

УДК 796.011.3:612.17

ББК 75.717.5

Микола Агаджанян, Юрій Полатайко

**ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ  
СПОРТСМЕНІВ-ПЛАВЦІВ НА ДІЮ ГІПОКСІЇ У РІЗНІ СЕЗОНИ РОКУ**

Нині особлива увага приділяється вивченню кількісної оцінки індивідуальної реактивності на дію факторів зовнішнього середовища. Як відомо, індивідуальні особливості кожної людини виявляються в характері реагування на гіпоксичний стимул, який є однією з найчіткіших генетично детермінованих ознак і відображає найадекватніші особливості індивідуальної фізіологічної реактивності організму. Крім того, стійкість до гіпоксії дозволяє судити про загальну або неспецифічну стійкість організму до різних екологічних факторів.

**Ключові слова:** кардіореспіраторна система, гіпоксія, гіперкапінія.

*В настоящее время особое внимание уделяется изучению количественной оценки индивидуальной реактивности на воздействие факторов внешней среды. Как известно, индивидуальные особенности каждого человека проявляются в характере реагирования на гипоксический стимул, который является одним из наиболее жестко генетически детерминированных признаков и отражает наиболее адекватные особенности индивидуальной физиологической реактивности организма. Кроме того, устойчивость к гипоксии позволяет судить об общей или неспецифической устойчивости организма к различным экологическим факторам.*

**Ключевые слова:** кардиореспираторная система, гипоксия, гиперкапния.

*Seasonal variation in reactivity of cardiorespiratory system are revealed under the influence of progressing hypoxia, with is shown by distinct decrease of reaction of respiration and increased reaction of the hemodynamics in the summer. Summer activates higher aerobic reserves of the organism, in comparison with other seasons of the year.*

**Keywords:** cardiovascular system, hypoxia, hypercapnia.

**Постановка проблеми та аналіз результатів останніх досліджень.** Спортивне тренування ґрунтується на використанні спеціально підібраних тренувальних впливів рухової спрямованості для досягнення необхідного стану організму спортсмена. Таке положення є особливо актуальним для циклічних видів спорту з проявом витривалості, в яких об'єми і інтенсивність виконуваних тренувальних і змагальних навантажень досягли своєї максимально допустимої межі. Їх безсистемне використання, без урахування наслідків дії на організм, може негативно відобразитися на процесі адаптації організму спортсменів у річному циклі підготовки, що в результаті не дозволяє їм повною мірою реалізовувати свої можливості в умовах змагальної діяльності. Тому розуміння фізіологічних механізмів адаптації кваліфікованих спортсменів до виконуваних навантажень, на основі дослідження фізіологічної реактивності таких провідних для прояву витривалості систем організму, як система дихання, ґрунтується на розумінні нейрогуморальних механізмів змін реактивності в річному циклі підготовки. Актуальність такого підходу відкриває нові можливості для проведення кількісного визначення взаємозв'язку характеру дій тренувального навантаження на організм і його впливу на досягнутий тренувальний ефект.

Нині особлива увага приділяється вивченню кількісної оцінки індивідуальної реактивності на дію факторів зовнішнього середовища. Як відомо, індивідуальні особливості кожної людини виявляються в характері реагування на гіпоксичний стимул, який є однією з найбільш щільно генетично детермінованих ознак і відображає найадекватніші особливості індивідуальної фізіологічної реактивності організму. Крім то-

го, стійкість до гіпоксії свідчить про загальну або неспецифічну стійкість організму до різних екологічних факторів.

**Мета дослідження** – вивчення сезонної динаміки показників кардіореспіраторної системи (КРС) в обстежуваних при дії ізокапічної гіпоксії.

**Методи дослідження.** У обстеженні взяло участь 46 практично здорових чоловіків у віці від 18 до 26 років ( $21,4 \pm 0,2$  років), масою тіла в середньому –  $74,8 \pm 0,6$  кг, зростом –  $178,1 \pm 0,5$  см.

Дослідження проводилися восени (вересень-жовтень), взимку (грудень-січень), весною (березень-квітень) і влітку (червень-липень).

Чутливість дихального центру до гіпоксії визначалася за методом Вейла – використовували ізокапічну гіпоксичну стимуляцію, яка створювалася за допомогою методу поворотного дихання в діапазоні  $P_{A_{O_2}}$  від 135 до 45 мм рт. ст. [3, с.102]. Обстежуваний здійснював зворотне дихання в системі “мішок в ящику” з поступовим зниженням вмісту  $O_2$  в мішку від його рівня в атмосферному повітрі. Забезпечується стабілізація  $P_{A_{CO_2}}$  системою поглинання  $CO_2$ , тобто створюються наростаюча ізокапічна гіпоксична стимуляція.

У спокої і під час проведення гіпоксичної проби за допомогою швидкодіючого газоаналітичного комплексу “Охусон Alpha” (Німеччина), кожні 10 секунд реєструвалася легенева вентиляція (МОД, л/хв), частота дихання (ЧД, дих/хв), дихальний об’єм (ДО, мл), концентрація  $O_2$  і  $CO_2$  в повітрі, що видихається ( $F_{E_{O_2}}$ ,  $F_{E_{CO_2}}$ , %) і в альвеолярному повітрі ( $F_{A_{O_2}}$ ,  $F_{A_{CO_2}}$ , %). Розраховувалися наступні показники газообміну: споживання  $O_2$  ( $VO_2$ , л/хв), виділення  $CO_2$  ( $VCO_2$ , л/хв), дихальний коефіцієнт (ДК, од.), коефіцієнт використання кисню (КВО<sub>2</sub>, мл/л), кисневий пульс ( $O_2$ -пульс =  $VO_2/ЧСС$ , мл/уд).

Об’ємні показники зовнішнього дихання наводилися до умов ВTPS, а показники газообміну – до стандартних умов STPD.

Функціональний стан серцево-судинної системи оцінювався за допомогою електрокардіографії та імпедансної тетраполярної реографії з реєстрацією показників на міографі “М-34 Сіменс-Елема” (Швеція) і реоплетизмографі РПГ-2-02. Артеріальний тиск вимірювався методом Короткова. Досліджувалися показники: частота серцевих скорочень (ЧСС, уд/хв), ударний об’єм серця (УО, мл), хвилинний об’єм кровообігу (ХОК, л/хв), артеріальний тиск (мм рт. ст.) систолічний (САТ), діастолічний (ДАТ), середньодинамічний (СДТ), пульсовий тиск (ПТ,  $АТс \times ЧСС/100$ , од.).

Статистична обробка результатів проводилася з використанням t-критерію Стьюдента в статистичних програмах “Statistica 6.0” і програмного забезпечення Microsoft Excel 2000.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Результати дослідження кардіореспіраторної системи у спокої свідчать, що величини більшості показників, що вивчаються, схильні до сезонних коливань. При цьому сезонні ритми показників КРС характеризуються внутрішньою і зовнішньою синхронізацією.

Доречно відзначити, що при визначенні ЖЄЛ і МВЛ нами отримані дані, що свідчать про достовірне збільшення цих показників в літній період року, в порівнянні з іншими сезонами ( $P < 0,001$ ). Як відомо, ЖЄЛ визначає максимально можливу глибину дихання і тому є важливим показником функціональних можливостей зовнішнього дихання [1, с. 246].

Аналіз одержаних даних показав, що в умовах спокою при диханні атмосферним повітрям у всіх обстежуваних максимальні значення МОД і  $VO_2$  спостерігаються в зимовий період року. Сезонні відмінності МОД у спокої обумовлені, передусім, за рахунок підвищення дихального об’єму взимку (на 16,1%), в порівнянні з літом

( $P < 0,001$ ) (табл. 1). У холодний період року підвищений енергообмін досягається головним чином за допомогою збільшення рівня вентиляції легенів. При цьому споживання кисню підвищується до січня і зберігається на високому рівні до квітня.

Ефективність дихання ( $KVO_2$ ) і кисневий пульс ( $VO_2/ЧСС$ ) у сезонній динаміці в обстежуваних досягали максимуму в літній період року. Сезонна динаміка частоти серцевих скорочень у спокої характеризується вищими значеннями в усіх обстежуваних взимку, що пов'язано із зміною вегетативної регуляції серцевої діяльності, тобто переважанням симпатичних впливів на серцевий ритм.

Таблиця 1

**Динаміка показників кардіореспіраторної системи в умовах спокою при диханні атмосферним повітрям в обстежуваних у різні сезони року ( $M \pm m$ )**

Показники	Сезони року			
	осінь	зима	весна	літо
ЖЄЛ, л	4,62±0,05	4,43±0,04	4,66±0,06	4,79±0,05***
МВЛ, л	99,3±1,4	93,3±1,2	102,6±1,2	108,6±1,6***
МОД, л	10,55±0,18	12,85±0,21**	11,08±0,28	9,19±0,16
$VO_2$ , мл/кг/хв	4,12±0,07	4,57±0,08***	4,36±0,06	4,06±0,05
ДК, ум. од.	0,895±0,005***	0,891±0,004	0,874±0,006	0,881±0,004
$KVO_2$ , мл/л	30,4±0,4	26,9±0,3	29,7±0,5	32,2±0,6***
$VO_2$ , ЧСС мл/хв	4,25±0,08	4,48±0,09	4,41±0,07	4,63±0,09**
ЧСС, уд/хв	73,5±1,2	76,9±1,4***	71,8±1,1	68,2±0,9
МОК, л	4,19±0,08	4,57±0,09**	4,29±0,09	4,26±0,08
САТ, мм рт. ст.	122,1±1,2	126,2±1,4***	120,5±1,3	118,9±1,2
ДАТ, мм рт. ст.	77,1±0,9	79,3±1,1***	74,3±1,2	71,9±0,9
ПТ, ум.од.	89,7±1,7	97,0±1,8***	85,8±1,3	79,8±1,4

\* $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$

Максимальні значення МОК взимку досягалися, передусім, за рахунок збільшення ЧСС. При оцінці сезонних змін артеріального тиску в обстежуваних зареєстровано підвищення САТ, ДАТ і ПТ упродовж зимового періоду року, а УО – літнього.

Таким чином, можна говорити, що в умовах спокою при диханні атмосферним повітрям в усіх обстежуваних параметри кардіореспіраторної системи схильні до впливу сезонних ритмів, більшість максимумів припадають на зимову і літню пору року.

Результати дослідження динаміки показників реактивності кардіореспіраторної системи в обстежуваних у різні сезони року в умовах наростаючої ізокапічної гіпоксії наведені в табл. 2.

Аналіз одержаних даних показав, що максимальний ступінь зміни  $\Delta P_{AO_2}/t^{-1}$  за період проби спостерігається в літній період року, в порівнянні з іншими сезонами ( $P < 0,05$ ).

При дії ізокапічної гіпоксії в усіх обстежуваних спостерігається суттєва зміна часових значень показників системи дихання незалежно від сезонів року. Закономірно, що до кінця проби величини МОД протягом року збільшувалися в середньому в 1,2–1,6 рази. Найвищий приріст значень МОД спостерігався в обстежуваних у весняний період року.

Встановлено, що найвищий рівень чутливості вентиляторної реакції на дію ізокапічної гіпоксії, який оцінюється за приростом МОД на одиницю зміни насичення крові  $O_2$  ( $\Delta MOД/\Delta SaO_2$ ), спостерігається у весняний період року, а найнижчий – в літній.

Таблиця 2

## Динаміка показників кардіореспіраторної системи в умовах наростаючої гіпоксичної стимуляції в обстежуваних у різні сезони року (M±m)

Показники	Сезони року			
	осінь	зима	весна	літо
$\Delta P_A O_2 / t^{-1}$ мм рт. ст.	6,5±0,3	6,8±0,2	7,3±0,3	7,8±0,3***
МОД <sub>84</sub> , л	15,6±0,8	17,5±1,1	18,3±1,1**	14,4±0,8
$\Delta \text{МОД} / \Delta \text{SaO}_2$ , л/хв/%	0,42±0,02	0,38±0,02	0,58±0,03***	0,43±0,03
$\Delta \text{МОД} / \Delta \text{ДО}$ , л	31,6±1,1	36,6±1,3	30,4±0,9	26,8±0,8***
МОК <sub>84</sub> , л/хв	4,86±0,07	5,04±0,08	4,97±0,11	4,78±0,09
$\Delta \text{ЧСС} / \Delta \text{SaO}_2$ , уд/хв/%	1,44±0,02	1,63±0,04	1,52±0,06	1,42±0,03
$\Delta \text{МОК} / \Delta \text{SaO}_2$ , мл/хв/%	56,1±1,5	39,6±1,4	48,6±1,6	57,4±1,7
САТ, мм рт. ст.	134,5±1,3	138,6±1,5	136,1±1,5	129,8±1,3
ДАТ, мм рт. ст.	89,8±0,8	94,5±1,2	91,3±1,1	84,2±0,9
СДТ, мм рт. ст.	104,7±1,0	109,2±1,1	106,2±1,1	99,4±0,9
ПТ, ум.од.	121,9±3,7	131,6±3,1	124,5±2,8	114,8±2,6

\*p&lt;0,05; \*\* – p&lt;0,01; \*\*\* – p&lt;0,001

У літній час зміна легеневої вентиляції відбувалася переважно за рахунок збільшення дихального об'єму, що свідчить про підвищення функціонування кисневотранспортної системи в обстежуваних у цей період року, що також підтверджується найнижчими значеннями співвідношення  $\Delta \text{МОД} / \Delta \text{ДО}$ .

Відомо, що підвищення ролі дихального об'єму в реалізації хвилинного об'єму дихання вказує на підвищення резервних можливостей системи зовнішнього дихання [1, с.252].

Аналіз результатів дослідження реакції серцево-судинної системи на дію ізокапічної гіпоксії в обстежуваних у різні періоди року показав, що при стандартній величині насичення крові  $O_2$  рівним 84 % ( $\text{SaO}_{284}$ , %) максимальний приріст ЧСС спостерігався взимку, а мінімальний – влітку.

Основною характеристикою змін АТ на дію гіпоксії є підвищення в зимовий період року. Ще більш чітко дана тенденція виявлялася по ДАТ і СДТ, які також мали вищі значення взимку.

Сезонна динаміка пульсового тиску (ПТ) характеризується найвищими значеннями в зимовий період року, за рахунок збільшення частоти серцевих скорочень. На думку Hermida R.C., Fernandez J.R., Ayala D.E., пульсовий тиск достовірно відображає потребу серця в кисні і дає уявлення про економічність функціонування системи кровообігу. При цьому ПТ має сильніший кореляційний зв'язок із масою лівого шлуночку серця, ніж з артеріальним тиском [5, с.480].

### Висновок

Внаслідок хронофізіологічних досліджень виявлені сезонні відмінності в реактивності кардіореспіраторної системи при дії наростаючої гіпоксії, що виявляється виразним зниженням у літній період реакції дихання ( $\Delta \text{МОД} / \Delta \text{SaO}_2$ ), перфузійного для вентиляційного співвідношення ( $\Delta \text{МОД} / \Delta \text{МОК}$ ) і підвищенням реакції кровообігу ( $\Delta \text{МОК} / \Delta \text{SaO}_2$ ). У цей період встановлені вищі аеробні резерви організму в обстежуваних, в порівнянні з іншими сезонами року.

Виявлено, що гіпоксична стимуляція кардіореспіраторної системи в обстежуваних викликає більше напруження регуляторних механізмів, великий ступінь активації симпатичного відділу вегетативної нервової системи взимку, в порівнянні з іншими сезонами року. При цьому спостерігається підвищення рівня чутливості і загальної

реактивності кардіореспіраторної системи на дію гіпоксичного стимулу в зимово-весняний період року.

1. Человек в условиях гипоксии и гиперкапнии / [Н. А. Агаджанян, И. Н. Полунин, В. К. Степанов и др.]. – Астрахань ; М. : АГМА, 2001. – 340 с.
2. Волков Н. И. Градации гипоксических состояний у человека при напряженной мышечной деятельности / Н. И. Волков, У. Дардури, В. Я. Сметанин // Физиология человека. – 1998. – Т. 24, № 3. – С. 51–63.
3. Мищенко В. С. Функциональная подготовленность, как интегральная характеристика предпосылок высокой работоспособности спортсменов : метод. пособ. / В. С. Мищенко, А. И. Павлик, В. Ф. Дяченко. – К. : ГНИИФКиС, 1999. – 129 с.
4. Радьш И.В., Ходорович А.М., Краюшкин С.И. et al. // Hypoxia Medical J. –2001. – Vol. 9, № 4. – P. 50–55.
5. Hermida R. C., Fernandez J. R., Ayala D. E. et al. // Chronobiol. Int. – 2001. – Vol. 3, № 3. – P. 474–489.

Рецензент: докт. біол. наук, проф. Мицкан Б. М.

УДК 612. 66

ББК 75.0

Іван Глазирін

### ОСОБЛИВОСТІ БІОЛОГІЧНОГО ДОЗРІВАННЯ УЧНІВСЬКОЇ ТА СТУДЕНТСЬКОЇ МОЛОДІ ЧОЛОВІЧОЇ СТАТІ, ВИЗНАЧЕНОГО ЗА ФОРМУВАННЯМ ПОСТІЙНОЇ ЗУБНОЇ ФОРМУЛИ

*Досліджувалися можливості вивчення темпів біологічного дозрівання сучасної учнівської та студентської молоді за формуванням постійної зубної формули. Встановлено, що формування формули постійних зубів, як метод оцінки темпів біологічного дозрівання, можна використовувати для представників чоловічої статі від 6 до 21-річного віку, крім двох вікових категорій досліджуваних (15–16 років), коли у її становленні виражена стадія диференціювання.*

**Ключові слова:** зубна формула, біологічне дозрівання, учнівська та студентська молодь чоловічої статі.

*Исследовались возможности изучения темпов биологического созревания современной учащейся и студенческой молодежи по формированию постоянной зубной формулы. Установлено, что формирование формулы постоянных зубов, как метод оценки темпов биологического созревания, можно использовать для представителей мужского пола от 6 до 21-годовалого возраста, кроме двух возрастных категорий исследуемых (15–16 лет), когда в её становлении выражена стадия дифференцирования.*

**Ключевые слова:** зубная формула, биологическое созревание, учащаяся и студенческая молодежь мужского пола.

*The peculiarities of studying tempos of biological ripening of modern pupils and students determined by the formation of permanent teeth formula were investigated. It was defined that the formation of formula of second teeth, as the method of evaluation of tempos of biological ripening, can be used for males aged 6–21, except two age categories (15–16) when the stage of differentiation is reflected in its formation.*

**Keywords:** teeth formula, biological ripening, male pupils and students.

**Постановка проблеми та аналіз результатів останніх досліджень.** У період молодшого шкільного віку особливості біологічного дозрівання дітей визначають за темпами заміни молочних зубів постійними [2, 3, 5]. Формування формули постійних зубів досить тісно взаємозв'язане з осифікацією скелету, а даний показник найбільш точно визначає темпи біологічного дозрівання дитини [4, 6]. Цей факт свідчить про високу надійність даного показника при встановленні темпів морфофункціонального розвитку дітей молодшого шкільного віку або препубертатного періоду [1, 6]. Не зважаючи на