повітря (4 цикли за сеанс). При виборі режиму тренувань виходили з літературних даних [3–6, 18], величини індивідуального гіпоксичного порогу та функціональних можливостей людей похилого віку.

Для проведення тренувань використовували гіпоксичну суміш, у якій вміст кисню був на 1–2 % вищим, ніж його мінімальна концентрація при припиненні гіпоксичної проби (індивідуальний гіпоксичний поріг), яка в середньому становила 12 %.

Для оцінки ефективності гіпоксичних тренувань до та після курсу ІНГТ проводились такі дослідження:

— визначення фізичної працездатності (потужність граничного фізичного навантаження),

— реєстрація динаміки показників вентиляційної функції легень (дыхального об'єму (ДО), частоти дихання (ЧД), ХОД) при дозованих фізичних навантаженнях потужністю 25 Вт і 70 Вт,

— визначення артеріального тиску (АТ) та частоти серцевих скорочень (ЧСС) при дозованих фізичних навантаженнях,

— дослідження психомоторної працездатності,

— визначення об'ємного шкіряного капілярного кровотоку в стані спокою та на висоті реактивної гіперемії при пробі з перетисненням плечової артерії, що дає підстави для оцінки судинорухової функції ендотелію.

Для оцінки безпечності гіпоксичних тренувань у людей похилого віку оцінювали суб'єктивні відчуття обстежуваних, реєстрували електрокардіограму (ЕКГ) в 12 відведеннях, вимірювали сатурацію крові пульсоксиметром (SpO_2), ЧД, АТ та ЧСС, проводили лабораторне дослідження крові (загальний та біохімічний аналізи).

Методи дослідження

Моніторування ЕКГ, ЧСС, вентиляційної функції легень та SpO_2 під час гіпоксичної проби проводили за допомогою монітора U-300 ("ЮТАС", Україна). АТ визначали методом Короткова.

Фізичну працездатність (потужність граничного навантаження, виконана робота) визначали методом велоергометрії. Фізичне навантаження проводили за наступною методикою. Спочатку обстежувані виконували дозоване навантаження (ДН) потужністю 25 Вт протягом 5 хв. Потім потужність навантаження поступово (кожні 5 хв) збільшували на 15 Вт до досягнення загальноприйнятих критеріїв припинення проби (субмаксимальна ЧСС, виражена втомата та ін.) [2]. Під час проби з фізичним навантаженням за допомогою апарату "Охусон-4" (Голландія) визначали споживання кисню (SpO_2) і показники вентиляційної функції (ЧД, ДО, ХОД). Постійно моніторували ЕКГ у відведенні CM5 та реєстрували 12 відведень ЕКГ на 5-й хвилині кожного етапу фізичного навантаження.

Для визначення психомоторної працездатності використовували розроблену у відділі комп'ютерну програму, яка за результатами виконання психомоторної проби визначає відсоток швидких реакцій, запізньов, помилок та інтегральний показник психомоторної працездатності [1].

Об'ємну швидкість шкірного кровотоку (ОШШК) в ділянці внутрішньої поверхні передпліччя визначали за допомогою лазерного флоуметра (BLF 21 D, "Transonic S Inc.", США). Динаміка об'ємної швидкості шкірного кровотоку на висоті проби з реактивної гіперемії після припинення перетиснення судин плеча відображає стан судинорухової функції ендотелію. Перетиснення судин плеча протягом 3 хв здійснювалось за допомогою манжети тонометра при тиску в ній на 50 мм. рт. ст. вище систолічного тиску обстежуваного. Визначали максимальну ОШШК на піку реактивної гіперемії та час відновлення ОШШК до початкового рівня. Ця проба характеризує здатність ендотелію до синтезу ендотеліальних факторів релаксації [11, 13].

Відповідно до міжнародних стандартів, аналіз варіабельності ритму серця (BPC) здійснювали безупинною реєстрацією ЕКГ протягом доби за допомогою холтеровського монітора фірми "Сольвей" (Україна). Автоматично вимірювали всі інтервали між зубцями R нормальних комплексів QRS (RR-інтервали). Для аналізу хвильової структури серцевого ритму використовували метод розрахунку спектра потужності, що базується на перетворенні Фур'є і дозволяє визначити ступінь виразності періодичних компонентів серцевого ритму: HF, LF і VLF. Розрахунок спектра проводили для всіх 5-хвилинних стаціонарних ділянок кардіоритмограми, з наступним розрахунком середньогодинних, середньоденних і середньонічних значень показників.

При тимчасовому аналізі розраховували наступні показники:

— RR — середня тривалість інтервалів RR-інтервалів.

— SDNN (standard deviation of the NN interval) — стандартне відхилення (SD) величин нормальних інтервалів RR (NN). Відбиває загальну BPC.

— SDANN — стандартне відхилення середніх RR-інтервалів, полічених за кожні послідовні 5-хвилинні відрізки часу для всієї ЕКГ-записи. Характеризує BPC із періодом великим 5 хв — ультраповільні хвилі ритму серця. Механізм їх остаточно не вивчений. Передбачається зв'язок з гуморальною регуляцією, активністю центральних осциляторів.

— RMSSD (the square root of the mean squared differences of successive NN interval) — квадратний корінь із середнього квадратів різниць величин послідовних пар інтервалів NN.

— pNN50 % — відсоток послідовних інтервалів NN, розходження між якими перевищує 50 мс. Думають, що значення показників RMSSD, pNN50 % визначаються переважно впливом парасимпатичного відділу ВНС. Як правило, показники SDNN і RMSSD, pNN50 % змінюються односпрямовано [12].

Методами спектрального аналізу оцінювали потужність коливань дуже низької частоти в діапазоні 0,003–0,040 Гц (VLF); потужність коливань низької частоти в діапазоні 0,04–0,15 Гц (LF); потужність високочастотних коливань у діапазоні 0,15–0,4 Гц (HF). Визначали також нормалізовані значення LF і HF і відношення LF/HF, що характеризує вегетативний баланс.

Статистична обробка отриманих даних виконана за допомогою програми Statistica 6.0 (StatSoft, USA).

Таблиця 1

Потужність граничного фізичного навантаження до та після курсу ІНГТ у людей похилого віку

Показники	Період обстеження	Всягрупа (n=20)	Підгрупа з ефектом (n=11)	Підгрупа без ефекту (n=9)
Потужність граничного навантаження, Вт	До тренувань	91,8 ± 6,2	82,0 ± 5,6	103 ± 8
	Після тренувань	97,3 ± 5,7	94,1 ± 6,0	102 ± 9
	Зрушення	5,5 ± 2,3 *	12,1 ± 3,1 *	—

Достовірність зрушення показника під впливом тренувань: * — $p < 0,05$

Таблиця 2

Показники серцево-судинної системи, хвилинний об'єм дихання і споживання кисню при дозованих фізичних навантаженнях до та після курсу ІНГТ у людей похилого віку

Фізичне навантаження 25 Вт, п'ята хвилина

Показники	Період обстеження	Підгрупа з ефектом(1)	Підгрупа без ефекту(2)
Систолічний АТ, мм рт. ст.	До тренувань Після тренувань	139 ± 6 134 ± 2	142 ± 7 144 ± 4
ЧСС, хв ⁻¹	До тренувань Після тренувань	91 ± 4 82 ± 5 *	78 ± 5 81 ± 6
Споживання кисню, л/хв.	До тренувань Після тренувань	0,74 ± 0,09 0,67 ± 0,02	0,90 ± 0,12 0,90 ± 0,09
ХОД, л	До тренувань Після тренувань	18,6 ± 2,2 17,5 ± 1,4	23,4 ± 3,0 22,3 ± 2,2

Фізичне навантаження 70 Вт, п'ята хвилина

Показники	Період обстеження	Підгрупа з ефектом(1)	Підгрупа без ефекту(2)
Систолічний АТ, мм рт. ст.	До тренувань Після тренувань	139 ± 6 134 ± 2	142 ± 7 144 ± 4
ЧСС, хв ⁻¹	До тренувань Після тренувань	91 ± 4 82 ± 5 *	78 ± 5 81 ± 6
Споживання кисню, л/хв.	До тренувань Після тренувань	0,74 ± 0,09 0,67 ± 0,02	0,90 ± 0,12 0,90 ± 0,09
ХОД, л	До тренувань Після тренувань	18,6 ± 2,2 17,5 ± 1,4	23,4 ± 3,0 22,3 ± 2,2

Достовірність зрушення показника під впливом тренувань: * — $p < 0,05$

Таблиця 3

Показники психомоторної працездатності до та після курсу ІНГТ у людей похилого віку

Показники	До тренувань	Після тренувань	Зрушення під впливом тренувань
Відсоток швидких реакцій	52 ± 2	58 ± 2	+ 6 ± 2 **
Відсоток запізнь	40 ± 2	37 ± 2	- 3 ± 1 **
Відсоток помилок	4 ± 1	2 ± 0,6	- 2 ± 1 *
Відсоток пропусків	4 ± 0,5	3 ± 0,3	- 1 ± 0,3 *
Інтегральний показник психомоторної працездатності, %	66 ± 3	72 ± 2	+ 6 ± 2 **

Достовірність зрушення показника під впливом гіпоксичних тренувань: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

Результати та їх обговорення

Безпечність проведення гіпоксичної проби та можливість визначення індивідуального гіпоксичного порогу у людей похилого віку.

Основним критерієм припинення гіпоксичної проби у обстежених нами 20 осіб похилого віку було досягнення 10 % концентрації кисню у вдихуваному повітрі (78,1 %). У 15 % літніх людей причиною припинення проби було погіршення самопочуття, зокрема поява помірної задишки, загальної слабкості або запаморочення при концентрації кисню 11–12 %. В інших випадках гіпоксичну пробу було припинено у зв'язку зі зниженням ХОД на 20 % від початкового рівня (два випадки) або зниженням сатурації крові нижче 80 % (чотири випадки). У частини хворих були наявними два або три критерії припинення гіпоксичної проби. В той же час, при проведенні гіпоксичної проби у людей похилого віку не зареєстровано жодного випадку погіршення ЕКГ (ішемія, порушення ритму або провідності), надмірного зростання АТ та/або ЧСС (понад 30 %). Загалом, отримані результати свідчать про безпечність проведення у людей похилого віку гіпоксичної проби з поступовим зниженням концентрації кисню у вдихуваному повітрі.

Гіпоксична проба дозволяє визначити так званий індивідуальний поріг стійкості людей похилого віку до гіпоксії, тобто той рівень концентрації кисню у вдихуваній газовій суміші, при якому ще не виникають негативні зміни в організмі. У літніх людей індивідуальний гіпоксичний поріг відповідає концентрації кисню 11–13 %.

Безпечність гіпоксичних тренувань у людей похилого віку.

Під час проведення ІНГТ за індивідуальними програмами самопочуття переважної більшості людей похилого віку залишалося задовільним. Лише троє з обстежених відмічали погіршення суб'єктивного стану у вигляді шуму в голові, запаморочення, відчуття болю в ділянці серця. Але результати їхнього об'єктивного обстеження (артеріальний тиск, ЧСС, показники легеневої вентиляції, сатурація крові, ЕКГ) не виявили істотного погіршення, яке б свідчило про небезпеку для обстежуваних.

Повторне обстеження після завершення курсу інтервальних гіпоксичних тренувань також не засвідчило будь-яких негативних змін біохімічних показників крові, загального аналізу крові та ЕКГ. Більше того, у обстежених спостерігалась позитивна тенденція до зростання рівня гемоглобіну та кількості еритроцитів в крові.

Ефективність курсу ІНГТ у людей похилого віку.

Фізична працездатність та реакція організму на дозовані фізичні навантаження

В цілому по групі обстежених осіб похилого віку фізична працездатність під впливом ІНГТ зросла на (5,5±2,3) Вт ($p < 0,05$). Позитивного ефекту було досягнуто у 55 % хворих, у яких потужність граничного фізичного навантаження підвищилась на (12±3) Вт ($p < 0,01$). У 45 % літніх людей толерантність до фізичного навантаження залишилась без змін (табл. 1).

Звертає увагу те, що позитивний вплив ІНГТ на фізичну працездатність спостерігався у літніх людей з більш низьким функціональним станом організму (потужність граничного навантаження 82,0 ± 5,6 Вт). В той же час ефект ІНГТ відсутній у обстежених з відносно високими функціональними можливостями організму (потужність граничного навантаження 103 ± 8 Вт).

Сприятливий вплив ІНГТ на фізичну працездатність, можливо, є наслідком більш ефективного функціонування організму в умовах навантаження.

Так, у підгрупі з ефектом ІНГТ під час дозованих фізичних навантажень зменшились показники систолічного АТ та ЧСС (табл. 2), тоді як у підгрупі без ефекту ІНГТ систолічний АТ і ЧСС, навпаки, зросли.

Динаміка показників ХОД і споживання кисню на висоті дозованих навантажень також відрізнялась в підгрупах з ефектом і без ефекту ІНГТ. При навантаженні потужністю 70 Вт ХОД і SpO_2 після тренувань мали тенденцію до зниження в 1-й підгрупі, проте не змінилися або дещо збільшилися в 2-й підгрупі (табл. 2).

Одержані результати свідчать про те, що одним із механізмів сприятливого впливу ІНГТ на фізичну працездатність є ефект економізації діяльності серцево-судинної та дихальної системи за умов фізичного навантаження.

Психомоторна працездатність.

Таблиця 4

Показники об'ємного шкірного кровотоку до та після курсу ІНГТ у людей похилого віку

Показники	До тренувань	Після тренувань	Зрушення під впливом тренувань
Об'ємна швидкість шкірного кровотоку в ділянці передпліччя в спокої, мл/хв.*100 г	0,98 ± 0,03	1,08 ± 0,02	+ 0,1±0,04 *
Максимальна об'ємна швидкість шкірного кровотоку на висоті реактивної гіперемії, мл/хв.*100 г	4,2 ± 0,3	5,3 ± 0,4	+ 1,1 ± 0,3 *
Час відновлення об'ємної швидкості шкірного кровотоку, с	90 ± 6	114 ± 6	+ 24 ± 8 **

Достовірність зрушення показника під впливом гіпоксичних тренувань: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

Адаптогенна дія ІНГТ проявилась також у покращенні результатів виконання психомоторної проби (табл. 3). Істотне зменшення кількості запізнь, помилок і пропусків та значне зростання відсотка швидких реакцій на подразник призвело до суттєвого підвищення інтегрального показника психомоторної працездатності у людей похилого віку.

Судинорохова функція ендотелію.

Незначне підвищення об'ємної швидкості шкірного кровотоку після курсу ІНГТ в стані спокою узгоджується з літературними даними щодо впливу гіпоксії на мікроциркуляцію внаслідок збільшення кількості функціонуючих капілярів та еритроцитів, збільшення діаметру капілярів.

Більш суттєвими результатами цього дослідження є те, що після ІНГТ істотно зростає максимальна швидкість об'ємного шкірного кровотоку на висоті реактивної гіперемії та час відновлення ОШШК (табл. 4). У відповідності до сучасних уявлень, такі зрушення ОШШК при пробі з реактивною гіперемією свідчать про розширення капілярів шкіри. Враховуючи дані щодо відсутності істотного зростання кількості функціонуючих капілярів в похилому віці у відповідь на стимулюючі впливи [13], цей ефект, ймовірно, зумовлений посиленням синтезу ендотеліальних факторів релаксації в процесі застосування періодичної дозованої гіпоксії.

Вегетативна регуляція

З метою оцінки впливу гіпоксичних тренувань на вегетативну регуляцію серцево-судинної системи були проаналізовані зміни ВРС.

Як видно з отриманих даних (табл. 5), гіпоксичні тренування не викликають достовірних зрушень середніх значень ЧСС і загальної варіабельності ритму серця (SDNN). Однак у денний час доби вірогідно ($p < 0,05$) збільшується потужність LF-коливань ритму серця, показник симпатовагального балансу (LF/HF) і змінюються нормалізовані значення спектральних показників ВРС (LFn, HFn). Характер змін цих показників свідчить про збільшення після тренувань тону симпатичного відділу вегетативної нервової системи (ВНС) у денний час доби.

У той же час уночі, як видно з отриманих даних, вірогідно збільшується потужність HF-коливань ритму серця, що можна інтерпретувати як ріст активності парасимпатического відділу ВНС.

Відомо, що в денний час доби в нормі збільшується симпатичний тонус, а вночі — парасимпатический (добові ритми). Раніше нами було показано, що в старих людей знижується амплітуда добових ритмів ВНС [12]. Тому зміни вегетативної регуляції під впливом гіпоксичних тренувань можна розцінювати як позитивні, тому що вони свідчать про нормалізацію добових ритмів.

Висновки

Дозована гіпоксична проба з поступовим зниженням концентрації кисню у вдихуваному повітрі є безпечною для людей похилого віку.

За умови індивідуального підбору режиму гіпоксичних тренувань та належного клініко-інструментального контролю під час їх проведення, ІНГТ добре переносяться людьми похилого віку і можуть бути рекомендовані як засіб розширення адаптаційних можливостей старіючого організму.

Адаптогенна дія ІНГТ у людей похилого віку характеризується зростанням під їхнім впливом показників фізичної та психомоторної працездатності більш ніж у половини обстежених.

Таблиця 5
Зрушення показників ВРС під впливом курсу гіпоксических тренувань

Показник	Доба		День		Ніч	
	М	m	М	m	М	m
RR, мс	-31,00	23,31	-34,63	30,80	-26,63	18,11
SDNN, мс	17,75	15,97	16,00	14,44	17,63	16,43
SDANN, мс	-7,63	5,03	-1,13	5,20	-14,50	8,76
RMSSD, мс	1,63	1,91	1,00	1,56	1,63	2,15
pNN50, %	-0,26	1,28	-1,16	1,47	0,51	1,23
VLF, мс ²	-46,00	113,90	-29,75	74,25	-30,75	155,53
LF, мс ²	98,38	54,34	149,00 *	64,71	58,00	52,80
HF, мс ²	91,38	53,66	78,25	91,47	94,50 *	42,70
LF/HF	0,03	0,24	0,55 *	0,21	-0,21	0,24
LFn, н.е.	1,63	2,74	7,63 *	2,92	-2,13	2,66
HFn, н.е.	-1,63	2,74	-7,38 *	2,92	2,50	2,75

Достовірність зрушення показника під впливом гіпоксичних тренувань: * — $p < 0,05$.

Одним із механізмів позитивного впливу ІНГТ на фізичну працездатність є ефекти економізації функціонування серцево-судинної та дихальної систем.

Під впливом інтервальних нормобаричних гіпоксичних тренувань зростає об'ємний шкіряний кровоток як в стані спокою, так і на висоті реактивної постоклюзійної гіперемії, що свідчить про покращення судинорохової функції ендотелію.

Курс ІНГТ у людей похилого віку призводить до нормалізації добових ритмів вегетативної нервової системи у вигляді посилення активності симпатичної нервової системи вдень та парасимпатичної — вночі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антоноук-Щеглова І. А., Шатило В. Б., Писарук А. В. Особенности реакции сердечно-сосудистой системы на кратковременное экспериментальное психоэмоциональное стрессорное воздействие // Проблемы старения и долголетия — 1994 — Т. 4, № 2 — С. 220–226.
2. Аронов Д. М., Лупанов В. П., Михеева Т. Г. Функциональные пробы в кардиологии. Электрокардиографический контроль при проведении функциональных проб // Кардиология. — 1995 — № 8 — С. 79–86.
3. Березовський В. А., Горбань Е. М., Левашов М. І., Сутковий А. Д. Технологія підвищення резистентності організму за допомогою гіпоксі-терапії (метод рекомендації). — Київ: МОЗ України, 2000. — 24 с.
4. Горанчук В. В., Сапова Н. І., Іванов А. О. Гипокситерапия. ООО "Элби-СПб", 2003. — 536 с.
5. Дудко В. А., Соколов А. А. Моделирование гипоксии в клинической практике — Томск, 2003. — 350 с.
6. Колчинская А. З., Цыганова Т. Н., Остапенко Л. А. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте — М.: Медицина, 2003. — 408 с.

7. Коркушко О. В. Значимость респираторных, гемодинамических и тканевых факторов в развитии гипоксии в пожилом и старческом возрасте // Проблемы старения и долголетия — 1998. — № 4. — С. 376–384.
8. Коркушко О. В., Асанов Э. О., Шатило В. Б., Маковская Л. И. Эффективность интервальных нормобарических гипоксических тренировок у пожилых людей // Проблемы старения и долголетия — 2004 — № 2 — С. 155–161.
9. Коркушко О. В., Иванов Л. А. Гипоксия и старение. — Киев: Наук. думка, 1980. — 276 с.
10. Коркушко О. В., Иванов Л. А. Современные представления о патогенетических факторах гипоксии в пожилом и старческом возрасте // Вестн. АМН СССР. — 1990. — № 1. — С. 41–45.
11. Коркушко О. В., Лішевська В. Ю., Дужак Г. В. Спосіб визначення функціонального стану ендотелію мікросудин в осіб похилого віку. Патент України 46415А // Бюлетень промислової власності. — № 5, 15.05.2002.
12. Коркушко О. В., Писарук А. В. Суточные ритмы вегетативных влияний на сердечно-сосудистую систему при старении // Пробл. старения и долголетия — 1999. — № 8, № 1. — С. 3–8.
13. Коркушко О. В., Чеботарев Д. Ф., Саркисов К. Г. та ін. Вікові зміни мікроциркуляції і гемореології в людини // Матеріали II міжнародної конференції "Мікроциркуляція та її вікові зміни" (Київ, 22 — 24 травня 2002 р.) — Київ, 2002 — С. 140–146.
14. Меерсон Ф. З. Адаптация к высотной гипоксии // Физиология адаптационных процессов. — М.: Наука, 1986. — С. 224–250.
15. Меерсон Ф. З. Адаптация, стресс и профилактика. — М.: Наука, 1981. — 280 с.
16. Середенко М. М. Возрастные особенности реакции старческого организма на недостаток кислорода во вдыхаемом воздухе. Автореферат дис. канд. мед. наук. — Киев, 1965. — 15 с.
17. Чеботарев Д. Ф., Коркушко О. В., Иванов Л. А. О механизмах развития гипоксии в пожилом и старческом возрасте // Старение и физиологические системы организма. — Киев, 1969 — С. 221–235.
18. Kolchinskaya A. Z. Mechanisms of interval hypoxic training effects // Hypoxia Medical J — 1993. V.1. — P.5–7.

БЕЗПЕЧНІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРВАЛЬНИХ НОРМОБАРИЧНИХ ГІПОКСИЧНИХ ТРЕНУВАНЬ У ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ

О. В. Коркушко, В. О. Іщук, В. Б. Шатило,
А. В. Писарук, Г. В. Дужак

Резюме

Незважаючи на багаторічну історію використання інтервальних нормобаричних гіпоксичних тренувань (ІНГТ) у профілактичній та клінічній медицині, натепер майже відсутній досвід їх застосування у людей похилого віку.

Безпечність та ефективність ІНГТ вивчали у 20 людей похилого віку, більшість з яких мали знижені функціональні можливості організму і прискорене старіння серцево-судинної системи.

Режими гіпоксичних тренувань підбирали індивідуально з врахуванням реакції організму на дозовану гіпоксичну пробу. Курс ІНГТ складався з 10 сеансів. В межах кожного сеансу

5-хвилинні цикли дихання гіпоксичною сумішшю (12–14 % кисню) чергувалися з 5-хвилинними циклами дихання атмосферним повітрям (4 цикли за сеанс).

Показано, що, за умови індивідуального підбору режиму тренувань та належного клініко-інструментального контролю за станом пацієнта, ІНГТ добре переносяться людьми похилого віку. Адаптогенний ефект гіпоксичних тренувань характеризується зростанням більш ніж у половини обстежених показників фізичної та психомоторної працездатності, зменшенням реакції серцево-судинної системи і вентиляційної функції легень на дозовані фізичні навантаження. Механізм позитивного впливу ІНГТ на фізичну працездатність пов'язаний з ефектами економізації функцій організму. Крім того, під впливом гіпоксичних тренувань зростає об'ємний шкіряний кровоток як в стані спокою, так і, особливо, на висоті реактивної постоклюзійної гіперемії, що свідчить про покращення судинорухової функції ендотелію. Результати дослідження дозволяють рекомендувати ІНГТ як засіб розширення адаптаційних можливостей організму у людей похилого віку.

SAFETY AND EFFICACY OF THE INTERMITTENT NORMOBARIC HYPOXIC TRAININGS OF ELDERLY PEOPLE

O. V. Korkushko, V. O. Ischuk, V. B. Shatilo,
A. V. Pisaruk, G. V. Duzhak

Summary

Despite a fact that the intermittent normobaric hypoxic trainings (INHT) have long been used in preventive and clinical medicine, there is almost no experience of its application in the elderly.

Our study on the safety and efficacy of the INHT involved the group of 20 elderly subjects, most of whom had reduced organism's functional capacities and an accelerated aging of the cardiovascular system.

Regimens for hypoxic training were selected on the individual basis, with an account being taken of organism's reaction to a dose of hypoxic test. The course of INHT had 10 seances. Within a frame of each seance, the 5 min cycles of hypoxic mixture breathing (12–14 % oxygen) alternated with the 5-min cycles of atmospheric air breathing. There were 4 cycles during one seance.

It has been found that the INHT were fairly tolerated by elderly patients provided that an individual training regimen was properly selected and trainings were performed under a thorough clinical-instrumental control over the patient. The adaptogenic effect of hypoxic trainings was seen in an increase of physical and psycho-motor working abilities in more than half of study persons and a reduction of cardiovascular system and ventilation function reactions to the dosed out physical loads. The mechanism of a positive influence of the INHT on physical working ability is linked with economization effects of the organism functioning. Moreover, owing to hypoxic training the volumetric skin blood flow raises both at rest and, especially, at altitudes of reactive post-occlusive hyperemia. This indicates an improvement of vascular-motor function of the endothelium. The results of study permit us to recommend the INHT as a fair means for extending organism's adaptive capacities in the aged.