

Регуляція автономної нервової системи в осіб похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи: ефективність дихальних тренувань із позитивним тиском наприкінці видиху

Е. О. Асанов^{ID A,D,F}, І. А. Діба^{ID B,C,D}, С. С. Наскалова^{ID B,C,E}, О. В. Бондаренко^{ID C,E},
І. А. Антонюк-Щеглова^{ID C,E}

Державна установа «Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова Національної академії медичних наук України», м. Київ

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті;
F – остаточне затвердження статті

Ключові слова:

прискорене старіння дихальної системи, дихальні тренування з PEEP, автономна нервова система.

Запорізький

медичний журнал.
2025. Т. 27, № 4(151).
С. 290-295

Мета роботи – оцінити вплив курсового застосування дихальних тренувань із позитивним тиском наприкінці видиху (PEEP) на стан автономної нервової системи у людей похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи.

Матеріали і методи. Обстежено 94 осіб віком 60–74 років: 45 – із фізіологічним, 49 обстежених – із пришвидшеним старінням дихальної системи. Особи похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи отримували дихальні тренування з PEEP: 16 – тренування з рівнем тиску наприкінці видиху 0 см вод. ст., 17 обстежених – 5 см вод. ст., 16 осіб – 10 см вод. ст. Оцінювали стан автономної нервової системи. Дослідження здійснили на вихідному етапі (до тренувань) і після курсових тренувань.

Результати. У людей похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи визначено зниження високочастотних коливань (HF) і підвищення симпато-вагусного балансу (LF/HF). У них виявлено також зв'язок між потужністю HF і функціональним віком дихальної системи ($r = -0.33$, $p < 0.05$) і SpO_2 ($r = -0.29$, $p < 0.05$). Дихальні тренування з PEEP, крім зростання SpO_2 , спричиняло підвищення HF і зниження LF/HF в осіб із пришвидшеним старінням. Зростання тиску наприкінці видиху з 5 см вод. ст. до 10 см вод. ст. не призводило до підвищення ефективності дихальних тренувань із PEEP.

Висновки. В осіб похилого віку з пришвидшеним старінням знижується парасимпатична та підвищується симпатична активність. Зміни потужності парасимпатичної ланки автономної нервової системи в обстежених похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи пов'язані з функціональним віком дихальної системи та легенеvim газообміном. Дихальні тренування з PEEP призводять до зростання вагусних впливів і зниження симпатичної активності. Вираженість цього ефекту не залежить від рівня тиску наприкінці видиху.

Keywords:

accelerated aging of the respiratory system, breathing exercises with PEEP, autonomic nervous system.

Zaporozhye

Medical Journal.
2025;27(4):290-295

Regulation of the autonomic nervous system in older adults with accelerated respiratory system aging: effectiveness of breathing training with positive end-expiratory pressure

E. O. Asanov, I. A. Dyba, S. S. Naskalova, O. V. Bondarenko, I. A. Antoniuk-Shcheglova

Aim. To evaluate the effectiveness of breathing training with positive end-expiratory pressure (PEEP) on the autonomic nervous system in older adults with accelerated respiratory system aging.

Materials and methods. Ninety-four older adults aged 60–74 years were examined, including 45 with physiological aging and 49 with accelerated aging of the respiratory system. Participants with accelerated respiratory aging were divided into three groups: 16 underwent breathing training without PEEP (0 cm H₂O), 17 with PEEP of 5 cm H₂O, and 16 with PEEP of 10 cm H₂O. The autonomic nervous system was assessed at baseline and after completing the breathing training program.

Results. Older adults with accelerated respiratory system aging showed reduced high-frequency (HF) power and an increased low-frequency / high-frequency (LF/HF) ratio. In this group, HF power was inversely correlated with the functional age of the respiratory system ($r = -0.33$, $p < 0.05$) and oxygen saturation (SpO_2 ; $r = -0.29$, $p < 0.05$). Breathing training with PEEP increased SpO_2 and HF power while reducing the LF/HF ratio. However, increasing PEEP from 5 cm H₂O to 10 cm H₂O did not improve the effectiveness of the training.

Conclusions. In older adults with accelerated respiratory aging, parasympathetic activity decreases, and sympathetic activity increases. Changes in parasympathetic activity of the autonomic nervous system in this group are associated with the functional age of the respiratory system and pulmonary gas exchange. Breathing training with PEEP increases vagal activity and reduces sympathetic dominance. However, the magnitude of this effect is independent of the PEEP level.

Старіння – складний багатогранний біологічний процес, що характеризується поступовим зниженням функцій організму. Причиною обмеження пристосувальних механізмів під час старіння, на думку багатьох дослідників, є дисрегуляція фізіологічних систем організму, що призводить до зниження здатності до відновлення та цілісності органів, тканин і клітин. З часом старіння спричиняє збільшення ризику захворювань і смерті [1].

Особливістю процесу старіння є те, що воно може відбуватися за фізіологічним або пришвидшеним типом. Наслідком цього можуть бути відмінності за швидкістю старіння в осіб з однаковим хронологічним віком. Фізіологічне старіння – природний процес із поступовим зниженням функцій органів і систем без виражених патологічних змін. Під час пришвидшеного старіння, на відміну від фізіологічного, швидше, ніж зазвичай, відбувається розвиток вік-пов'язаних змін і захворювань [2,3].

У разі пришвидшеного старіння дихальної системи відбуваються зміни кисневого режиму організму, що призводять до формування кисневої недостатності та зниження стійкості до гіпоксії [4]. Це є ключовим фактором значного зниження адаптаційних можливостей організму, розвитку різних захворювань і посилення їхнього перебігу [1,4].

Одна з систем організму, що відіграє важливу роль в адаптації організму до вікових змін, – автономна нервова система (АНС). При цьому в процесі старіння виникає дисбаланс АНС [5]. Вікові зміни АНС набувають особливого значення під час пришвидшеного старіння дихальної системи, з огляду на її значення в механізмах регуляції бронхіальної прохідності та розвитку бронхоспазму [6]. Зниження ефективності функціонування АНС може негативно впливати на вентиляційну функцію легень, знижувати бронхіальну прохідність і спричиняти розвиток бронхолегеневих захворювань, зокрема у людей похилого віку [7].

Значення пришвидшеного старіння дихальної системи як основи розвитку та прогресування вік-асоційованих патологічних станів обґрунтовує необхідність розроблення методів корекції вікових змін організму, зокрема АНС в осіб похилого та старечого віку. Однак застосування медикаментозних засобів в осіб старшого віку обмежене. Це пов'язано насамперед із функціональними можливостями видільних і детоксифікувальних систем організму, а також частим розвитком побічних реакцій. Тому в старшому віці бажаним є використання безмедикаментозних методів корекції.

Дихальні тренування з підвищеним тиском наприкінці видиху (Positive end Expiratory Pressure, PEEP) – один із таких методів. Метод PEEP ґрунтується на створенні підвищеного опору наприкінці видиху, що перешкоджає ранньому експіраторному закриттю дихальних шляхів, сприяє збільшенню функціональної залишкової ємності легень, спричиняє розправлення альвеол і залучення до газообміну альвеол, які не функціонують. Це призводить до зниження альвеолярного мертвого простору, покращення вентиляційно-перфузійного співвідношення, збільшення ефективної поверхні газообміну, поліпшення легеневого газообміну та насичення крові киснем [8].

Дихальні тренування з PEEP широко використовують у клінічній, спортивній і реабілітаційній медици-

ні [8,9]. У результаті численних досліджень підтверджено ефективність дихальних тренувань із PEEP у пацієнтів із хронічними захворюваннями легень. Регулярні тренування сприяють зменшенню гіперінфляції легень, покращенню газообміну та підвищенню толерантності до фізичних навантажень [9].

Останніми роками посилюється інтерес до впливу PEEP на АНС, що регулює роботу внутрішніх органів і фізіологічні процеси організму. Показано, що дихальні тренування з PEEP впливають на баланс симпатичної та парасимпатичної активності, змінюючи варіабельність серцевого ритму та рівень стресу [10,11]. Так, застосування дихальних тренувань із PEEP знижує частоту серцевих скорочень і збільшує варіабельність серцевого ритму, що свідчить про посилення парасимпатичної активності [11]. З іншого боку, внаслідок зменшення активності симпатичної нервової системи використання дихальних тренувань із PEEP може сприяти зменшенню рівня стресу й артеріального тиску [11]. Встановлено також, що PEEP-терапія може покращувати барорефлекс і внаслідок цього підвищувати адаптивні механізми серцево-судинної системи [12]. Водночас показано, що PEEP-терапія сприяє зниженню рівня кортизолу та підвищує варіабельність серцевого ритму. Це позитивно позначається на загальному стані організму [11].

На підставі цих даних припустили, що застосування дихальних тренувань із PEEP може бути доцільним в осіб похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи. Однак вплив дихальних тренувань із PEEP на стан АНС у людей похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи досі залишається не з'ясованим.

Мета роботи

Оцінити вплив курсового застосування дихальних тренувань із позитивним тиском наприкінці видиху на стан автономної нервової системи у людей похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження здійснили відповідно до законів України та принципів Гельсінської декларації з прав людини. Процедури дослідження, інформація для пацієнта та форма інформованої згоди погоджені Комісією з питань етики ДУ «Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова НАМН України» (протокол № 7 від 15.05.2018 року). Участь у дослідженні добровільна; всі обстежені підписали форму інформованої згоди на участь.

Обстежено 94 осіб віком від 60 до 74 років. До дослідження не залучали осіб із патологією серцево-судинної, дихальної, ендокринної та інших систем організму. У результаті визначення функціонального віку дихальної системи (ФВДС) сформовано дві групи обстежених: група осіб похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи ($n = 49$) і група осіб похилого віку з фізіологічним старінням дихальної системи ($n = 45$).

ФВДС визначали за спірометричними показниками за допомогою формули, що розроблена в ДУ «Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова НАМН України» [13]. Старіння дихальної системи вважали пришвидшеним,

Таблиця 1. Стан автономної нервової системи в людей похилого віку з фізіологічним і пришвидшеним старінням дихальної системи, $M \pm SD$

Показник, одиниці вимірювання	Обстежені з фізіологічним старінням, $n = 45$	Обстежені з прискореним старінням, $n = 49$
HF, ms^2	$182,31 \pm 53,25$	$132,49 \pm 66,61^{**}$
LF, ms^2	$223,69 \pm 63,92$	$175,47 \pm 78,88^{**}$
VLF, ms^2	$796,86 \pm 323,05$	$804,71 \pm 324,41$
LF/HF	$1,25 \pm 0,21$	$1,35 \pm 0,19^*$
ФВДС, років	$64,83 \pm 7,75$	$74,82 \pm 6,81^{**}$
SpO ₂ , %	$95,33 \pm 1,23$	$94,67 \pm 1,38^*$

*: вірогідні відмінності порівняно з особами з фізіологічним старінням дихальної системи на рівні $p < 0,05$; **: достовірні відмінності порівняно з особами з фізіологічним старінням дихальної системи на рівні $p < 0,01$.

якщо функціональний вік системи дихання перевищував календарний вік на понад 10 років.

Вентиляційну функцію легень і бронхіальну прохідність оцінювали за показниками спірометрії та кривої «потік – об'єм» форсованого видиху на апараті «Spirobank» («Mig», Італія).

Сатурацію крові (SpO₂) визначали за допомогою монітора «ЮМ-300» фірми «ЮТАС» (Україна) пульсоксиметричним методом.

Регуляцію АНС вивчали методом аналізу варіабельності ритму серця (ВРС) за допомогою монітора фірми «ЮТАС» (Україна). Виконали спектральний аналіз ВРС з обрахунком потужності компонентів серцевого ритму в трьох діапазонах частот: 0,15–0,40 Гц (високочастотні коливання, HF), 0,04–0,15 Гц (низькочастотні коливання, LF), 0,003–0,040 Гц (дуже низькочастотні коливання, VLF), а також відношення LF/HF (симпто-вагусний баланс).

Для корекції стану АНС у людей похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи призначали дихальні тренування з РЕЕР із різним тиском наприкінці видиху.

Методом простої рандомізації за допомогою таблиці випадкових чисел за рівнем тиску наприкінці видиху здійснено розподіл людей похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи на три групи. У першій групі (16 осіб, контрольна група) дихальні тренування здійснювали з рівнем тиску наприкінці видиху 0 см вод. ст., у другій групі (17 осіб) – 5 см вод. ст., у третій групі (16 осіб) – 10 см вод. ст.

У результаті попередніх досліджень встановлено, що рівні тиску наприкінці видиху 5 см вод. ст. і 10 см вод. ст. є оптимальними для людей похилого віку [14]. Курс дихальних тренувань із РЕЕР складався з 10 щоденних сеансів тривалістю 15 хв кожний. Дихальні тренування з РЕЕР здійснювали за допомогою дихального тренажера «Threshold PEP» (Німеччина).

Під час дихальних тренувань із РЕЕР для безпеки реєстрували артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень, робили електрокардіограму, визначали SpO₂ за допомогою монітора «ЮМ-300» фірми «ЮТАС» (Україна).

Усі дослідження здійснили на вихідному етапі та після курсових тренувань.

Статистично результати опрацювали за допомогою комп'ютерної програми Excel 2010 (Microsoft Office 2010, Product ID: 02954-076-111196, Order ID: 6368848992). Використано параметричні статистичні методи. Нормальність розподілу отриманих даних перевірено за допомогою тесту Колмогорова–Смирнова та Шапіро–Віллка. Обраховано середні значення (M) та

їхні стандартні відхилення (SD). Відмінності середніх величин показників оцінювали за критерієм Стюдента для непарних (фізіологічне та прискорене старіння) та парних (до та після дихальних тренувань) вибірок. Для виявлення залежностей виконано регресійно-кореляційний аналіз. За допомогою дисперсійного однофакторного post-hoc аналізу ANOVA з застосуванням поправки Бонфероні вивчено вплив рівня опору наприкінці видиху при використанні дихальних тренувань із РЕЕР на показники, що вивчали. Як значущий визначали рівень достовірності при $p < 0,05$.

Результати

Аналіз даних, що одержано, показав: в осіб похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи на вихідному етапі відбулося зниження активності парасимпатичної ланки АНС. Так, значення HF у них було дещо меншим порівняно з обстеженими з фізіологічним старінням дихальної системи (табл. 1).

У результаті дослідження підтверджено асоціацію між ФВДС, станом легеневого газообміну й активністю парасимпатичної нервової системи в обстежених похилого віку з пришвидшеним старінням. Це підтверджено незначною, але статистично вірогідною залежністю потужності HF з одного боку й ФВДС ($r = -0,33$, $p < 0,05$) з іншого. Крім того, в осіб похилого віку з цієї групи визначено зв'язок між потужністю HF і SpO₂ ($r = -0,29$, $p < 0,05$).

Водночас у людей похилого віку з пришвидшеним старінням порівняно з особами, які старіють фізіологічно, зниження активності парасимпатичної ланки АНС супроводжувалось відносним переважанням симпатичних впливів. З боку гуморальної регуляції не було виявлено відмінностей між групами обстежених похилого віку. Це підтверджує аналіз потужності VLF, що не показав істотних відмінностей між групами осіб похилого віку з різним типом старіння дихальної системи (табл. 1).

Напружене функціонування дихальної системи в осіб похилого віку з пришвидшеним старінням призводило до певного зниження легеневого газообміну. Це підтверджено незначною, але статистично достовірною відмінністю показника SpO₂, що встановлений у групах осіб із фізіологічним й пришвидшеним старінням дихальної системи (табл. 1).

Застосування дихальних тренувань із РЕЕР чинило нормалізуючий вплив на регуляцію АНС в осіб похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи. Зафіксовано статистично значуще підвищення парасимпатичних впливів і зниження симпатичної активності. Так, під впливом курсових дихальних тренувань із РЕЕР

Таблиця 2. Вплив дихальних тренувань із РЕЕР на стан автономної нервової системи в осіб похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи, $M \pm SD$

Показник, одиниці вимірювання	До тренувань	Після тренувань	Зсув
0 см вод. ст., n = 16			
HF, мс ²	138,69 ± 78,58	158,56 ± 101,34	19,88 ± 39,90
LF, мс ²	177,63 ± 83,43	207,06 ± 109,67	29,44 ± 52,56
VLF, мс ²	638,13 ± 331,88	616,63 ± 269,58	-21,50 ± 107,08
LF/HF	1,33 ± 0,13	1,36 ± 0,17	0,039 ± 0,16
ФВДС, роки	73,80 ± 7,37	72,88 ± 6,29	-0,93 ± 4,12
SpO ₂ , %	94,56 ± 1,82	94,81 ± 1,64	0,25 ± 0,58
5 см вод. ст., n = 17			
HF, мс ²	127,00 ± 56,07	205,00 ± 96,98**	78,00 ± 65,28*
LF, мс ²	166,58 ± 73,45	225,47 ± 103,31**	58,88 ± 64,27
VLF, мс ²	917,18 ± 335,02	914,41 ± 357,29	-2,76 ± 145,63
LF/HF	1,33 ± 0,22	1,11 ± 0,12**	-0,21 ± 0,20**
ФВДС, роки	72,97 ± 7,56	66,88 ± 5,16**	-6,50 ± 4,82
SpO ₂ , %	94,82 ± 1,01	95,94 ± 0,87**	0,90 ± 0,93*
10 см вод. ст., n = 16			
HF, мс ²	132,13 ± 67,79	231,25 ± 137,67**	99,13 ± 80,56**
LF, мс ²	172,13 ± 79,38	238,13 ± 121,65**	66,00 ± 64,08
VLF, мс ²	827,75 ± 340,83	756,88 ± 251,02	-70,88 ± 205,10
LF/HF	1,34 ± 0,20	1,10 ± 0,17**	-0,24 ± 0,23**
ФВДС, роки	77,79 ± 4,35	71,06 ± 6,83**	-6,72 ± 6,13
SpO ₂ , %	94,63 ± 1,26	95,69 ± 0,95**	1,06 ± 0,99*

*: відмінності достовірні порівняно зі станом до тренувань на рівні $p < 0,05$; **: відмінності вірогідні порівняно зі станом до тренувань на рівні $p < 0,01$; #: відмінності достовірні порівняно з опором напирікці видиху 0 см вод. ст. на рівні, $p < 0,05$; **: відмінності вірогідні порівняно з опором напирікці видиху 0 см вод. ст. на рівні $p < 0,01$.

в обстежених похилого віку визначено збільшення HF – показника, що характеризує парасимпатичну активність (табл. 2). Поряд зі зміною регуляції парасимпатичного тону у них зафіксовано зниження симпатовагального індексу LF/HF (табл. 2).

Ефективність впливу дихальних тренувань із РЕЕР визначається багатьма факторами. Серед них ключовим є рівень тиску напирікці видиху. Тому здійснили оцінювання ефективності впливу дихальних тренувань із РЕЕР на стан регуляції АНС залежно від рівня тиску напирікці видиху. Здійснили однофакторний дисперсійний аналіз впливу рівня тиску напирікці видиху (0 см вод. ст., 5 см вод. ст. або 10 см вод. ст.) на зсуви показників спектрального аналізу ВСР внаслідок застосування дихальних тренувань із РЕЕР в обстежених похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи. Встановлено, що зростання тиску напирікці видиху з 5 см вод. ст. до 10 см вод. ст. не призводить до підвищення ефективності дихальних тренувань із РЕЕР. Так, не виявлено достовірних відмінностей зсувів показників HF, LF і LH/HF після дихальних тренувань із РЕЕР із тиском напирікці видиху 10 см вод. ст. порівняно з тиском напирікці видиху 5 см вод. ст. Підвищення тиску (з 5 см вод. ст. до 10 см вод. ст.) напирікці видиху не впливало на покращення легеневого газообміну в обстежених осіб (табл. 2).

Застосування дихальних тренувань із РЕЕР із тиском напирікці видиху ані 5 см вод. ст., ані 10 см вод. ст. не спричиняло зміни потужності VLF в обстежених похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи. Зауважимо, що дихальні тренування з тиском напирікці видиху 0 см вод. ст. (тобто без опору видиху) не впливали на стан АНС в обстежених осіб похилого віку (табл. 2).

Обговорення

Відомо, що гіперактивність парасимпатичної системи часто асоціюється з бронхоспазмом [6]. Це може бути одним із факторів, що спричиняють пришвидшене старіння дихальної системи. Разом із тим, її пригнічення також може призводити до порушення дихальних шляхів, особливо за умов, коли потрібне нормальне функціонування рефлексорних механізмів регуляції дихання та мукоциліарного кліренсу. Так, наприклад, зниження активності парасимпатичних впливів може спричиняти атонію дихальних шляхів, парадоксально зумовлювати погіршення вентиляційно-перфузійних співвідношень і, відповідно, знижувати ефективність легеневого газообміну [15,16]. Зазначимо, що це більш характерно саме для осіб похилого віку [15]. Послаблення тону парасимпатичної нервової системи також може спричиняти погіршення мукоциліарного кліренсу, зумовлювати дискринію, а отже погіршувати в такий спосіб бронхіальну прохідність [17,18].

Виявлені зміни АНС характеризують дисфункцію АНС в осіб похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи, що пов'язана з процесами старіння дихальної системи.

Механізми позитивного впливу дихальних тренувань із РЕЕР на стан АНС в осіб похилого віку багатокомпонентні та можуть бути пов'язані з нейрогуморальною регуляцією, механорецепторним контролем, гемодинамією. З одного боку, подовження видиху й активація повільного дихання з підвищенням внутрішньогрудного тиску, що відбувається під час дихання з РЕЕР, призводить до посилення вагусної активності (через активацію барорецепторів і дихальної синусової аритмії) та нормалізації балансу між симпатичним і парасимпатичним відділами АНС [10,12]. З іншого боку, стабілізація

дихального патерну (зниження частоти дихання та подовження видиху) при РЕЕР-терапії сприяє зниженню симпатичної активності [12].

Ще одним можливим чинником позитивного впливу дихальних тренувань із РЕЕР може бути зниження стресового навантаження на АНС через оптимізацію газообміну та зниження гіпоксії [11, 12].

Результати дослідження відповідають даним інших дослідників, які встановили позитивний вплив дихальних тренувань із РЕЕР на стан вегетативної регуляції в різних когортах пацієнтів. Так, показано, що нормалізація регуляції АНС (зниження симпатичної та активація парасимпатичної активності) під впливом дихальних тренувань із РЕЕР позитивно позначається на діяльності серцево-судинної та симпатоадреналової систем, психоемоційному стані та знижує трижовність [19]. Позитивний вплив постійної дихальної стимуляції з РЕЕР на регуляцію АНС посилює функції префронтальної кори та сприяє формуванню стійкості до емоційних тригерів [20].

Ці ефекти дихальних тренувань із РЕЕР можуть обґрунтовувати доцільність призначення дихальних тренувань із РЕЕР при стрес-індукованих порушеннях.

Висновки

1. У людей похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи виникає дисфункція АНС. При цьому визначають зниження парасимпатичної активності та підвищення симпатичних впливів.

2. Зміни потужності парасимпатичної ланки АНС в осіб похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи пов'язані з функціональним віком дихальної системи та легеневою газообміном.

3. Дихальні тренування з РЕЕР позитивно впливають на стан АНС в осіб похилого віку з пришвидшеним старінням дихальної системи. Це визначають за нормалізацією балансу регуляції АНС: зростанням вагусних впливів і зниженням симпатичної активності. Втім, вираженість цього ефекту не залежить від рівня тиску наприкінці видиху.

Перспективи подальших досліджень полягають в уточненні механізмів дії та виявленні додаткових клінічних застосувань дихальних тренувань із РЕЕР.

Фінансування

Робота фінансована з бюджету НАМН України за КПКВК 6561040 п. 1.2 «Прикладні дослідження у сфері клінічної медицини».

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 07.05.2025

Після доопрацювання / Revised: 23.06.2025

Схвалено до друку / Accepted: 02.07.2025

Відомості про авторів:

Асанов Е. О., д-р мед. наук, професор, головний науковий співробітник відділу клінічної фізіології та патології внутрішніх органів, ДУ «Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: 0000-0003-4021-1710

Діба І. А., канд. мед. наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу клінічної фізіології та патології внутрішніх органів, ДУ «Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: 0000-0002-4212-8868

Наскалова С. С., канд. мед. наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу клінічної фізіології та патології внутрішніх органів, ДУ «Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: 0000-0001-9518-2633

Бондаренко О. В., канд. мед. наук, старший науковий співробітник відділу клінічної фізіології та патології внутрішніх органів, ДУ «Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: 0000-0002-8270-5316

Антонюк-Щеглова І. А., д-р мед. наук, старший дослідник, вчений секретар, ДУ «Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: 0000-0002-6122-8266

Information about the authors:

Asanov E. O., MD, PhD, DSc, Professor, Chief Scientific Researcher of the Department of Clinical Physiology and Pathology of Internal Organs, SI "D. F. Chebotarev Institute of Gerontology of the NAMS of Ukraine", Kyiv.

Dyba I. A., MD, PhD, Senior Researcher, Senior Scientific Researcher of the Department of Clinical Physiology and Pathology of Internal Organs, SI "D. F. Chebotarev Institute of Gerontology of the NAMS of Ukraine", Kyiv.

Naskalova S. S., MD, PhD, Senior Researcher, Senior Scientific Researcher of the Department of Clinical Physiology and Pathology of Internal Organs, SI "D. F. Chebotarev Institute of Gerontology of the NAMS of Ukraine", Kyiv.

Bondarenko O. V., MD, PhD, Senior Scientific Researcher of the Department of Clinical Physiology and Pathology of Internal Organs, SI "D. F. Chebotarev Institute of Gerontology of the NAMS of Ukraine", Kyiv.

Antoniuk-Shcheglova I. A., MD, PhD, DSc, Senior Researcher, Scientific Secretary, SI "D. F. Chebotarev Institute of Gerontology of the NAMS of Ukraine", Kyiv.



Ервін Асанов (Ervin Asanov)
eoasanov@ukr.net

References

1. Tian YE, Cropley V, Maier AB, Lautenschlager NT, Breakspear M, Zalesky A. Heterogeneous aging across multiple organ systems and prediction of chronic disease and mortality. *Nat Med.* 2023;29(5):1221-31. doi: 10.1038/s41591-023-02296-6
2. Pyo IS, Yun S, Yoon YE, Choi JW, Lee SJ. Mechanisms of aging and the preventive effects of resveratrol on age-related diseases. *Molecules.* 2020;25(20):4649. doi: 10.3390/molecules25204649
3. Lissek T. Aging, adaptation and maladaptation. *Front Aging.* 2023;4:1256844. doi: 10.3389/fragi.2023.1256844
4. Cho SJ, Stout-Delgado HW. Aging and Lung Disease. *Annu Rev Physiol.* 2020;82:433-59. doi: 10.1146/annurev-physiol-021119-034610
5. Olivieri F, Biscetti L, Pimpini L, Pelliccioni G, Sabbatinelli J, Giunta S. Heart rate variability and autonomic nervous system imbalance: Potential biomarkers and detectable hallmarks of aging and inflammation. *Ageing Res Rev.* 2024;101:102521. doi: 10.1016/j.arr.2024.102521
6. Benarroch EE. Physiology and Pathophysiology of the Autonomic Nervous System. *Continuum (Minneapolis).* 2020;26(1):12-24. doi: 10.1212/CON.0000000000000817
7. Hamrefors V. The Autonomic Nervous System: A Novel and Potentially Modifiable Risk Factor for Chronic Obstructive Pulmonary Disease in the Population? *Ann Am Thorac Soc.* 2023;20(10):1402-3. doi: 10.1513/AnnalsATS.202307-618ED
8. Jubran A. Setting positive end-expiratory pressure in the severely obstructive patient. *Curr Opin Crit Care.* 2024;30(1):89-96. doi: 10.1097/MCC.0000000000001131
9. Lin Q, Zhuo L, Wu Z, Li C, Zhou M, Cai C. Effects of breathing exercises using home-based positive pressure in the expiratory phase in patients with COPD. *Postgrad Med J.* 2019;95(1127):476-81. doi: 10.1136/postgradmedj-2019-136580
10. Pantoni CB, Thommazo-Luporini LD, Mendes RG, Caruso FC, Castello-Simões V, Mezzalana D, et al. Effect of continuous positive

- airway pressure associated to exercise on the breathing pattern and heart rate variability of patients undergoing coronary artery bypass grafting surgery: a randomized controlled trial. *Braz J Med Biol Res.* 2021;54(11):e10974. doi: [10.1590/1414-431X2021e10974](https://doi.org/10.1590/1414-431X2021e10974)
11. Fincham GW, Strauss C, Montero-Marin J, Cavanagh K. Effect of breath work on stress and mental health: A meta-analysis of randomised-controlled trials. *Sci Rep.* 2023;13(1):432. doi: [10.1038/s41598-022-27247-y](https://doi.org/10.1038/s41598-022-27247-y)
 12. Chu AA, Yu HM, Yang H, Tian LM, Hu ZY, Jiang N, et al. Evaluation of right ventricular performance and impact of continuous positive airway pressure therapy in patients with obstructive sleep apnea living at high altitude. *Sci Rep.* 2020;10(1):20186. doi: [10.1038/s41598-020-71584-4](https://doi.org/10.1038/s41598-020-71584-4)
 13. Pysaruk AV, Asanov EO, inventor. [Method for determination of functional age of respiratory human system]. Ukrainian patent UA 54304. 2010 Nov 10. Available from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/255385/>
 14. Asanov EO, Dyba IA, Osmak ED. Pulmonary gas exchange in elderly people with physiological and accelerated aging of the respiratory system: effect of respiratory training with positive end expiratory pressure. *Ukrainian Pulmonology Journal.* 2014;(3):64-7. Available from: <http://www.ifp.kiev.ua/doc/journals/upj/14/pdf14-3/64.pdf>
 15. Pincus AB, Fryer AD, Jacoby DB. Mini review: Neural mechanisms underlying airway hyper responsiveness. *Neurosci Lett.* 2021;751:135795. doi: [10.1016/j.neulet.2021.135795](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2021.135795)
 16. Mehra R, Tjurmina OA, Ajjola OA, Arora R, Bolser DC, Chapleau MW, et al. Research Opportunities in Autonomic Neural Mechanisms of Cardiopulmonary Regulation: A Report From the National Heart, Lung, and Blood Institute and the National Institutes of Health Office of the Director Workshop. *JACC Basic Transl Sci.* 2022;7(3):265-293. doi: [10.1016/j.jacbts.2021.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jacbts.2021.11.003)
 17. Liao YS, Collins EN, Guevara MV, Schurmann V, Atanasova KR, Bravo L, et al. Airway cholinergic history modifies mucus secretion properties to subsequent cholinergic challenge in diminished chloride and bicarbonate conditions. *Exp Physiol.* 2020;105(10):1673-83. doi: [10.1113/EP088900](https://doi.org/10.1113/EP088900)
 18. Pang C, An F, Yang S, Yu N, Chen D, Chen L. In vivo and in vitro observation of nasal ciliary motion in a guinea pig model. *Exp Biol Med (Maywood).* 2020;245(12):1039-48. doi: [10.1177/1535370220926443](https://doi.org/10.1177/1535370220926443)
 19. Porges SW. The vagal paradox: A polyvagal solution. *Compr Psychoneuroendocrinol.* 2023;16:100200. doi: [10.1016/j.cpnec.2023.100200](https://doi.org/10.1016/j.cpnec.2023.100200). Erratum in: *Compr Psychoneuroendocrinol.* 2024;18:100233. doi: [10.1016/j.cpnec.2024.100233](https://doi.org/10.1016/j.cpnec.2024.100233)
 20. Zaccaro A, Piarulli A, Laurino M, Garbella E, Menicucci D, Neri B, et al. How Breath-Control Can Change Your Life: A Systematic Review on Psycho-Physiological Correlates of Slow Breathing. *Front Hum Neurosci.* 2018;12:353. doi: [10.3389/fnhum.2018.00353](https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00353)