

## О. В. Коркушко, А. В. Писарук, Э. О. Асанов, Н. Д. Чеботарёв, В. Ю. Лишневская РЕАКЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ИЗОКАПНИЧЕСКУЮ ГИПОКСИЮ В ПОЖИЛОМ ВОЗРАСТЕ

*Институт геронтологии АМН Украины*

Гипоксия имеет важное значение как в возникновении, так и в течении многих заболеваний [1–3, 6–7]. В то же время многочисленные исследования показывают, что гипоксия встречается также и при таких физиологических состояниях организма, как внутриутробный период развития плода, тяжелая физическая работа, повышенная активность у спортсменов, гипоксия после приема обильной пищи, гипоксия стареющего организма [3, 6–7].

Известно, что в ответ на гипоксический стимул, наряду с усилением функции дыхательной системы, усиливается и функция сердечно-сосудистой и других систем организма [1–3, 5]. Развитие артериальной гипоксемии вследствие недостатка кислорода действует как раздражитель на хеморецепторы аортально-каротидной зоны, непосредственно на центры, регулирующие дыхание и кровообращение, а также на другие органы. При этом под влиянием гипоксемии усиливаются функции системы транспорта кислорода, то есть развивается гипервентиляция легких, увеличение минутного объема кровообращения, расширение сосудов мозга и сердца, сужение сосудов органов брюшной полости и мышц [1–4].

В процессе старения реакция организма на действие гипоксии изменяется. При угасании функций в старости нарушаются процессы транспорта кислорода, и, как следствие, ограничивается доставка кислорода и его утилизация в клетках. Эти изменения ведут к снижению адаптационных возможностей организма, что создает предпосылки для развития различных заболеваний и усугубления их течения. Это также приводит к снижению устойчивости организма к действию гипоксического стимула в старости [6–8].

Однако механизмы снижения устойчивости к гипоксии в старости изучены недостаточно. Так, в частности, не ясны возрастные особенности реакции сердечно-сосудистой системы на гипоксию.

Поэтому целью настоящей работы являлось выяснение возрастных особенностей реакции сердечно-сосудистой системы на гипоксию.

### Материалы и методы исследования

Обследованы практически здоровые люди в возрасте от 20 до 70 лет (по 16 чел. в каждом десятилетии).

Состояние изокапнической нормобарической гипоксии вызывалось вдыханием газовой смеси со сниженным содержанием кислорода (12 %  $O_2$  и 88 %  $N_2$ ) в течение 10 мин. Показатели сердечно-сосудистой системы регистрировали в течение 5 мин дыхания воздухом, 10 мин дыхания гипоксической смесью и 3 мин после перехода на дыхание воздухом. Частоту сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (АД) регистрировали с помощью монитора ЮМ-300 фирмы "ЮТАС" (Украина). Вегетативная регуляция изучалась методом анализа вариабельности ритма сердца (ВРС) с помощью монитора фирмы "ЮТАС". Анализ ВРС выполнен в соот-

ветствии с международными стандартами [9–11]. Для анализа волновой структуры сердечного ритма использовался метод расчета спектра мощности, базирующийся на быстром преобразовании Фурье. Рассчитывалась мощность компонент сердечного ритма в трех диапазонах частот: 0,15–0,4 Гц (высокочастотные колебания, HF), 0,04–0,15 Гц (низкочастотные колебания, LF). Расчет спектра проводился для 5-минутной записи RR-интервалов при дыхании воздухом и с 5 по 10 минуту дыхания гипоксической газовой смесью. В соответствии с общепринятыми представлениями, мощность HF-колебаний отражает парасимпатическую активность, мощность LF-колебаний — барорефлекторную активность, а отношение LF/HF является показателем симпатовагального баланса.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью программы Statistica 6.0 (StatSoft, USA). Использованы следующие методы статистического анализа: ANOVA, t-тест, корреляционный и регрессионный анализ.

### Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что вдыхание гипоксической газовой смеси практически у всех людей вызывало достоверный рост ЧСС, в среднем на  $12,2 \pm 0,77$  удара в мин. На рис. 1 показана динамика изменений ЧСС при проведении гипоксической пробы у людей разного возраста. Видно, что в группе людей старшего возраста отмечается замедленный рост ЧСС при переходе на дыхание 12 %  $O_2$  и более медленное восстановление ЧСС после прекращения пробы.

Увеличение ЧСС при дыхании гипоксической смесью обусловлено развитием выраженной артериальной гипоксемии. Об этом свидетельствует снижение сатурации крови в среднем на  $17,13 \pm 0,61$  % у всех обследованных. При этом возрастных различий не было выявлено.

Анализ полученных данных показал, что увеличение возраста не приводит к достоверным изменениям прироста ЧСС при гипоксии. Об этом свидетельствует отсутствие зависимости максимального прироста ЧСС от возраста людей при гипоксической пробе ( $r = 0,0074$ ;  $p = 0,9554$ ). Это связано, по-видимому, с уменьшением чувствительности синусового узла к вегетативным влияниям при старении. В пользу такого предположения свидетельствует тот факт, что с возрастом значительно снижаются LF и HF-колебания ритма сердца, обусловленные вегетативными влияниями на синусовый узел [9].

Как показали проведенные нами исследования, при дыхании гипоксической газовой смесью в среднем отмечается небольшое, но достоверное увеличение систолического (на  $5,22 \pm 1,05$  мм рт. ст.) и диастолического (на  $3,90 \pm 0,83$  мм рт. ст.) артериального давления. Однако примерно у трети людей (независимо от возраста) АД при гипоксической пробе практически не изменялось или даже несколько снижалось. На рис. 2 показана зависимость прироста систолического АД при гипоксической пробе от возраста людей. Видно, что с возрастом увели-

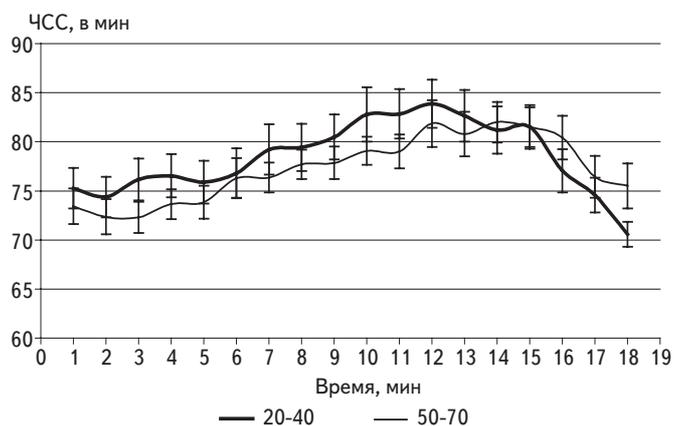


Рис. 1. Динамика ЧСС (уд./мин) при диханні 12 % O<sub>2</sub> у здорових людей різного віку (1–5 мин — дихання воздухом, 5–15 мин — дихання 12 % O<sub>2</sub>, 15–18 мин — дихання воздухом)

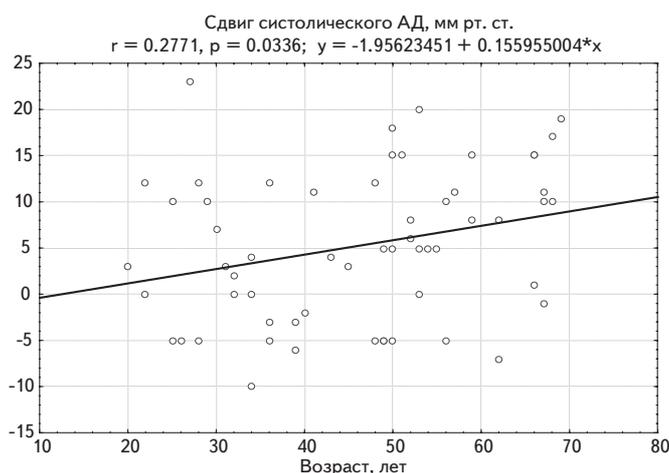


Рис. 2. Зависимость сдвигов систолического АД при дихании 12 % O<sub>2</sub> от возраста здоровых людей

Таблиця

Средние значения показателей при дихании воздухом и 12 % O<sub>2</sub> у здоровых людей разного возраста

Показатели	ВОЗРАСТ				
	20-29 М±m	30-39 М±m	40-49 М±m	50-59 М±m	60-69 М±m
ЧСС- воздух, уд./мин	72,00±2,41	72,69±1,42	76,50±2,30	71,00±1,66	73,90±2,90
ЧСС- гипоксия, уд./мин	85,90±2,83	83,62±1,37	90,10±3,06	82,69±2,14	86,80±4,86
Δ ЧСС, уд./мин	13,90±2,21	10,14±1,15	13,60±2,23	11,69±1,02	12,90±2,61
АД <sub>с</sub> - воздух, мм рт.ст	119,00±3,23	116,75±2,59	129,22±4,97	128,35±2,70	135,18±4,16*
АД <sub>с</sub> - гипоксия, мм рт. ст	124,50±3,36	116,83±2,86	131,22±5,03	136,35±2,08	144,09±3,81*
Δ АД <sub>с</sub> , мм рт. ст	5,50±1,98	0,08±1,74	2,00±2,23	8,00±1,76	8,91±2,45*
АД <sub>д</sub> - воздух, мм рт.ст	81,10±2,56	81,83±1,92	90,33±4,54	91,71±1,91	94,91±3,08*
АД <sub>д</sub> - гипоксия, мм рт. ст	85,10±2,87	84,67±1,81	91,00±5,15	98,06±1,79	98,73±1,94*
Δ АД <sub>д</sub> , мм рт. ст	4,00±2,65	2,83±1,30	0,67±2,33	6,35±1,32	3,82±1,93
LF - воздух, мс <sup>2</sup>	241,2±41,8	210,2±31,2	204,6±38,1	136,2±16,6	146,6±24,7
LF - гипоксия, мс <sup>2</sup>	160,3±19,5	173,9±31,7	132,5±23,3	92,6±13,4	124,9±27,3
Δ LF, мс <sup>2</sup>	80,9±33,1	-36,3±12,7	-72,2±33,5	-43,6±11,7	-21,7±13,7
HF - воздух, мс <sup>2</sup>	198,0±27,0	187,3±23,7	157,1±31,7	102,5±19,3	166,6±68,0
HF - гипоксия, мс <sup>2</sup>	121,6±14,5	132,6±19,9	96,1±17,0	55,7±10,6	88,9±36,7
Δ HF, мс <sup>2</sup>	-76,4±23,0	-54,7±9,8	-60,9±24,9	-46,8±12,8	-77,7±32,2
LF/HF - воздух	1,22±0,08	1,14±0,08	1,46±0,19	1,60±0,15	1,39±0,19
LF/HF -гипоксия	1,34±0,08	1,34±0,11	1,56±0,18	2,08±0,23	2,11±0,28
Δ LF/HF	0,12±0,05	0,21±0,08	0,11±0,11	0,48±0,21	0,72±0,20*

Примечание: Δ — сдвиг показателя;

\* — достоверные различия по сравнению с людьми в возрасте 20–29 лет.

чивается прирост систолического АД в ответ на гипоксию. Имеет место достоверная корреляция ( $r = 0,28$ ,  $p = 0,034$ ) сдвигов систолического АД с возрастом. Сдвиги диастолического АД с возрастом достоверно не изменялись ( $r = 0,0873$ ,  $p = 0,5107$ ). В таблице приведены средние значения сдвигов ЧСС и АД при гипоксии в разных возрастных группах.

Изменения АД при артериальной гипоксемии, которая развивается в условиях дыхания газовой смесью со сниженным содержанием кислорода, имеют сложный генез. Во-первых, известно, что снижение  $pO_2$  в артериаль-

ной крови вызывает расширение артериол и увеличение кровотока. Такая реакция направлена на компенсацию снижения  $pO_2$  в тканях. Расширение сосудов должно приводить к снижению АД. Во-вторых, известно, что гипоксия приводит к активации симпато-адреналовой системы. При этом происходит учащение пульса, сужение сосудов и как следствие — рост артериального давления. Суммарное действие этих двух факторов вызывает перераспределение кровотока к жизненно важным органам (централизация гемодинамики). Более выраженный рост АД у пожилых людей связан, по-видимому, с боль-

шей активацией у них симпато-адреналовой системы в ответ на гипоксию.

#### Выводы

При дыхании газовой смесью с 12 % O<sub>2</sub> происходит достоверное увеличение ЧСС, АД и снижение ВРС.

В ответ на гипоксию у пожилых людей наблюдается более выраженный рост АД и отношения LF/HF, что свидетельствует о большей напряженности у них симпато-адреналовой системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Березовский В. А. Кислородное голодание и способы коррекции гипоксии. — Киев, 1990. — 211 с.
2. Гипоксия. Адаптация, патогенез, клиника. — Санкт-Петербург: ООО "ЭЛБИ-СПб", 2000. — 384 с.
3. Горанчук В. В., Сапова Н. И., Иванов А. О. Гипокситерапия. — Санкт-Петербург: ООО "Элби-СПб", 2003. — 536 с.
4. Колчинская А. З. О классификации гипоксических состояний // Патопфизиол. и экспер. терапия. — 1981. — В.4. — С. 3–10.
5. Вторичная тканевая гипоксия /Ред. А. З. Колчинская — Киев: Наук. Думка, 1983. — 255 с.
6. Коркушко О. В., Иванов Л. А. Гипоксия и старение. — Киев: Наук. Думка, 1980. — 276 с.
7. 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.
8. Коркушко О. В., Иванов Л. А., Чеботарёв М. Д., Писарук А. В. Особливості реакції дихання на гіпоксію при старінні // Фізіол. Журнал. — 2003. — Т. 49, № 3. — С. 12–18.
9. Коркушко О. В., Писарук А. В., Шатило В. Б. и др. Анализ вариабельности ритма сердца в клинической практике (возрастные аспекты). — Киев, 2002. — 190 с.
10. Heart rate variability. Standart of measurement, physiological, and clinical use. Task Force of European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology // Europ.Heart J. — 1996. — V. 17. — P. 354–381.

11. Sevre K, Bendz B, Hanko E. Reduced autonomic activity during stepwise exposure to high altitude // Acta Physiol Scand. — 2001. V. 4. — P. 409–417.

#### РЕАКЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ИЗОКАПНИЧЕСКУЮ ГИПОКСИЮ В ПОЖИЛОМ ВОЗРАСТЕ

О. В. Коркушко, А. В. Писарук, Э. О. Асанов,  
Н. Д. Чеботарёв, В. Ю. Лишневская

##### Резюме

Изучены возрастные особенности реакций системы гемодинамики на изокапническую гипоксию (вдыхание газовой смеси с 12 % O<sub>2</sub>).

Установлено, что при дыхании гипоксической смесью сдвиги АД и вегетативного баланса достоверно (p<0,05) больше у пожилых людей, по сравнению с молодыми людьми. Это свидетельствует о большей напряженности симпато-адреналовой системы при гипоксическом стрессе у пожилых людей, что подтверждает снижение у них устойчивости к гипоксии.

#### A REACTION OF CARDIOVASCULAR SYSTEM ON ISOCAPNIC HYPOXIA IN ELDERLY PEOPLE

O. V. Korkushko, A. V. Pizaruk, E. O. Asanov,  
N. D. Chebotarev, V. Yu. Lishnevskaya

##### Summary

The age peculiarities of regulation of cardiovascular system were studied in the conditions of isocapnic hypoxia (inhalation of the gas mixture with 12 % O<sub>2</sub>).

It was found; that in elderly people the inspiration of the hypoxic mixture changed the autonomic balance and blood pressure more significant (p<0,05), than in younger people. This testified to the greater intensity of sympathetic-adrenal system in the conditions of the hypoxic stress in elderly people, confirming the decrease of the tolerance to hypoxia.