

О. В. Коркушко, Э. О. Асанов, А. В. Писарук, Н. Д. Чеботарев
ОСОБЕННОСТИ ДИФфуЗИОННОЙ СПОСОБНОСТИ И РАВНОМЕРНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ
ЛЕГКИХ ПРИ ГИПОКСИЧЕСКОМ СТРЕССЕ У ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

Институт геронтологии АМН Украины, Киев

В пожилом и старческом возрасте происходят морфо-функциональные изменения — снижается эффективность вентиляции, сокращаются резервы дыхания, ухудшается биомеханика дыхания [7]. При старении также нарушается бронхиальная проходимость, снижается эластичность легочной ткани, образуются местные ателектазы, уменьшается поверхность функционально активной легочной ткани, развивается дискоординация вентиляции и кровотока в легких. Все эти изменения обуславливают снижение диффузионной способности и нарушение равномерности вентиляции легких у пожилых людей [6, 7].

В свою очередь, возрастное снижение диффузионной способности и нарушение равномерности вентиляции легких существенно сказываются на состоянии легочного газообмена и приводит к развитию артериальной гипоксемии у пожилых людей уже при дыхании атмосферным воздухом [3–8].

Вследствие особенностей кривой диссоциации оксигемоглобина при высоких PO_2 в избыточно вентилируемых альвеолах насыщение артериальной крови кислородом повышается весьма незначительно, а при низких PO_2 в участках гиповентиляции отмечается значительное недонасыщение крови кислородом, что отражается на кислородном насыщении и напряжении кислорода в смешанной артериальной крови, оттекающей от легких [2, 3, 7, 10, 11]. При дыхании гипоксическими смесями роль диффузионной способности и равномерности вентиляции легких в легочном газообмене возрастает [6, 7, 9].

Возрастные нарушения диффузионной способности и равномерности вентиляции легких могут приводить к выраженным нарушениям газообмена и снижению устойчивости к гипоксии при дыхании воздухом со сниженным содержанием кислорода у пожилых людей.

Однако возрастные изменения диффузионной способности и равномерности вентиляции легких при гипоксическом стрессе изучены недостаточно. Вместе с тем, выяснение изменений диффузионной способности и равномерности вентиляции легких при гипоксическом стрессе позволит установить их значимость в снижении устойчивости к гипоксии людей старших возрастов.

Цель исследования — изучить состояние диффузионной способности и равномерности вентиляции легких у людей пожилого возраста при гипоксическом стрессе.

Материал и методы исследования

Обследованы практически здоровые люди в возрасте от 20 до 80 лет (20–29 лет — 24 чел, 30–39 лет — 8 чел, 40–49 лет — 8 чел, 50–59 лет — 8 чел, 60–69 лет — 16 чел, 70–79 лет — 10 чел, всего — 74 человека). При отборе исключалась патология сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной и других систем организма, которые могли повлиять на исследуемые показатели.

Состояние нормобарической гипоксии вызывалось вдыханием газовой смеси со сниженным содержанием

кислорода (12 % O_2 и 88 % N_2) в течение 20 мин. Сатурацию крови (SpO_2) исследовали с помощью монитора ЮМ-300 фирмы "ЮТАС" (Украина). Сатурация крови определялась пульсоксиметрическим методом. Вентиляцию легких изучали с помощью газоанализатора "Охусон-4" (фирмы "Mijnhardt", Нидерланды). Регистрировали в динамике минутный объем дыхания (VE), частоту дыхания и дыхательный объем.

Перед гипоксическим воздействием и сразу после него определяли диффузионную способность легких (Dlco) по CO методом устойчивого состояния на аппарате "Годарт" (Голландия) и равномерность вентиляции легких (РВЛ) методом разведения гелия с помощью гелиометра "ПООЛ 1".

Полученные данные обработаны методами вариационной статистики и корреляционного анализа с помощью компьютерной программы "Statistica 6.0, StatSoft, USA".

Результаты и их обсуждение

Как показали проведенные исследования, реакция РВЛ на гипоксическое воздействие характеризовалась уменьшением времени разведения гелия во всех возрастных группах (табл. 1). Это свидетельствует об улучшении РВЛ при гипоксическом стрессе. Известно, что Dlco является интегральным показателем, который зависит от эффективной поверхности газообмена, градиента давления кислорода, проницаемости альвеоло-капиллярной мембраны и РВЛ [1, 3, 7]. Поэтому при гипоксической экспозиции у людей всех возрастных групп уменьшается время разведения гелия, что свидетельствует об улучшении у них РВЛ. Наряду с этим у всех обследованных при гипоксическом воздействии увеличивается и Dlco (табл. 1). Это является компенсаторной реакцией на артериальную гипоксемию, которая развивается при гипоксическом стрессе.

В то же время с возрастом сдвиги времени разведения гелия и Dlco при гипоксии уменьшаются. Подтверждением этому является зависимость сдвигов времени разведения гелия и Dlco от возраста при гипоксическом стрессе ($r = -0,64$ и $r = -0,59$ соответственно, $p < 0,001$).

Нарушение РВЛ при старении происходит вследствие неодинакового изменения проходимости различных отделов бронхиального дерева и снижения эластичности легочной ткани, образования местных ателектазов [6, 7]. При этом нарушаются вентиляционно-перфузионные соотношения, уменьшается поверхность функционально активной легочной ткани, снижается эффективная поверхность газообмена, что ведет к снижению Dlco [6, 7]. Это существенно сказывается на эффективности легочного газообмена. В условиях гипоксии значение фактора диффузии кислорода возрастает [1–3, 7].

Действительно, как показали проведенные исследования, вследствие снижения прироста Dlco и времени разведения гелия, по сравнению с молодыми людьми, а также недостаточного вентиляторного ответа [4, 5] при гипоксическом стрессе у людей пожилого возраста развивается более выраженная артериальная гипоксемия

Таблиця 1

Диффузійна здатність легких і час розведення гелія при гіпоксическому стресі у практично здорових людей різного віку

Показатели	20–29 лет M±m	30–39 лет M±m	40–49 лет M±m	50–59 лет M±m	60–69 лет M±m	70–79 лет M±m
SpO ₂ воздух, %	98,58±0,11	97,62±0,18	98,10±0,14	97,21±0,23	96,31±0,21*	96,15±0,19*
SpO ₂ гипоксия, %	82,57±0,76	82,24±0,81	82,59±1,04	78,77±0,74*	77,43±0,82*	76,93±1,05*
ΔSpO ₂ , %	–15,98±0,13	–15,12±0,77	–16,19±0,65	–19,22±0,93*	–19,18±0,54*	–20,21±0,78*
ΔVE / Δ SpO ₂	–0,17±0,015	–0,18±0,020	–0,21±0,019	–0,12±0,016*	–0,11±0,015*	–0,12±0,016*
Dlco воздух, мл/мин/мм.рт.ст.	25,62±0,58	25,11±0,52	23,17±0,22	20,14±0,36*	19,55±0,57*	18,84±0,59*
Dlco гипоксия, мл/мин/мм.рт.ст.	28,47±0,41	27,74±0,43	25,41±0,32	22,12±0,31*	21,31±0,49*	20,47±0,44*
ΔDlco, мл/мин/мм.рт.ст.	2,84±0,24	2,72±0,31	2,24±0,22	1,97±0,22	1,75±0,21*	1,63±0,23*
Время разведения гелия — воздух, мин	3,21±0,10	3,29±0,11	3,47±0,15	4,02±0,16*	4,34±0,13*	4,47±0,14*
Время разведения гелия — гипоксия, мин	1,35±0,12	1,31±0,12	2,05±0,12	2,72±0,12*	3,21±0,12*	3,29±0,12*
ΔВремя разведения гелия, мин	1,86±0,08	1,98±0,17	1,42±0,16	1,31±0,09*	1,22±0,09*	1,18±0,10*

Примечание: * — различия достоверны по сравнению с людьми в возрасте 20–29 лет, p<0,05.

Таблиця 2

Диффузійна здатність легких і час розведення гелія при гіпоксическому стресі у практично здорових молодих і похилих людей зі зниженням сатурації крові вище 80 % (I група) і нижче 80 % (II група)

Показатели	молодые		пожилые	
	I группа M±m	II группа M±m	I группа M±m	II группа M±m
SpO ₂ воздух, %	98,63±0,23	98,61±0,22	96,67±0,21#	96,23±0,24#
SpO ₂ гипоксия, %	82,85±0,42	79,39±0,69*	80,24±0,47#	74,31±0,76**
ΔSpO ₂ , %	–15,72±0,37	–19,21±0,14*	–16,45±0,39	–21,89±0,41**
Dlco воздух, мл/мин/мм.рт.ст.	26,48±0,51	23,31±0,52*	20,73±0,38#	17,18±0,44**
Dlco гипоксия, мл/мин/мм.рт.ст.	29,62±0,42	25,55±0,39*	22,55±0,41#	18,34±0,49**
ΔDlco, мл/мин/мм.рт.ст.	3,12±0,19	2,23±0,21*	1,82±0,17	1,16±0,19**
ΔDlco/Δ SpO ₂ мл/мин/мм.рт.ст./%	–0,20±0,017	–0,11±0,018*	–0,11±0,016**	–0,04±0,014#
Время разведения гелия — воздух, мин	3,16±0,13	3,52±0,11	4,21±0,12#	4,46±0,10#
Время разведения гелия — гипоксия, мин	0,94±0,14	1,35±0,12	2,81±0,09#	3,40±0,12**
ΔВремя разведения гелия, мин	2,22±0,14	1,54±0,09*	1,41±0,07#	1,07±0,08**

Примечания: * — различия достоверны по сравнению с показателями людей I группы соответствующего возраста, p<0,05; # — различия достоверны по сравнению с показателями молодых людей соответствующей группы, p<0,05.

(табл. 1). Об этом свидетельствует более выраженное снижение сатурации при гипоксическом воздействии в пожилом возрасте, а также зависимость между сдвигами времени разведения гелия и Dlco, и усугублением артериальной гипоксемии при гипоксическом стрессе ($r=-0,58$; $r=-0,65$, соответственно, $p<0,001$).

Оценить реакцию Dlco на гипоксию можно с помощью соотношения $\Delta Dlco/\Delta SpO_2$, которое отражает реакцию Dlco на сдвиг сатурации. У людей пожилого возраста соотношение $\Delta Dlco/\Delta SpO_2$ достоверно ниже, по сравнению с молодыми людьми ($-0,18\pm0,06$ мл/мин/мм рт.ст./% у молодых и $-0,09\pm0,05$ мл/мин/мм рт.ст./% у пожилых людей, $p<0,05$). Полученные данные свидетельствуют о снижении с возрастом компенсаторной реакции на гипоксию со стороны РВЛ и Dlco.

Представляло интерес оценить Dlco и время разведения гелия у людей со снижением SpO₂ до 80 % (I группа) и снижением SpO₂ ниже 80% (II группа) при дыхании гипоксической газовой смесью (табл. 2). При дыхании гипоксической смесью среди всех обследованных людей уменьшение сатурации ниже 80 % было отмечено у 28,3 % [4]. При этом у людей молодого возраста снижение сатурации ниже 80 % отмечалось у 21,9 %, а у лиц пожилого возраста — у 53,8 % обследованных [4].

Анализ полученных данных показал, что сдвиги времени разведения гелия и Dlco, а также соотношение $\Delta Dlco/\Delta SpO_2$ во II группе у молодых и пожилых людей меньше, по сравнению с I группой (табл. 2). При этом у пожилых людей со снижением сатурации ниже 80 % со-

отношение $\Delta \text{Dlco} / \Delta \text{SpO}_2$ было меньше, а сдвиги времени разведения гелия и Dlco были менее выраженными, по сравнению с молодыми людьми этой же группы (см. табл. 2).

Выводы

1. При гипоксическом стрессе у пожилых людей снижен компенсаторный рост диффузионной способности и равномерности вентиляции легких. Вследствие этого у них развивается более выраженная артериальная гипоксемия.

2. Снижение газообмена в легких при гипоксическом стрессе у пожилых людей может быть одним из ведущих факторов снижения устойчивости к гипоксии с возрастом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н. А., Котов А. Н. Диффузионная способность легких в условиях ограниченной двигательной активности // Физиология человека. — 1981. — № 6. — С. 974–980.
2. Гипоксия. Адаптация, патогенез, клиника. — Санкт-Петербург: ООО "ЭЛБИ-СПб", 2000. — 384 с.
3. Канаев Н. Н. Газообмен между альвеолярным воздухом и кровью // Руководство по клинической физиологии дыхания. — Ленинград: Медицина, 1980. — С. 162–178.
4. Коркушко О. В., Асанов Э. О., Писарук А. В., Чеботарев Н. Д. Вентиляторный ответ на гипоксический стресс в пожилом возрасте // Журнал АМН Украины. — 2006. — №4. — С. 63–636.
5. Коркушко О. В., Писарук А. В., Асанов Э. О., Чеботарев Н. Д., Лишневецкая В. Ю. Реакция сердечно-сосудистой системы на изокапническую гипоксию в пожилом возрасте // Укр. пульмонолог. журн. — 2005. — №1. — С. 46–48.
6. Коркушко О. В., Иванов Л. А., Чеботарев Н. Д., Писарук А. В. Особливості реакції дихання на гіпоксію при старінні // Фізіол. журнал. — 2003. — Т. 49. № 3. — С. 63–69.
7. Коркушко О. В., Иванов Л. А. Гипоксия и старение. — Киев: Наук. Думка, 1980. — 276 с.
8. Проблемы гипоксии: молекулярные, физиологические и медицинские аспекты // Под ред. Л. Д. Лукьяновой, И. Б. Ушакова. — Москва, Воронеж: Изд-во "Истоки", 2004. — 590 с.
9. Rickards C. A., Newman D. G. The effect of low-level normobaric hypoxia on orthostatic responses // Aviat Space Environ Med. — 2002 May. — №73(5). — P. 460–465.
10. Ursino M., Magosso E., Avanzolini G. An integrated model of the human ventilatory control system: the response to hypoxia // Clin. Physiol. — 2001 Jul. — № 21(4). — P. 465–477.
11. Sevre K., Bendz B., Hanks E. Reduced autonomic activity during stepwise exposure to high altitude // Acta Physiol. Scand. — 2001. V.4. — P. 409–417.

ОСОБЕННОСТИ ДИФФУЗИОННОЙ СПОСОБНОСТИ И РАВНОМЕРНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ ПРИ ГИПОКСИЧЕСКОМ СТРЕССЕ У ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

О. В. Коркушко, Э. О. Асанов, А. В. Писарук, Н. Д. Чеботарев

Резюме

Изучены возрастные изменения диффузионной способности и равномерности вентиляции легких на 12 % O_2 нормобарическую гипоксию у 74 практически здоровых людей в возрасте от 20 до 80 лет. Показано, что при гипоксическом стрессе у пожилых людей снижен компенсаторный рост диффузионной способности и равномерности вентиляции легких. Вследствие этого у них развивается более выраженная артериальная гипоксемия.

PECULIARITIES OF DIFFUSION CAPACITY AND UNIFORMITY OF LUNG VENTILATION UNDER HYPOXIC STRESS IN ELDERLY PEOPLE

O. V. Korkushko, E. O. Asanov, A. V. Pissaruk, N. D. Chebotaryov

Summary

Age changes of diffusion capacity and uniformity of lung ventilation using 12 % O_2 normobaric hypoxia in 74 practically healthy people from 20 till 80 years of age were studied. It was shown that under hypoxic stress in elderly people the compensatory growth of diffusion capacity and uniformity of ventilation of lungs reduced. As a result of this process the more expressed arterial hypoxemia develops in this group of people.