

## Э. О. Асанов, А. С. Свинцицкий, Л. Г. Полягушко, И. А. Дыба, Е. Д. Осьмак ВЛИЯНИЕ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК НА СОСТОЯНИЕ АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА, БОЛЬНЫХ ХОЗЛ

Государственное учреждение «Институт геронтологии им. Д. Ф. Чеботарева НАМН Украины», г. Киев  
НТУУ «КПИ», г. Киев

### ВПЛИВ ГИПОКСИЧНИХ ТРЕНУВАНЬ НА СТАН АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ У ОСІБ ПОХИЛОГО ВІКУ, ХВОРИХ НА ХОЗЛ

Е. О. Асанов, А. С. Свинцицкий, Л. Г. Полягушко,  
І. А. Дыба, Е. Д. Осьмак

Резюме

**Мета** — оцінити вплив гіпоксичних тренувань на стан регуляції автономної нервової системи у осіб похилого віку, хворих на ХОЗЛ.

**Методи.** Обстежено 32 хворих похилого віку з ХОЗЛ і 18 практично здорових людей похилого віку. Проводили спектральний аналіз варіабельності ритму серця, гіпоксичну пробу, визначали сатурацію крові киснем. Курс гіпоксичних тренувань складався з 10 щоденних сеансів, кожен з яких включав в себе цикли, що чергуються 5 хвилинного дихання гіпоксичною сумішшю і 5 хвилинного дихання атмосферним повітрям (всього 3 п'ятихвилинних циклів дихання гіпоксичною сумішшю).

**Результати.** Гіпоксичний вплив призводив до домінування симпатичного відділу автономної нервової системи у хворих на ХОЗЛ похилого віку. Інтервальні нормобаричні гіпоксичні тренування нормалізують регуляцію автономної нервової системи у хворих похилого віку з ХОЗЛ. При цьому під впливом курсового застосування гіпоксичних тренувань у хворих похилого віку з ХОЗЛ знижуються парасимпатичні впливи, що призводить до відносного переважання симпатичного тону.

**Висновки.** Курсове використання гіпоксичних тренувань робить позитивний вплив на регуляцію автономної нервової системи у хворих похилого віку з ХОЗЛ, що проявляється зниженням парасимпатичних та підвищенням симпатичних впливів. Автоматизований програмно-апаратний комплекс «Гіпотрон-М» забезпечує безпечно та ефективно проведення гіпоксичних проб і гіпоксичних тренувань.

**Ключові слова:** ХОЗЛ, варіабельність ритму серця, інтервальні нормобаричні гіпоксичні тренування, старіння.

Укр. пульмонол. журнал. 2017, № 1, С. 31–36.

Асанов Эрвин Османович  
ГУ «Институт геронтологии им. Д. Ф. Чеботарева НАМН Украины»  
Отдел клинической физиологии и патологии  
внутренних органов  
Главный научный сотрудник, д. мед. н.  
67, ул. Вышгородская, Киев, 04114, Украина  
Тел.: 38 044 360-57-86, eoasanov@ukr.net

### INFLUENCE OF HYPOXIC TRAINING ON AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM IN ELDERLY PATIENTS WITH COPD

E. O. Asanov, A. S. Svintsytskyi, L. G. Polyagushko,  
I. A. Dyba, E. D. Osmak

Abstract

**The aim** is to evaluate the effect of hypoxic training on the autonomic nervous system (ANS) in elderly patients with COPD.

**Methods.** 32 elderly patients with COPD and 18 apparently healthy aged people were examined. Spectral analysis of heart rate variability and oxygen saturation were measured and hypoxic test was performed. Hypoxic training course consisted of 10 daily sessions: alternating 5 minutes cycles of hypoxic mixture/atmospheric air breathing (3 five-minute cycles of hypoxic mixture breathing).

**Results.** Hypoxia led to the predominance of the sympathetic division of the autonomic nervous system in elderly patients with COPD. Interval normobaric hypoxic training had normalizing effect on the regulation of ANS in elderly patients with COPD. At the same time under the influence of hypoxic training course a parasympathetic influence was reduced, leading to a relative predominance of sympathetic tone.

**Conclusions.** The hypoxic training had a positive effect on a regulation of ANS in elderly patients with COPD: the decrease of parasympathetic and increase of sympathetic influences were observed. Automated software and hardware complex "Gipotron-M" provided a safe and efficient hypoxic trials and hypoxic training.

**Key words:** COPD, heart rate variability, interval normobaric hypoxic training, aging.

Ukr. Pulmonol. J. 2017; 1:31–36.

Erwin O. Asanov  
SI "D.F. Chebotarev Institute of gerontology NAMS of Ukraine",  
Department of internal clinical physiology and pathology  
Chief research assistant, doctor of medicine  
67, Vishgorodska str., Kyiv, 04114, Ukraine  
Tel.: 38 044 360-57-86, eoasanov@ukr.net

Одной из важнейших проблем пульмонологии является хроническое обструктивное заболевание легких (ХОЗЛ). В настоящее время ХОЗЛ находится в центре внимания интенсивных исследований из-за его постоянно растущей распространенности, смертности и экономического бремени [9, 10, 16]. По некоторым оценкам, в 2010 году более 300 млн человек или почти 5 % мирового населения страдало ХОЗЛ [15]. Это привело к 3,1 млн случаев смертей в 2010 году, по сравнению с 2,9 млн случаев смертей в 1990 году [20]. При этом прогнозируется дальнейшее увеличение смертности из-за повышения уровня курения и старения населения во многих странах. Расчеты показывают, что расходы на лечение ХОЗЛ во всем мире составили около 2,1 трлн долларов США в 2010 году [9]. ХОЗЛ является одной из ведущих

причин инвалидности во всем мире и является единственным заболеванием, показатели распространенности и смертности которого продолжают расти [9, 10, 16].

В последние десятилетия ХОЗЛ становится одной из основных причин заболеваемости и смертности в пожилом и старческом возрасте [17, 18]. По данным американского центра по контролю и профилактике заболеваний (CDC), распространенность ХОЗЛ увеличивается с возрастом [9]. Пожилой возраст является одним из факторов риска ХОЗЛ. У пожилых и старых людей создаются предпосылки для развития легочной патологии и усугубления её течения [4, 11, 17]. Это связано со снижением эффективности функционирования при старении не только системы внешнего дыхания, но и всей системы транспорта кислорода в целом. При этом возрастные морфофункциональные изменения приводят к развитию артериальной гипоксемии и тканевой гипоксии, что

способствует снижению устойчивости к гипоксии и развитию патологических процессов дыхательной системы, в частности, ХОЗЛ [4, 11, 17, 18]. Возникающие при старении изменения ведут к снижению адаптивных возможностей аппарата внешнего дыхания и развитию гипоксии, которая резко усиливается при ХОЗЛ [4]. Для ХОЗЛ у пожилых людей характерны тяжесть течения, развитие выраженного синдрома бронхиальной обструкции, наклонность к развитию дыхательной недостаточности, меньшая эффективность лечебных мероприятий [11, 17, 18].

С другой стороны, вследствие значительного снижения функциональных резервов кардиореспираторной системы в старости, ее компенсаторные возможности при артериальной гипоксемии ограничены [11, 17]. Развитие на этом фоне любой патологии легких, в том числе ХОЗЛ, у пожилых и старых людей может приводить к выраженному нарушению оксигенации артериальной крови и снижению доставки кислорода тканям — развитию вторичной тканевой гипоксии. Поэтому развитие патологических изменений при ХОЗЛ усугубляет состояние гипоксемии и гипоксии у людей пожилого и старческого возраста [11, 18].

Известно, что автономная регуляция играет важную роль в адаптации организма к различным стрессовым воздействиям [5]. Автономная нервная система (АНС) является основным регулятором функции дыхательных путей. Ей принадлежит большое значение в механизмах регуляции бронхиальной проходимости и развития бронхоспазма [7, 12, 19]. В покое парасимпатический контроль является доминирующим [1, 14]. При этом значительное повышение тонуса вагуса и снижение симпатической активности может приводить к бронхоспазму.

Согласно современным представлениям, при старении снижается как симпатическая, так и парасимпатическая активность [1]. Однако при этом развивается относительное преобладание симпатических влияний. В то же время, у пожилых больных с ХОЗЛ регистрируется достоверное повышение, по сравнению с пожилыми здоровыми людьми, парасимпатической активности и снижение симпатической активности. Это приводит к преобладанию парасимпатических влияний на бронхи и развитию нарушений бронхиальной проходимости у пожилых больных с ХОЗЛ [12].

В этой связи становится понятной важность оценки состояния АНС у больных ХОЗЛ для дифференцированного выбора бронхолитиков, влияющих на автономную регуляцию тонуса бронхов.

Терапия ХОЗЛ включают в себя использование ингаляционных бронхолитиков и стероидов, отказ от курения, проведение дыхательной реабилитации [9, 10, 16]. Бронхорасширяющая терапия получила дальнейшее развитие с внедрением новых устройств для ингаляционной терапии, пролонгированных  $\beta_2$ -агонистов и М-холинолитиков, а также комбинированных препаратов антихолинергического ряда с  $\beta_2$ -агонистами длительного действия. Руководства по бронхолитической терапии рекомендуют в качестве препарата первого выбора у пациентов с постоянными симптомами ХОЗЛ применять антихолинергические средства [9, 10, 16]. Преимущества данной терапии объясняются увеличени-

ем холинергического тонуса дыхательных путей у больных ХОЗЛ. Также это может быть связано с преимущественной концентрацией М-холинорецепторов на уровне средних бронхов, что характерно для ХОЗЛ [10].

В пожилом возрасте возможности медикаментозной терапии ограничены, терапия пожилых пациентов с ХОЗЛ сложна, зачастую малоэффективна и сопряжена со значительными трудностями. Это связано как с физиологическими особенностями пожилого организма, так и с полиморбидностью и, вследствие этого, полипрагматизацией у пожилых больных. Поэтому приобретает актуальность разработка методов немедикаментозной терапии ХОЗЛ у больных пожилого возраста, которая лишена побочных явлений, характерных для медикаментов.

В этой связи привлекают внимание интервальные нормобарические гипоксические тренировки (ИНГТ) — дыхание воздухом с пониженной концентрацией  $O_2$  при нормальном атмосферном давлении [2, 3, 8, 13]. ИНГТ являются перспективным методом лечения и профилактики различных патологических состояний. Механизм действия ИНГТ состоит в развитии в организме комплекса адаптивных реакций в ответ на гипоксический стресс [3, 8]. В ответ на интервальное гипоксическое воздействие происходит активация компенсаторных механизмов регуляции системы дыхания и кровообращения. Это приводит к усилению эффективности функционирования транспорта кислорода на различных уровнях: активируется дыхание и системный кровоток, улучшается микроциркуляция, повышается активность дыхательных ферментов и антиоксидантных систем, угнетаются процессы перекисного окисления липидов [2, 3, 8].

Экспериментальными и клиническими исследованиями на здоровых людях различными исследователями было показано, что курсовое применение интервальных гипоксических тренировок приводит к повышению активности парасимпатического звена АНС [19]. В то же время, изучение влияния ИНГТ на АНС у пожилых больных с ХОЗЛ не проводилось.

Интервальные нормобарические гипоксические тренировки проводят: в естественных условиях (в горах); с использованием баллонов с гипоксическими газовыми смесями; с помощью аппаратов — гипоксикаторов. Наиболее оптимальным является использование гипоксикаторов. Гипоксикаторы позволяют дозировать как уровень гипоксии, так и режим тренировок, что обеспечивает наибольшую эффективность и безопасность. Кроме того, немаловажным является и относительная дешевизна использования гипоксикаторов. Одним из современных гипоксикаторов является модифицированный автоматизированный программно-аппаратный комплекс «Гипотрон-М», который создан Киевскими учеными НТУУ «КПИ». Работа прибора основана на методе возвратного дыхания. При этом конструкция аппарата и оригинальное программное обеспечение позволяет не только дозировать уровень гипоксической нагрузки, контролировать параметры сатурации, вентиляции, сердечно-сосудистой системы во время гипоксической экспозиции, но и оценивать реакцию на гипоксическое воздействие. Благодаря этому обеспечивается безопасность и высокий терапевтический эффект при проведе-

нии гипоксических тренировок. Необходимо отметить, что применение автоматизированного комплекса «Гипотрон-М» возможно не только с лечебными целями, но и для проведения научных исследований.

В Институте геронтологии им. Д. Ф. Чеботарева НАМН Украины накоплен большой опыт применения ИНГТ у пациентов пожилого возраста с использованием автоматизированного комплекса «Гипотрон-М».

В то же время, влияние ИНГТ на состояние регуляции АНС у пожилых больных с ХОЗЛ изучено недостаточно.

### Материал и методы исследования

Обследовано 32 больных ХОЗЛ пожилого возраста (60–74 года), GOLD 1–2, вне обострения, с давностью заболевания от 7 до 26 лет, группы риска А и В. Тип и степень выраженности нарушений вентиляционной функции легких оценивались по показателям спирометрии и кривой “поток–объем” форсированного выдоха на аппарате “Spirobank” (Mir, Италия). Диагноз ХОЗЛ устанавливался в соответствии с рекомендациями GOLD и приказа МОЗ Украины № 555 от 27.06.2013 [16]. Все пациенты получали соответствующую бронхорасширяющую терапию в течение не менее двух месяцев до включения в исследование. За 12 часов до включения в исследование пациентам отменялись препараты, содержащие пролонгированные  $\beta_2$ -агонисты и за 48 часов — пролонгированные М-холинолитики. На протяжении исследования у пожилых больных с ХОЗЛ допускалось использование ингаляторного  $\beta_2$ -агониста короткого действия сальбутамола по требованию как препарата неотложной помощи для облегчения симптомов ХОЗЛ.

Участие в исследовании было добровольным, все обследуемые получили подробную информацию об исследовании и подписали информированное согласие.

Обследованные пожилые больные с ХОЗЛ были рандомизированы в две группы: группа (16 человек), которая получала реальные ИНГТ и группа (16 человек), которая получала имитированные ИНГТ.

Также в качестве контроля были обследованы пожилые практически здоровые люди (18 человек).

Для оценки влияния гипоксии на регуляцию АНС проводили гипоксическую пробу с дыханием 12 % кислородом в течение 20 минут. Во время проведения гипоксической пробы мониторировали сатурацию крови ( $SpO_2$ ) в течение 5 мин дыхания воздухом, 20 мин дыхания гипоксической смесью и 5 мин после перехода на дыхание воздухом. Сатурацию крови определяли пульсоксиметрическим методом с помощью монитора ЮМ-300 фирмы “ЮТАС” (Украина).

Регуляции АНС изучалась методом анализа вариабельности ритма сердца (ВРС) с помощью монитора фирмы “ЮТАС” (Украина). Выполнялся спектральный анализ ВРС в соответствии с международными стандартами [14]. Рассчитывалась мощность компонент сердечного ритма в трех диапазонах частот:  $0,15 \pm 0,4$  Гц (высокочастотные колебания, HF),  $0,04 \pm 0,15$  Гц (низкочастотные колебания, LF),  $0,003 \pm 0,04$  Гц (очень низкочастотные колебания, VLF). В соответствии с общепринятыми представлениями мощность HF-колебаний отражает пара-

симпатическую активность, мощность LF-колебаний — барорефлекторную активность, а отношение LF/HF является показателем симпато-вагусного баланса. Расчет спектра проводился в исходном состоянии при дыхании воздухом и на высоте гипоксической нагрузки.

Уровень гипоксии, при котором проводятся тренировки, является одним из наиболее важных факторов лечебного воздействия. Для обеспечения лечебного эффекта гипоксия должна быть достаточно выраженной. С другой стороны, чрезмерное гипоксическое воздействие может вызвать развитие нежелательных побочных явлений. Существующий подход, при котором тренирующий уровень гипоксии одинаков для всех, более удобен и легок в применении. Однако при этом не учитывается индивидуальная переносимость и устойчивость к гипоксическому воздействию. Поэтому при рутинном использовании метода гипоксических тренировок существует вероятность того, что гипоксическое воздействие будет либо недостаточным, либо чрезмерным.

Для подбора тренирующего уровня гипоксии перед курсом ИНГТ проводили гипоксическую пробу с постепенным уменьшением концентрации кислорода во вдыхаемой газовой смеси. При этом по реакции организма на гипоксическое воздействие определяли индивидуальный гипоксический порог — уровень концентрации кислорода во вдыхаемой газовой смеси, при котором еще не возникают негативные явления в организме. С этой целью во время гипоксической пробы регистрировали содержание кислорода во вдыхаемой газовой смеси, вентиляцию, гемодинамику, ЭКГ, а также  $SpO_2$ .

Гипоксическую пробу прекращали при достижении пороговых значений изучаемых показателей вентиляции. При этом уровень гипоксического воздействия для проведения ИНГТ был на 1–2 % выше порогового значения [2, 6].

Гипоксические пробы, а также ИНГТ проводились на автоматизированном программно-аппаратном комплексе «Гипотрон-М» (Украина). Комплекс «Гипотрон-М» позволяет дозировать уровень гипоксической нагрузки, а также контролировать параметры сатурации, вентиляции, сердечно-сосудистой системы. Удобное программное обеспечение комплекса «Гипотрон-М», обеспечивает мониторинг показателей кардиореспираторной системы непосредственно во время гипоксической экспозиции. Это позволяет добиться высокой терапевтической эффективности и безопасности при проведении гипоксических тренировок.

До и после курса имитированных и реальных ИНГТ у обследуемых пожилых больных ХОЗЛ изучали регуляцию АНС при дыхании воздухом и при гипоксическом воздействии.

Полученные данные обработаны методами вариационной статистики с помощью компьютерной программы «Statistica 6.0 for Windows».

### Результаты исследования и их обсуждение

*Парасимпатическая активность.* Проведенные исследования показали, что у пожилых больных с ХОЗЛ значения HF существенно выше, чем у пожилых здоровых людей. Эти различия отражают повышение пара-

Таблиця 1  
Влияние гипоксии на активность автономной нервной системы у пожилых здоровых людей и пожилых больных с ХОЗЛ, М ± m

Показатели	Пожилые здоровые		Пожилые больные с ХОЗЛ	
	исходное состояние	гипоксия, сдвиг	исходное состояние	гипоксия, сдвиг
VLF, мс <sup>2</sup>	804 ± 87	-112 ± 78	922 ± 105	-98 ± 64
LF, мс <sup>2</sup>	237 ± 33	-45 ± 22	277 ± 47	-42 ± 23
HF, мс <sup>2</sup>	181 ± 32	-81 ± 25 <sup>#</sup>	325 ± 35 <sup>*</sup>	-195 ± 17 <sup>**</sup>
LF/HF	1,31 ± 0,12	0,61 ± 0,09 <sup>#</sup>	0,85 ± 0,10 <sup>*</sup>	0,96 ± 0,08 <sup>**</sup>

Примечания: \* — различия достоверны по сравнению с пожилыми здоровыми людьми,  $p < 0,05$ ; # — достоверность сдвига под влиянием гипоксии,  $p < 0,05$ .

симпатической активности при развитии ХОЗЛ и связаны с нарушением бронхиальной проходимости (табл. 1). Сделанный вывод подтверждается выявленной обратной зависимостью между бронхиальной проходимостью и парасимпатическим тонусом у пожилых больных с ХОЗЛ ( $r = -0,38$ ;  $p = 0,036$ ) (рис. 1).

**Симпатическая активность.** Как известно, при старении возникает относительное преобладание активности симпатического отдела АНС [1]. При этом у пожилых людей снижается общая спектральная мощность сердечного ритма. В то же время, у пожилых больных с ХОЗЛ, как показали проведенные исследования, наблюдается относительное снижение симпатических влияний, по сравнению со здоровыми пожилыми людьми (табл. 1). Это находит отражение в относительном преобладании парасимпатического тонуса и снижении симпато-вагального индекса у пожилых больных с ХОЗЛ. Относительное снижение симпатической активности при развитии ХОЗЛ у пожилых людей может способствовать развитию бронхоспазма.

**Гуморальная регуляция.** Мощность колебаний сердечного ритма очень низкой частоты (VLF) существенно не изменялась при развитии ХОЗЛ в пожилом возрасте, по сравнению с пожилыми здоровыми людьми (табл. 1). Относительная сохранность у пожилых больных с ХОЗЛ VLF-колебаний обусловлена, по-видимому, меньшими изменениями при ХОЗЛ гуморальной регуляции, по сравнению с нервно-рефлекторной.

**Изменения АНС при гипоксии.** Проведенные исследования показали, что вдыхание гипоксической газовой смеси приводило к снижению сатурации крови у больных ХОЗЛ пожилого возраста с  $(95,1 \pm 0,21) \%$  до  $(76,7 \pm 0,31) \%$ ;  $\Delta SpO_2$  —  $(18,4 \pm 0,18) \%$ . Такое снижение сатурации крови расценивается как глубокая гипоксемия. У пожилых здоровых людей гипоксическая экспозиция приводила к несколько меньшему снижению сатурации крови — с  $(96,7 \pm 0,26) \%$  до  $(80,4 \pm 0,43) \%$ ;  $\Delta SpO_2$  —  $(16,3 \pm 0,17) \%$ . При этом различия сдвигов сатурации крови были статистически достоверны ( $p < 0,05$ ). Различия сдвигов сатурации крови при гипоксическом воздействии у обследованных групп пациентов обусловлены хронической артериальной гипоксемией, а также ограничением компенсаторных механизмов (реакция вентилиции, сердечно-сосудистой системы и т.д.) у больных пожилого возраста с ХОЗЛ.

Как известно, развитие компенсаторных реакций на гипоксию со стороны сердечно-сосудистой системы обусловлено активацией симпато-адреналовой системы [4]. Результаты анализа изменений ВРС при гипоксии, полученные в наших исследованиях, подтверждают это положение. Как видно из полученных данных (табл. 1), при дыхании гипоксической смесью происходит достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение всех спектральных компонентов ВРС как у пожилых здоровых людей, так и у пожилых больных с ХОЗЛ. Так, снижение HF-колебаний свидетельствует о торможении вагусной

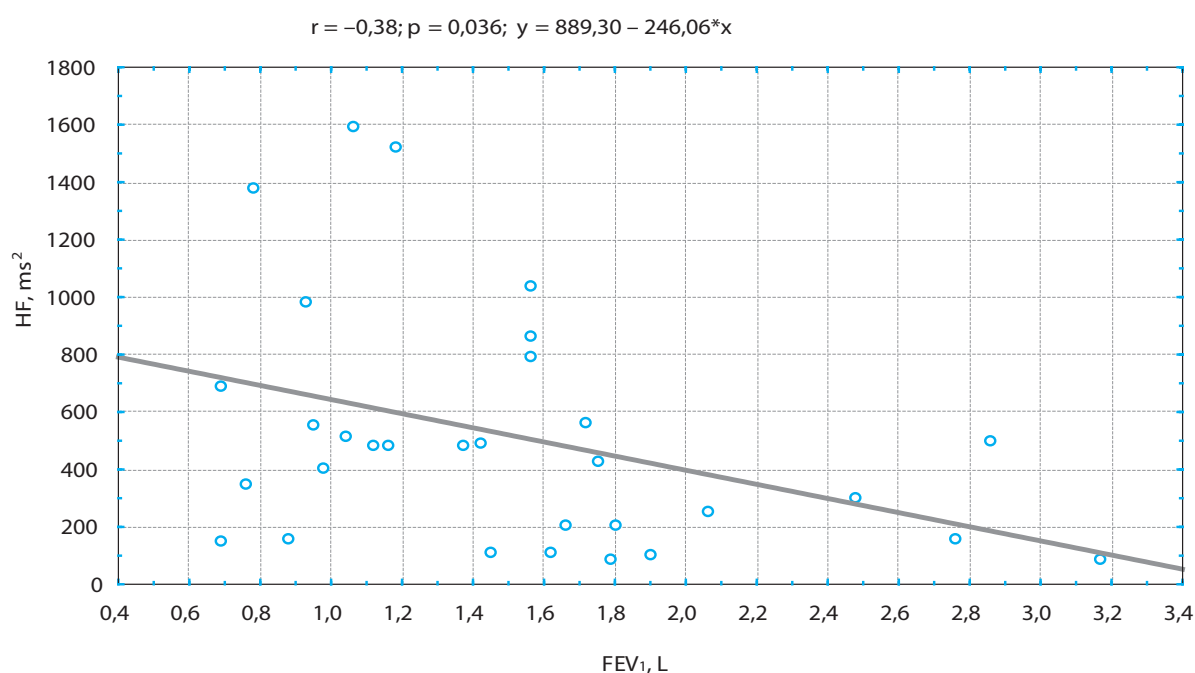


Рис. 1. Зависимость бронхиальной проходимости и парасимпатического тонуса у пожилых больных с ХОЗЛ.

активности, LF-колебаний — о снижении барорефлекторной активности. При этом симпато-вагальный баланс смещается в сторону преобладания симпатического отдела АНС. Такие изменения ВРС характерны для состояния стресса.

Полученные изменения состояния АНС свидетельствуют о развитии стресс-реакции в ответ на воздействие гипоксии и направлены на повышение устойчивости к гипоксии. Повышение симпатической активности при гипоксии направлено на развитие компенсаторных реакций со стороны сердечно-сосудистой системы — увеличению ЧСС, минутного объема кровообращения и артериального давления, централизации гемодинамики. Усиление симпатической активности при гипоксическом воздействии является приспособительной реакцией и вызывает адаптацию организма на клеточном и органном уровне [19].

При сравнении изменений ВРС в ответ на гипоксию у пожилых здоровых людей и пожилых больных с ХОЗЛ установлено, что у пожилых больных с ХОЗЛ сдвиги вегетативного баланса (LF/HF) достоверно ( $p < 0,05$ ) больше. Полученные данные отражают большую напряженность симпато-адреналовой системы при гипоксическом стрессе у пожилых больных с ХОЗЛ. Это свидетельствует о снижении у них устойчивости к гипоксии, по сравнению с пожилыми здоровыми людьми.

**Изменения ВРС после ИНГТ.** Изменения регуляции АНС по данным анализа ВРС после курсового применения ИНГТ у пожилых больных с ХОЗЛ представлены в табл. 2. Как видно из представленной таблицы, гипоксические тренировки оказывают нормализующее влияние на регуляцию АНС. Так, под влиянием курсового применения ИНГТ у пожилых больных с ХОЗЛ было выявлено статистически значимое снижение парасимпатических влияний. Свидетельством этому является уменьшение

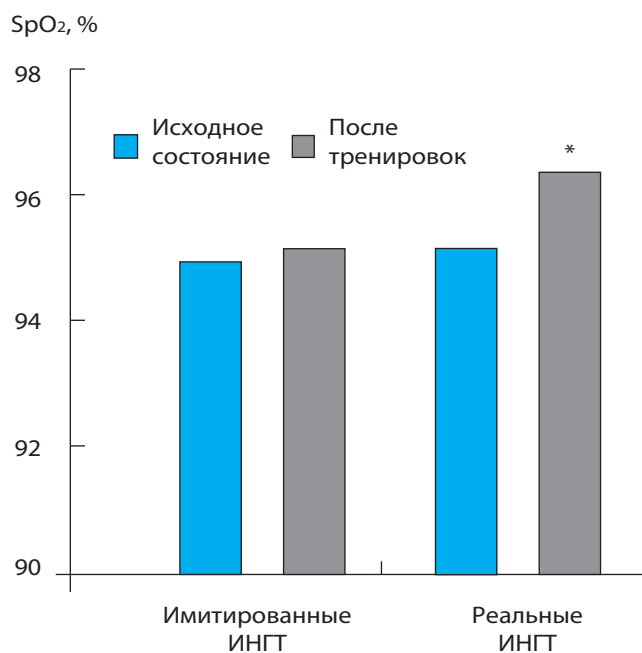


Рис. 2. Влияние имитированных и реальных ИНГТ на SpO<sub>2</sub> у пожилых больных с ХОЗЛ. Примечание: \* – достоверность сдвига после тренировок,  $p < 0,05$ .

Таблица 2

**Влияние имитированных и реальных ИНГТ на активность автономной нервной системы у пожилых больных с ХОЗЛ, М ± m**

Показатели	Имитированные ИНГТ		Реальные ИНГТ	
	исходное состояние	сдвиги после курса	исходное состояние	сдвиги после курса
LF, мс <sup>2</sup>	285 ± 33	14 ± 14	274 ± 52	24 ± 9 <sup>#</sup>
HF, мс <sup>2</sup>	328 ± 32	-10 ± 8	322 ± 41	-55 ± 10**
LF/HF	0,87 ± 0,11	0,07 ± 0,04	0,85 ± 0,11	0,27 ± 0,04**

Примечания: \* — различия достоверны по сравнению с имитированными ИНГТ,  $p < 0,05$ ; # — достоверность сдвига под влиянием тренировок,  $p < 0,05$ .

после курсового использования ИНГТ у пожилых больных с ХОЗЛ HF — показателя, отражающего парасимпатическую активность (см. табл. 2). Наряду с изменением регуляции парасимпатического тонуса у больных с ХОЗЛ пожилого возраста после курсового использования ИНГТ отмечалось повышение симпатической активности. Это нашло отражение в повышении у них симпато-вагального индекса LF/HF (табл. 2).

Учитывая, что симпатические влияния оказывают бронходилатирующее действие, а парасимпатические вызывают бронхоспазм, выявленные изменения АНС у больных пожилого возраста с ХОЗЛ под влиянием ИНГТ можно расценивать как положительные.

Улучшение регуляции АНС у больных пожилого возраста с ХОЗЛ после курса ИНГТ связано с повышением у них бронхиальной проходимости, что способствует улучшению оксигенации крови в легких — как показали проведенные исследования, у пожилых больных с ХОЗЛ после курсового применения ИНГТ наблюдалось повышение SpO<sub>2</sub> (рис. 2).

Стоит отметить, что у больных пожилого возраста с ХОЗЛ, получавших имитированные ИНГТ, значимых изменений АНС не наблюдалось.

### Выводы

1. При развитии ХОЗЛ в пожилом возрасте развивается относительное преобладание парасимпатического тонуса.

2. У больных ХОЗЛ пожилого возраста степень активности парасимпатических влияний определяется выраженностью бронхиальной обструкции.

3. Гипоксическое воздействие отражает стресс-реакцию организма и приводит к повышению симпатической активности как у пожилых здоровых людей, так и у пожилых больных с ХОЗЛ. При этом у пожилых больных с ХОЗЛ развивается более выраженная активация симпатического тонуса, что свидетельствует о большей напряженности у них симпато-адреналовой системы.

4. Курсовое использование ИНГТ у пожилых больных с ХОЗЛ приводит к положительному влиянию на регуляцию АНС, что проявляется снижением парасимпатических и повышением симпатических влияний.

5. Отечественный автоматизированный программно-аппаратный комплекс «Гипотрон-М» обеспечивает безопасное и эффективное проведение гипоксических проб и гипоксических тренировок.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Анализ вариабельности ритма сердца в клинической практике (возрастные аспекты) [Текст] / О. В. Коркушко, А. В. Писарук, В. Б. Шатило и др. — Киев. 2002. — 190 с.
2. Асанов, Э. О. Изменения вентиляционной функции легких у людей пожилого возраста при адаптации к периодической гипоксии [Текст] / Э. О. Асанов // Укр. пульмонолог. журнал. — 2006. — №2. — С. 68–69.
3. Колчинская, А. З. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте [Текст] / А. З. Колчинская, Т. Н. Цыганова, Л. А. Остапенко — Москва: Медицина, 2003. — 408 с.
4. Коркушко, О. В. Возрастные изменения дыхательной системы при старении и их роль в развитии бронхолегочной патологии [Текст] / О. В. Коркушко, Д. Ф. Чеботарев, Н. Д. Чеботарев // Укр. пульмонолог. журнал. — 2005. — № 3 (додаток) — С. 35–41.
5. Меерсон, Ф. З. Механизмы фенотипической адаптации и принципы ее использования для предупреждения сердечно-сосудистых нарушений [Текст] / Ф. З. Меерсон // Кардиология. — 1978. — Т. 18, № 10. — С. 18–19.
6. Эффективность интервальных нормобарических гипоксических тренировок у пожилых людей [Текст] / О. В. Коркушко и др. // Проблемы старения и долголетия. — 2004. — №2. — С.155–161.
7. Юдаева, Ю. А. Вариабельность сердечного ритма у больных с сочетанным течением ишемической болезни сердца и хронической обструктивной болезни легких [Текст] / Ю. А. Юдаева, К. М. Иванов, А. Р. Корнякова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. — 2011. — № 3 (19). — С. 123–131.
8. Bernardi L. Interval hypoxic training [Text] / L. Bernardi // Adv. Exp. Med. Biol. — 2001. — Vol. 502. — P. 377–399.
9. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). (2012, November 22). *Centers for Disease Control and Prevention*. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [www.cdc.gov/Features/COPD/](http://www.cdc.gov/Features/COPD/)
10. Chronic obstructive pulmonary disease. Management of chronic obstructive pulmonary disease in adults in primary and secondary care: NICE clinical guideline. Update: June 2010 / National Institute for Health and Clinical Excellence. Available at: [www.nice.org.uk](http://www.nice.org.uk).
11. Dyer, C. The interaction of ageing and lung disease [Text] / C. Dyer // Chron. Respir. Dis. — 2012. — Vol. 9, № 1. — P. 63–67.
12. Effects of aging and of chronic obstructive pulmonary disease on RR interval variability [Text] / M. Pagani, Lucini D., Pizzinelli P. et al. // Journal of the Autonomic Nervous System. — 1996. — Vol. 59. — P. 125–132.
13. Effects of two protocols of intermittent hypoxia on human ventilatory, cardiovascular and cerebral responses to hypoxia [Text] / G. E. Foster [et al.] // J. Physiol. — 2005. — Vol. 567. — P. 689–699.
14. 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 [Text] // Eur. Heart J. — 1996. — Vol. 17. — P. 354–381.
15. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010 [Text] / R. Lozano, M. Naghavi, K. Foreman et al. // Lancet. — 2012. — Vol. 380 (9859). — P. 2095–2128.
16. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and prevention of COPD (revised 2015) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [www.goldcopd.org](http://www.goldcopd.org).
17. Miller, M. R. Structural and physiological age-associated changes in aging lungs [Text] / M. R. Miller // Semin. Respir. Crit Care Med. — 2010. — Vol. 31. — P. 521–527.
18. The association of chronic obstructive pulmonary disease, disability, engagement in social activities, and mortality among US adults aged 70 years or older: 1994–2006 [Text] / Y. Liu, J. B. Croft, L. A. Anderson et al. // Int. J. COPD. — 2014. — Vol. 9. — P. 75–83.
19. Sevre, K. Reduced autonomic activity during stepwise exposure to high altitude [Text] / K. Sevre, B. Bendz, E. Hanko // Acta Physiol. Scand. — 2001. — Vol. 4. — P. 409–417.
20. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010 [Text] / T. Vos, A. D. Flaxman, M. Naghavi et al. // Lancet. — 2012. — Vol. 380 (9859). — P. 2163–2196.

## REFERENCES

1. Korkushko OV, Pisaruk AV, Shatilo VB et al. *Analiz variabelnosti ritma serdtsa v klinicheskoy praktike (vozrastnyye aspekty)* (Analysis of heart rate variability in clinical practice (age aspects)). Kyiv. 2002;190 p.
2. Asanov EO. *Izmeneniya ventilyatsionnoy funktsii legkikh u lyudey pozhilogo vozrasta pri adaptatsii k periodicheskoy gipoksii* (Changes in pulmonary ventilation function in elderly people with adaptation to periodic hypoxia). *Ukr. Pulmonol. Zhurnal*. 2006;No 2: 68–69.
3. Kolchinskaya AZ, Tsiganova TN, Ostapenko LA. *Normobaricheskaya intervalnaya gipoksicheskaya trenirovka v meditsine i sporte* (Normobaric interval hypoxic training in medicine and sport). Moscow: Meditsina. 2003;408 p.
4. Korkushko OV, Chebotarev DF, Chebotarev ND. *Vozrastnyye izmeneniya dykhatelnoy sistemy pri starenii i ikh rol v razvitii bronkholegochnoy patologii* (Age-related changes of the respiratory system during aging and their role in the development of bronchopulmonary pathology). *Ukr. Pulmonol. Zhurnal*. 2006;No 2: 68–69.
5. Meyerson FZ. *Mekhanizmy fenotipicheskoy adaptatsii i printsipy ee ispolzovaniya dlya preduprezhdeniya serdechno-sosudistykh narusheniy* (The mechanisms of phenotypic adaptation, and the principles of its use for the prevention of cardiovascular disorders). *Kardiologiya*. 1978;No 10(18):18–19.
6. Korkushko OV, et al. *Effektivnost intervalnykh normobaricheskikh gipoksicheskikh trenirovok u pozhilyykh lyudey* (The effectiveness of interval normobaric hypoxic training in the elderly). *Problemy stareniya i dolgoletiya*. 2004;No 2:155–161.
7. Yudayeva YuA, Ivanov KM, Korniyakova AR. *Variabelnost serdechnogo ritma u bolnykh s sochetanym techeniyem ishemicheskoy bolezni serdtsa i khronicheskoy obstruktivnoy boleznyu legkikh* (Heart rate variability in patients with combined coronary heart disease and chronic obstructive pulmonary disease). *Izvestiya vysshykh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskiye nauki*. 2011;No3(9):123–131.
8. Bernardi L. Interval hypoxic training. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2001;502:377–399.
9. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). (2012, November 22). *Centers for Disease Control and Prevention*. Available at: [www.cdc.gov/Features/COPD/](http://www.cdc.gov/Features/COPD/)
10. Chronic obstructive pulmonary disease. Management of chronic obstructive pulmonary disease in adults in primary and secondary care: NICE clinical guideline. Update: June 2010 / National Institute for Health and Clinical Excellence. Available at: [www.nice.org.uk](http://www.nice.org.uk).
11. Dyer C. The interaction of ageing and lung disease. *Chron. Respir. Dis.* 2012;9(1):63–67.
12. Pagani M, Lucini D, Pizzinelli P, et al. Effects of aging and of chronic obstructive pulmonary disease on RR interval variability. *Journal of the Autonomic Nervous System*. 1996;59:125–132.
13. Foster GE, et al. Effects of two protocols of intermittent hypoxia on human ventilatory, cardiovascular and cerebral responses to hypoxia. *J. Physiol.* 2005;567:689–699.
14. 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. *Eur. Heart J.* 1996;17:354–381.
15. Lozano R, Naghavi M, Foreman K, et al. *Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010*. *Lancet*. 2012;380(9859):2095–2128.
16. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and prevention of COPD (revised 2015). Available at: [www.goldcopd.org](http://www.goldcopd.org).
17. Miller MR. Structural and physiological age-associated changes in aging lungs. *Semin. Respir. Crit Care Med.* 2010;31:521–527.
18. Liu Y, Croft JB, Anderson LA, et al. The association of chronic obstructive pulmonary disease, disability, engagement in social activities, and mortality among US adults aged 70 years or older: 1994–2006. *Int. J. COPD*. 2014;9:75–83.
19. Sevre K, Bendz B, Hanko E. Reduced autonomic activity during stepwise exposure to high altitude. *Acta Physiol. Scand.* 2001;4:409–417.
20. Vos T, Flaxman AD, Naghavi M, et al. *Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010*. *Lancet*. 2012;380(9859):2163–2196.