

Э. О. Асанов, И. А. Дыба

Государственное учреждение "Институт геронтологии
им. Д. Ф. Чеботарева НАМН Украины", 04114 Киев

ВЛИЯНИЕ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В КОНЦЕ ВЫДОХА НА СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ГЕМОДИНАМИКИ И МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ С ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ И УСКОРЕННЫМ СТАРЕНИЕМ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Изучена эффективность влияния дыхательных тренировок с созданием положительного давления в конце выдоха (*Positive End Expiratory Pressure — PEEP*) на состояние системы гемодинамики и микроциркуляции у пожилых людей с физиологическим (32 чел.) и ускоренным (45 чел.) старением дыхательной системы. Показано, что курсовое применение дыхательных тренировок с *PEEP* способствует повышению сердечного выброса, улучшению микроциркуляции и снижению симпатической напряженности автономной нервной системы у пожилых людей с физиологическим и ускоренным старением дыхательной системы, что позволяет рекомендовать применение дыхательных тренировок с *PEEP* у людей этого возраста.

Ключевые слова: ускоренное старение дыхательной системы, дыхательные тренировки с положительным давлением в конце выдоха.

Как известно, процесс старения может протекать по двум вариантам — физиологическому и ускоренному [8]. Если при физиологическом старении изменения органов и систем соответствуют календарному возрасту, то при ускоренном старении опережают их. Выделяют ускорен-

ное старение отдельных систем [2, 3, 8]. Характерной особенностью ускоренного старения является гипоксия.

Важную роль в развитие гипоксии и гипоксических сдвигов при старении (особенно при ускоренном) играет состояние системы гемодинамики и микроциркуляции [4, 5]. Возрастными изменениями сердечно-сосудистой системы определяется характер и темп старения организма в целом. Это связано с тем, что они обуславливают нарушения функций различных органов и систем [4]. Снижение эффективности функционирования сердечно-сосудистой системы в старости может способствовать развитию циркуляторной гипоксии [5].

В то же время, микроциркуляторному сосудистому звену как части сосудистой системы принадлежит определяющая роль в обеспечении адекватного кислородного снабжения тканей организма [4].

При старении (особенно при ускоренном) развиваются нарушения микроциркуляции, которые вызывают снижение кровотока, сопровождаются нарушением клеточного метаболизма, ведут к развитию тканевой гипоксии [4, 5]. Наряду с этим при старении повышается чувствительность сердца и сосудов к гуморальным факторам, что, в свою очередь, способствует микроциркуляторным нарушениям [4, 5]. С возрастом уменьшается количество и уплотняются стенки капилляров, изменяется интима сосудов, что приводит к снижению адаптационных возможностей сосудов микроциркуляции у пожилых людей [5]. Микроциркуляторные нарушения способствуют также развитию различных патологических состояний, гипоксических нарушений в тканях, снижают устойчивость к гипоксии [5]. Реакция микроциркуляции и функции эндотелия являются одним из механизмов адаптации к гипоксии [4, 5]. Проведенные нами ранее исследования показали, что при старении функция эндотелия и микроциркуляция при гипоксическом воздействии угнетаются в большей степени, чем у молодых [4].

Учитывая снижение функциональных возможностей печени, почек, повышенный риск развития аллергических реакций в пожилом возрасте, предпочтительным является использование немедикаментозных методов коррекции сердечно-сосудистой системы и микроциркуляторных нарушений. В этой связи представляют интерес дыхательные тренировки с созданием положительного давления в конце выдоха — *PEEP (Positive End Expiratory Pressure)* [11–14, 16–20]. Основным механизмом дыхания с положительным давлением в конце выдоха является предотвращение раннего экспираторного закрытия дыхательных путей [1, 10, 11, 18]. Это приводит к расправлению альвеол, способствует вовлечению в газообмен нефункционирующих альвеол, что, в свою очередь, снижает альвеолярное мертвое пространство, улучшает вентиляционно-перфузионные соотношения, повышает легочный газообмен [1, 10–12, 16]. При этом улучшается кислородное обеспечение организма, в связи с чем дыхательные тренировки с *PEEP* достаточно широко используются в клинической медицине с лечебной и профилактической целью [10, 11, 17–19].

Цель работы — оценить влияние дыхательных тренировок с *PEEP* на состояние системы гемодинамики и микроциркуляции у пожилых людей с физиологическим и ускоренным старением дыхательной системы.

Обследуемые и методы. Обследовано 77 практически здоровых людей пожилого возраста (60–74 лет), которые были подразделены на две группы: с физиологическим (32 чел.) и с ускоренным (45 чел.) старением дыхательной системы. Функциональный возраст системы дыхания рассчитывали по спирографическим показателям с помощью формулы на спирографе "*Spirobank*" ("*Mir*", Италия) [2, 3, 9]. При этом ускоренно стареющими людьми пожилого возраста считали лиц, у которых функциональный возраст системы дыхания превышал паспортный более чем на 10 лет [2, 3, 9].

В исследование не включались лица с патологией сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной и других систем организма. Участие в исследовании было добровольным, все пациенты получили подробную информацию об исследовании и подписали информированное согласие.

Частоту сердечных сокращений (ЧСС) и систолическое артериальное давление (САД) регистрировали с помощью монитора "ЮМ-300" ("ЮТАС", Украина). Ударный объем (УО), минутный объем кровообращения (МОК), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) определяли методом тетраполярной реографии на аппарате "Медиана-1".

Состояние кожной микроциркуляции оценивали по объемной скорости кожного кровотока (ОСКК) с помощью лазерного флоуметра (*BLF 21D*, "*Transonic S. Inc.*", США) на внутренней поверхности предплечья. Функциональное состояние эндотелия определяли на уровне микроциркуляторного сосудистого русла с использованием пробы с реактивной гиперемией по методике О. В. Коркушко и соавт. [6]. Реактивную гиперемию создавали путем пережатия сосудов плеча на 3 мин с помощью тонометра при давлении в манжете превышающем на 50 мм рт. ст. САД у обследуемого. Определяли также уровень максимальной объемной скорости кровотока и время восстановления кровотока к исходному уровню. Эта проба характеризует способность эндотелия к синтезу эндотелиальных факторов релаксации, отражает функциональное состояние эндотелия [6].

Как известно, состояние микроциркуляторного сосудистого звена зависит от активности автономной нервной системы (АНС). Поэтому изучали регуляцию АНС методом анализа вариабельности ритма сердца (ВРС) с помощью монитора фирмы "ЮТАС" в соответствии с международными стандартами [14]. Для анализа волновой структуры сердечного ритма использовали метод расчета спектра мощности, базирующийся на быстром преобразовании Фурье. Мощность компонентов сердечного ритма рассчитывали в двух диапазонах частот: 0,15–0,4 Гц (высокочастотные колебания, *HF*) и 0,04–0,15 Гц (низкочастотные колебания, *LF*), а также симпатовагальный индекс (*LF/HF*).

Все исследования проводили до и после курса дыхательных тренировок с *PEEP*. Курс тренировок состоял из 10 сеансов, каждый из кото-

рых включал в себя 15-минутное дыхание с *PEEP* 5 см вод. ст. для пожилых людей с ускоренным старением дыхательной системы и 10 см вод. ст. для пожилых людей с физиологическим старением дыхательной системы. Дыхательные тренировки с *PEEP* проводили с помощью дыхательного тренажера "*Threshold PEP*" (Германия).

Важным фактором, определяющим действие дыхательных тренировок с *PEEP* является уровень сопротивления выдоху. Недостаточное сопротивление выдоху не приведет к желаемому эффекту, а чрезмерное сопротивление может вызвать ряд нежелательных явлений: снижение сердечного выброса, ухудшение мозгового кровоснабжения, баротравму [1]. Особое значение это приобретает в пожилом возрасте.

Проведенные нами ранее исследования показали, что наиболее эффективным и безопасным уровнем сопротивления выдоху при проведении дыхательных тренировок с *PEEP* является 10 см вод. ст. для пожилых людей с физиологическим и 5 см вод. ст. с ускоренным старением дыхательной системы. Именно эти уровни сопротивления выдоху применяли в данном исследовании [2].

При дыхательных тренировках с *PEEP* для обеспечения безопасности проводили мониторинг АД, ЧСС, ЭКГ и сатурации крови кислородом с помощью монитора "ЮМ-300".

Различия средних величин показателей в изученных группах оценивали по *t*-критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Состояние дыхательной системы играет важную роль в эффективности функционирования сердечно-сосудистой системы. Развитие артериальной гипоксемии при ускоренном старении дыхательной системы может ухудшать деятельность сердечно-сосудистой системы. Однако, как показал анализ проведенных исследований, в исходном состоянии значения показателей функционирования сердечно-сосудистой системы и микроциркуляции у пожилых людей с различным типом старения дыхательной системы не различались (табл. 1–2). Отсутствие различий в эффективности функционирования сердечно-сосудистой системы в исходном состоянии у пожилых людей с различным типом старения дыхательной системы можно объяснить тем, что функциональная несостоятельность дыхательной системы, которая может привести к развитию выраженной артериальной гипоксемии, ухудшению кислородного обеспечения и угнетению функционирования различных систем организма, проявляется только при стрессовых нагрузках — физической, гипоксической, психоэмоциональной и т. д. Исследования, проведенные ранее в институте геронтологии им. Д. Ф. Чеботарева НАМН Украины, показали, что при гипоксической нагрузке у пожилых людей с ускоренным старением дыхательной системы эффективность функционирования сердечно-сосудистой системы снижается по сравнению с пожилыми людьми с физиологическим старением дыхательной системы [7].

Проведенные исследования показали, что дыхательные тренировки с *PEEP* оказывали благоприятное действие на функцию сердечно-сосу-

дистой системы у пожилых людей как с физиологическим, так и с ускоренным старением (см. табл. 1). При этом у них было выявлено статистически значимое увеличение МОК — интегрального показателя центральной гемодинамики, отражающего деятельность сердечно-сосудистой системы. Наряду с повышением сердечного выброса, под влиянием дыхательных тренировок с *PEEP* у пожилых людей с физиологическим и ускоренным старением улучшалось периферическое сосудистое кровообращение. Об этом свидетельствовало достоверное снижение ОПСС (см. табл. 1).

Таблица 1

Влияние дыхательных тренировок с *PEEP* на состояние центральной и периферической гемодинамики у пожилых людей с разным типом старения дыхательной системы, $M \pm m$

Показатель	До тренировок	Сдвиг после тренировок
Физиологическое старение		
УО, мл	71 ± 3	8 ± 3*
МОК, л/мин	5,94 ± 0,23	0,30 ± 0,14*
САД, мм рт. ст.	136,8 ± 3,9	-7,7 ± 2,6*
ЧСС, мин ⁻¹	83,6 ± 6,4	-4,9 ± 3,7
ОПСС, кПа·с/л	204,3 ± 7,8	-14,5 ± 4,3*
Ускоренное старение		
УО, мл	70 ± 5	9 ± 3
МОК, л/мин	5,81 ± 0,31	0,39 ± 0,17*
САД, мм рт. ст.	133,7 ± 5,1	-8,6 ± 4,1*
ЧСС, мин ⁻¹	82,7 ± 6,4	5,3 ± 4,5
ОПСС, кПа·с/л	211,8 ± 10,9	-17,5 ± 6,1*

Примечание (тут и в табл. 2–3): * — достоверность сдвига под влиянием тренировок $P < 0,05$.

Важным фактором, определяющим устойчивость организма к гипоксии, является также состояние микроциркуляторного сосудистого русла, определяющее адекватность кровоснабжения органов и тканей организма. Важную роль при этом играет функциональное состояние эндотелия [4].

Анализ полученных данных показал, что вследствие адаптогенного эффекта дыхательных тренировок у обследованных улучшилось общее состояние перфузии тканей на уровне микрососудов. Так, после курса дыхательных тренировок с *PEEP* у пожилых людей как с физиологическим, так и с ускоренным старением отмечалось статистически значимое повышение ОСКК (см. табл. 2).

Причиной этого, с одной стороны, является увеличение диаметра микрососудов, возрастание количества функционирующих капилляров, улучшение реологических свойств крови. С другой стороны, улучшение микроциркуляции может быть связано с изменением активности симпатического отдела АНС. Так, под влиянием дыхательных тренировок у обследованных снижалась активность симпатического звена АНС, о чем свидетельствует снижение симпатовагального индекса (табл. 3).

Таблица 2

Влияние дыхательных тренировок с PEEP на состояние микроциркуляции и функции эндотелия у пожилых людей с разным типом старения дыхательной системы, $M \pm t$

Показатель	До тренировок	Сдвиг после тренировок
Физиологическое старение		
ОСКК предплечья, $мл/(мин \cdot 100 г)$	$1,53 \pm 0,08$	$0,19 \pm 0,08^*$
Постокклюзионная гиперемия, $мл/(мин \cdot 100 г)$	$6,58 \pm 0,37$	$1,43 \pm 0,33^*$
Время развития пика реакции, с	$20,1 \pm 2,4$	$-5,7 \pm 2,1^*$
Время восстановления, с	$112,3 \pm 11,4$	$14,2 \pm 6,1^*$
Ускоренное старение		
ОСКК предплечья, $мл/(мин \cdot 100 г)$	$1,48 \pm 0,10$	$0,20 \pm 0,08^*$
Постокклюзионная гиперемия, $мл/(мин \cdot 100 г)$	$5,71 \pm 0,43$	$1,41 \pm 0,39^*$
Время развития пика реакции, с	$22,5 \pm 3,2$	$-4,6 \pm 2,1^*$
Время восстановления, с	$113,1 \pm 11,9$	$13,5 \pm 5,7^*$

Таблица 3

Влияние дыхательных тренировок с PEEP на активность автономной нервной системы у пожилых людей с разным типом старения дыхательной системы, $M \pm t$

Показатель	До тренировок	Сдвиг после тренировок
Физиологическое старение		
$LF, мс^2$	$167,8 \pm 23,4$	$-14,4 \pm 7,8$
$HF, мс^2$	$121,4 \pm 41,3$	$10,2 \pm 4,3^*$
LF/HF	$1,38 \pm 0,25$	$-0,21 \pm 0,09^*$
Ускоренное старение		
$LF, мс^2$	$169,5 \pm 27,4$	$-14,1 \pm 9,1$
$HF, мс^2$	$122,1 \pm 62,1$	$-20,3 \pm 10,2^*$
LF/HF	$1,39 \pm 0,14$	$0,12 \pm 0,05^*$

Улучшение состояния микроциркуляторного звена кровообращения обусловлено также повышением синтеза эндотелиальных вазодилаторов, улучшением функции эндотелия. Действительно, применение дыхательных тренировок с PEEP улучшало функцию эндотелия у пожилых людей обеих групп. Показано, что у всех обследованных повышался ОСКК на пике реактивной гиперемии, увеличивался восстановительный период после реактивной гиперемии (см. табл. 3). Это является свидетельством улучшением функции эндотелия и вазорелаксации, обусловленной повышением синтеза оксида азота.

Необходимо отметить, что эффективность влияния дыхательных тренировок на системную гемодинамику, микроциркуляцию и АНС у пожилых людей с различным типом старения не различалась.

Выводы

1. Применение дыхательных тренировок с *PEEP* приводит к улучшению состояния гемодинамики и микроциркуляции у пожилых людей с физиологическим и ускоренным старением дыхательной системы.
2. Дыхательные тренировки с *PEEP* оказывают нормализующее влияние на вегетативный баланс и приводят к снижению напряженности симпатического отдела АНС.
3. Применение дыхательных тренировок с *PEEP* может быть рекомендовано для использования комплексной реабилитации пожилых людей с физиологическим и ускоренным старением дыхательной системы.

Список использованной литературы

1. *Зильбер А. П.* Этюды респираторной медицины. — М.: МЕДпрессинформ, 2007. — 292 с.
2. *Коркушко О. В., Асанов Э. О., Дыба И. А.* Влияние положительного давления на выдохе на церебральную гемодинамику у пожилых людей с ускоренным старением // *Кровообращение и гемостаз.* — 2010. — № 3. — С. 10–14.
3. *Коркушко О. В., Асанов Э. О., Писарук А. В., Чеботарев Н. Д.* Изменения вентиляции при гипоксии у пожилых людей с физиологическим и ускоренным старением дыхательной системы // *Укр. пульмонолог. журн.* — 2009. — № 3. — С. 33–35.
4. *Коркушко О. В., Асанов Э. О., Писарук А. В.* и др. Возрастные особенности функции эндотелия и микроциркуляции при гипоксическом стрессе // *Кровообращение и гемостаз.* — 2007. — № 2. — С. 15–19.
5. *Коркушко О. В., Иванов Л. А.* Гипоксия и старение. — Киев: Наук. думка, 1980. — 276 с.
6. *Коркушко О. В., Лішевська В. Ю., Дужак Г. В.* Спосіб визначення функціонального стану ендотелію мікросудин в осіб похилого віку // Патент України № 46415А. — 11.07.2001. — Бюл. № 5.
7. *Коркушко О. В., Писарук А. В., Чеботарев Н. Д., Асанов Е. О.* Особенности реакции сердечно-сосудистой системы на гипоксию у пожилых людей с физиологическим и ускоренным старением // *Кровообращение и гемостаз.* — 2009. — № 1–2. — С. 94–100.
8. *Коркушко О. В., Шатило В. Б., Ярошенко Ю. Т.* Передчасне старіння: фактори ризику, діагностика, засоби попередження, метаболічна терапія. Бібліотечка практикуючого лікаря. — К.: Тов. ДСГ Лтд, 2003. — 52 с.
9. *Писарук А. В., Асанов Е. О.* Спосіб визначення функціонального віку дихальної системи організму людини // Патент України № 54304. — 10.11.2010. — Бюл. № 21.
10. *Путиенко Ж. Е.* Эффективность применения положительного давления в конце выдоха в коррекции легочной вентиляции у больных бронхиальной астмой и хроническим обструктивным бронхитом // *Укр. пульмонолог. журн.* — 1999. — № 2. — С. 42–44.
11. *Fujiwara M., Abe K., Mashimo T.* The effect of positive end-expiratory pressure and continuous positive airway pressure on the oxygenation and shunt fraction during one-lung ventilation with propofol anesthesia // *J. Clin. Anesth.* — 2001. — 13. — P. 473–477.
12. *Gainnier M., Michelet P., Thirion X.* et al. Prone position and positive end expiratory pressure in acute respiratory distress syndrome // *Crit. Care Med.* — 2003. — 31. — P. 2719–2126.

13. *Gattinoni L., Pelosi P., Crotti S.* et al. Effects of positive end-expiratory pressure on regional distribution of tidal volume and recruitment in adult respiratory distress syndrome // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* — 1995. — **151**. — P. 1807–1814.
14. *Halter J. M., Steinberg J. M., Schiller H. J.* et al. Positive end-expiratory pressure after a recruitment maneuver prevents both alveolar collapse and recruitment/derecruitment // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* — 2003. — **167**. — P. 1620–1626.
15. *Heart rate variability. Standard of measurement, physiological, and clinical use* // *Europ. Heart J.* — 1996. — **17**. — P. 354–381.
16. *Inomata S., Nishikawa T., Saito S., Kihara S.* ‘Best’ PEEP during one-lung ventilation // *Br. J. Anaesth.* — 1997. — **78**. — P. 754–756.
17. *Johannigman J., Davis K., Campbell R.* et al. Positive end-expiratory pressure and response to inhaled nitric oxide: changing nonresponders to responders // *Surgery.* — 2000. — **127**. — P. 390–394.
18. *Pelosi P., Ravagnan I., Giurati G.* et al. Positive end-expiratory pressure improves respiratory function in obese but not in normal subjects during anesthesia and paralysis // *Anesthesiology.* — 1999. — **91**. — P. 1221–1231.
19. *Richard J., Brochard L., Vandelet P.* et al. Respective effects of end-expiratory and end-inspiratory pressures on alveolar recruitment in acute lung injury // *Crit. Care Med.* — 2003. — **31**. — P. 89–92.
20. *Takeuchi M., Goddon S., Dolhnikoff M.* et al. Set positive end-expiratory pressure during protective ventilation affects lung injury // *Anesthesiology.* — 2002. — **97**. — P. 682–692.

Поступила 31.01.2013

**ВПЛИВ ДИХАЛЬНИХ ТРЕНУВАНЬ З ПОЗИТИВНИМ
ТИСКОМ У КІНЦІ ВИДОХУ НА СТАН СИСТЕМНОЇ
ГЕМОДИНАМІКИ І МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ У ЛЮДЕЙ
ЛІТНЬОГО ВІКУ ІЗ ФІЗІОЛОГІЧНИМ І
ПРИСКОРЕНИМ СТАРІННЯМ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ**

Е. О. Асанов, І. А. Діба

Державна установа "Інститут геронтології
ім. Д. Ф. Чеботарьова НАМН України", 04114 Київ

Вивчено ефективність впливу дихальних тренувань з *PEEP* (*Positive End Expiratory Pressure*) на стан системної гемодинаміки та мікроциркуляції у людей літнього віку із фізіологічним (32 чол.) і прискореним (45 чол.) старінням дихальної системи. Показано, що курсове застосування дихальних тренувань приводить до підвищення серцевого викиду, поліпшення мікроциркуляції і зниження симпатичної напруги автономної нервової системи у людей літнього віку із фізіологічним і прискореним старінням дихальної системи, що дозволяє рекомендувати застосування дихальних тренувань з *PEEP* у людей цього віку.

**EFFECT OF BREATHING TRAINING EXERCISE WITH
POSITIVE END-EXPIRATORY PRESSURE ON THE STATE
OF HEMODYNAMICS SYSTEM
AND MICROCIRCULATION IN ELDERLY SUBJECTS
WITH PHYSIOLOGICAL AND ACCELERATED AGING
OF THE RESPIRATORY SYSTEM**

E. O. Asanov, I. A. Dyba

State Institution "D. F. Chebotarev Institute of Gerontology
NAMS Ukraine", 04114 Kyiv

The efficacy of influence of breathing training exercise with positive end-expiratory pressure (PEEP) on the state of system of hemodynamics and microcirculation of the elderly subjects with physiological (n = 32) and accelerated (n = 45) aging of the respiratory system. A course use of breathing training exercise with PEEP was shown to promote an increase of cardiac output, improvement of microcirculation and decrease of sympathetic tension of the autonomic nervous system of the elderly subjects with physiological and accelerated aging of the respiratory system. The results obtained make it possible to recommend breathing training exercise with PEEP in the elderly subjects.

Сведения об авторах

Отдел клинической физиологии и патологии внутренних органов

Э. О. Асанов — гл.н.с., д.м.н.

И. А. Дыба — аспирант (dibaira@rambler.ru)