

УДК 616.24-008.47

DOI 10.34014/2227-1848-2026-3-91-99

ПОРОГИ РЕЗИСТИВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ВОСПРИЯТИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РЕСПИРАТОРНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ У ЗДОРОВЫХ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ И ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ

Ю.Ю. Бяловский¹, И.С. Ракитина¹, С.И. Глотов¹, А.Н. Ермачкова²

¹ ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации,
г. Рязань, Россия;

² ГБУ РО «Городская клиническая больница № 4», г. Рязань, Россия

Нарушения в процессах обнаружения и восприятия дополнительного респираторного сопротивления (ДРС) у здоровых пожилых людей и при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) значимы для развития одышки и дыхательной недостаточности.

Цель. Измерение порогов резистивной чувствительности и восприятия ДРС у здоровых пожилых людей и пациентов с ХОБЛ.

Материалы и методы. В исследовании приняло участие 28 больных с ХОБЛ и 25 здоровых пожилых людей, которые составили контрольную группу (КГ). Порог резистивной чувствительности оценивался как минимальное ДРС, которое можно было обнаружить, а восприятие ДРС – как минимально воспринимаемый уровень усилий, оцениваемый по модифицированной шкале Борга.

Результаты. Пациенты с ХОБЛ демонстрировали меньшие значения ключевых параметров спирографии ОФВ₁, ЖЕЛ, ОФВ₁/ЖЕЛ, РЕФ по сравнению с представителями КГ. Кроме того, у них зафиксированы более низкие показатели максимального внутриротового давления и индекса массы тела. При этом абсолютный порог резистивной чувствительности, порог, нормализованный по максимальному внутриротовому давлению, а также восприятие порогового сопротивления дыхания по Боргу у пациентов с ХОБЛ были выше, чем в КГ.

Выводы. Здоровые пожилые люди способны обнаруживать меньшее изменение давления (как абсолютное, так и в процентах от максимального инспираторного давления) по сравнению с больными ХОБЛ. Воспринимаемое усилие при дыхании с увеличением ДРС у последних выше, чем в КГ. Повышенное восприятие резистивной нагрузки у больных, по-видимому, связано со снижением силы инспираторных мышц и, как следствие, с увеличением усилий при дыхании.

Ключевые слова: резистивная чувствительность, дополнительное респираторное сопротивление, восприятие, ХОБЛ.

Введение. Увеличение частоты хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) обуславливает важность оценки обнаружения и восприятия резистивной нагрузки у здоровых пожилых людей и пациентов с ХОБЛ [1, 2].

Обнаружение нагрузки представляет собой способность человека почувствовать внешнюю резистивную нагрузку, количественно оно характеризуется минимальным порогом резистивной чувствительности [3]. Восприятие дополнительного респираторного сопротивления (ДРС) определяется как воспринимаемый уровень усилий при дыхании,

связанных с резистивной нагрузкой, и оценивается по модифицированной шкале Борга [4].

Соотношение резистивной чувствительности и восприятия ДРС у больных ХОБЛ имеет большое значение для ранней диагностики и эффективной терапии заболевания. Имеющаяся на современном этапе информация по данной проблеме весьма противоречива. Так, в работе Giardino N.D. и соавт. пороги резистивной чувствительности исследовались у пожилых людей (старше 65 лет) [5]. Различий в обнаружении нагрузки между лицами с ХОБЛ и контрольной группой зафик-

сировано не было. Однако авторами не приводилось значение порога сопротивления, а количество участников было относительно небольшим (по 7–9 чел. в каждой группе) [5]. Иные выводы сделаны в ходе недавнего исследования: авторы которого сообщали о более высоких резистивных порогах (т.е. меньшей чувствительности к обнаружению ДРС) у участников с ХОБЛ по сравнению с контрольной группой пожилых людей [6]. Эти противоречивые результаты могут быть объяснены классическими представлениями V. MacBean и соавт. [7] о различиях внутреннего сопротивления дыхательных путей у исследуемых групп участников, что в соответствии с основным психофизиологическим законом Вебера – Фехнера определяет порог обнаружения ДРС. Степень изменения порога резистивной чувствительности при здоровом старении и ХОБЛ, имеющая значение для защиты дыхательных путей и развития одышки, до конца не определена [8].

Цель исследования. Измерение порогов резистивной чувствительности и восприятия ДРС у здоровых пожилых людей и пациентов с ХОБЛ.

Материалы и методы. Работа была одобрена локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России (протокол № 9 от 05.06.2023) и соответствовала принципам Хельсинкской декларации. Все участники дали письменное информированное согласие.

Основную группу исследования составили 28 пациентов с подтвержденным диагнозом ХОБЛ среднетяжелой и тяжелой степени ($CAT \geq 10$, $mMRC \geq 2$) в стадии ремиссии (GOLD 2023) [9]. В контрольную группу (КГ) вошли 25 пожилых людей, состояние здоровья которых соответствовало возрасту.

Испытуемые удобно сидели с зажимом для носа и дышали через мундштук, соединенный через бактериально-вирусный фильтр с устройством, дозирующим ДРС. Дозатор ДРС представлял собой эластичную трубку, вставленную в канал вдоха. С помощью насоса эластичная трубка раздувалась и перекрывала сечение канала вдоха, создавая ДРС. Нагрузочное тестирование для измерения порогов резистивной чувствительности и восприятия нагрузки проводилось во время фазы вдоха.

Для определения порога обнаружения резистивной нагрузки в каждом испытании участники начинали дышать без ДРС (свободное дыхание). Далее во время очередного вдоха последовательно добавляли ДРС, составляющее 1 % от максимального внутриротового давления, определяемого с помощью маневра Мюллера (1 % P_{mmax}) [10]. Участников просили сравнить нагруженный вдох с незатрудненным и указать, есть ли разница. Испытуемые указывали «да», если произошло изменение сопротивления (поднятым большим пальцем), и «нет», если изменения сопротивления не было (горизонтальным движением руки). Учитывались 3 измерения, в которых было обнаружено ДРС, пороговые значения усреднялись.

Величину воспринимаемой резистивной нагрузки как усилие, прилагаемое во время нагруженного вдоха, участникам предлагалось оценить с помощью модифицированной шкалы Борга [11]: сразу же после предъявления каждого задания испытуемые указывали соответствующую цифру.

Объем форсированного выдоха за 1 с (ОФВ1), жизненная емкость легких (ЖЕЛ) и пиковый экспираторный поток (ПЭП) определялись с помощью спироанализатора Spirolab III SpO2 (Италия), а для измерения максимального инспираторного давления (P_{mmax}) при остаточном объеме использовался портативный респираторный мановакууметр WKA-2-75 (Польша). Лучшее зарегистрированное значение для каждого показателя считалось приемлемым, если оно отличалось от результата другой попытки не более чем на 10 %. Спирометрические показатели соотносились с прогнозируемыми должными величинами ОФВ1 и ЖЕЛ (в процентах), которые рассчитывались в соответствии с рекомендациями Глобальной инициативы по астме (GINA 2023) [12].

Для определения порогов резистивной чувствительности измерялся прирост пикового внутриротового давления (ΔP_{mpeak} , см вод. ст.) во время нагруженных вдохов, зафиксированный в трех измерениях. Прирост ощущаемого ДРС (Δ ДРС, см вод. ст./л/с) рассчитывался на основе показателей пикового давления и пикового потока в ротовой полости при каждом нагруженном вдохе. Для сравнения

между группами давление в ротовой полости нормировалось в процентах относительно максимального инспираторного давления, определяемого с помощью пробы Мюллера [9].

Для оценки восприятия нагрузки измеренные респираторные параметры для каждого вдоха с пороговой нагрузкой (пиковое внутриротовое давление, пиковый инспираторный поток, время и объем вдоха [12]) усреднялись по повторяющимся нагрузкам вместе с оценками Борга.

Статистический анализ. Антропометрические показатели, функция легких, параметры дыхания в состоянии покоя и пороги обнаружения нагрузки у испытуемых разных групп сравнивались с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) или одно-

факторного дисперсионного анализа рангов (ANOVA on Ranks) с последующим апостериорным тестированием с применением метода Холма – Сидака или метода Данна соответственно. Статистический анализ проводился с использованием SPSS Statistics (v28, США). В зависимости от нормальности распределения данных использовался критерий Манна – Уитни или t-критерий. Статистическая значимость устанавливалась на уровне $p < 0,05$. Данные в таблицах представлены как среднее значение и стандартное отклонение или медиана и межквартильный размах.

Результаты и обсуждение. Конституционально-антропометрические и спирометрические данные испытуемых двух групп представлены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Конституционально-антропометрические и спирометрические данные испытуемых

Anthropometric and spirometric characteristics of the study participants

Показатель Parameter	КГ, n=25 CG, n=25	ХОБЛ, n=28 COPD, n=28	p
Возраст, лет Age, years	77±13	79±15	0,48
Женский пол, n Female, n	11	12	0,36
ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	29 (23; 32)	22 (19; 25)	0,002
ОФВ1, л FEV1, L	2,5±0,8	1,0±0,2	<0,001
ОФВ1 к должному, % FEV1, % predicted	94 (85; 113)	49 (33; 55)	<0,001
ЖЕЛ, л VC, L	3,1 (2,2; 3,5)	2,2 (1,6; 2,7)	0,005
ЖЕЛ к должному, % VC, % predicted	97±21	69±19	<0,001
ОФВ1/ЖЕЛ, % FEV1/VC ratio, %	77 (72; 84)	48 (42; 55)	<0,001
ПЭП, л/с PEF, L/s	355±136	134±58	<0,001
Pmmax, см вод. ст. Pmmax, cm H ₂ O	72 (52; 76)	55 (47; 71)	<0,001

Примечание. ИМТ – индекс массы тела, ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1 с, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, ОФВ1/ЖЕЛ – индекс Тиффно, ПЭП – пиковый экспираторный поток, Pmmax – максимальное инспираторное давление.

Note. BMI – body mass index; FEV1 – forced expiratory volume in 1 second; VC – vital capacity; FEV1/VC – Tiffeneau index; PEF – peak expiratory flow; Pmmax – maximal inspiratory pressure.

Группы были сопоставимы по полу и возрасту. У больных ХОБЛ были значительно снижены показатели ИМТ, ОФВ1, ЖЕЛ, ОФВ1/ЖЕЛ, Pmmax и ПЭП по сравнению с КГ.

В табл. 2 приведены сводные данные по параметрам дыхания, порогам резистивной чувствительности и восприятию ДРС у представителей контрольной группы и пациентов с ХОБЛ.

Таблица 2
Table 2

Показатели внешнего дыхания, пороги резистивной чувствительности и восприятие ДРС у представителей контрольной группы и пациентов с ХОБЛ

Pulmonary function parameters, resistive load perception thresholds, and respiratory resistance awareness in control subjects and patients with COPD

Показатель Parameter	КГ, n=25 CG, n=25	ХОБЛ, n=28 COPD, n=28	p
<i>Свободное дыхание Unloaded breathing</i>			
Pmpeak, см вод. ст. Pmpeak, cm H ₂ O	-1,28 (-1,42; -0,89)	-1,24 (-1,48; -1,07)	0,23
Продолжительность вдоха, с Inspiratory time, s	1,96 (1,55; 2,67)	1,42 (1,10; 1,67)	0,03
Дыхательный объем, л Tidal volume, L	0,88±0,21	0,54±0,21	0,04
Средний инспираторный поток, л/с Mean inspiratory flow, L/s	0,35 (0,33; 0,54)	0,73 (0,41; 1,17)	0,03
Восприятие сопротивления дыханию по Боргу, ед. Borg score for respiratory load perception, units	2,41 (1,38; 3,18)	3,73 (1,88; 5,32)	0,04
<i>Пороги резистивной чувствительности Resistive thresholds</i>			
Δ Pmpeak, см вод. ст. Δ Pmpeak, cm H ₂ O	2,46 (1,58; 3,23)	2,75(1,19; 3,15)	0,89
Δ ДРС, см вод. ст./л/с Δ R _{load} , cm H ₂ O/L/s	1,47 (0,94; 2,11)	2,45 (1,17; 4,65)	0,03
Δ Pmmax, %	4,26 (2,31; 6,98)	7,21 (3,03; 10,35)	0,01
Продолжительность вдоха, с Inspiratory time, s	1,72 (1,42; 2,77)	1,48(1,11; 1,76)	0,01
Дыхательный объем, л Tidal volume, L	0,88±0,21	0,69±0,28	0,03
Средний инспираторный поток, л/с Mean inspiratory flow, L/s	0,44 (0,33; 0,54)	0,69 (0,40; 1,21)	0,06
Восприятие сопротивления дыханию по Боргу, ед. Borg score for respiratory load perception, units	3,22 (1,54; 5,11)	4,67 (1,92; 6,56)	0,03

Примечание. Pmpeak – пиковое внутриротовое давление; Δ Pmpeak – абсолютный порог пикового внутриротового давления; Δ ДРС – абсолютный порог резистивной чувствительности; Δ Pmmax – порог, нормализованный по максимальному внутриротовому давлению.

Note. Pmpeak – peak mouth pressure; Δ Pmpeak – absolute peak mouth pressure threshold; Δ R_{load} – absolute resistive load perception threshold; Δ Pmmax – threshold normalized to maximal mouth pressure.

Во время незатрудненного дыхания продолжительность вдоха и дыхательный объем в КГ превышали таковые в группе ХОБЛ ($p < 0,05$). Средний инспираторный поток и восприятие сопротивления дыханию по Боргу у пациентов с ХОБЛ были больше, чем у представителей КГ ($p < 0,05$). При этом пиковое внутриротовое давление у испытуемых двух сравниваемых групп не отличались ($p > 0,05$).

При измерении пороговых значений обнаружения ДРС показатели дыхания при тестировании резистивной чувствительности сопоставлялись с соответствующими данными в спокойном состоянии. Межгрупповых различий в изменении пикового давления в полости рта ($p > 0,05$) обнаружено не было, однако абсолютный порог резистивной чувствительности (Δ ДРС) и нормализованный по максимальному внутриротовому давлению порог (ΔP_{max}) у пациентов с ХОБЛ превышали таковые в КГ ($p < 0,05$). Продолжительность вдоха и дыхательный объем в КГ были выше, чем у больных ХОБЛ ($p < 0,05$), а восприятие порогового сопротивления по Боргу – ниже ($p < 0,05$). Показатели среднего инспираторного потока в группах не различались.

Итак, в настоящем исследовании выявлено влияние ХОБЛ на обнаружение и восприятие ДРС пожилыми людьми. Так, абсолютный порог резистивной чувствительности и нормализованный по максимальному внутриротовому давлению порог у пациентов с ХОБЛ превышали таковые в контрольной группе ($p < 0,05$). При этом восприятие сопротивления дыханию при незатрудненном дыхании и ощущение прироста резистивной нагрузки по шкале Борга при измерении пороговых значений у больных ХОБЛ были выше, чем в КГ. Таким образом, изменение резистивной чувствительности у представителей КГ и больных ХОБЛ было связано как с абсолютными порогами, так и с нормализованными по максимальному внутриротовому давлению. Этот факт предполагает, что повышенное восприятие резистивной нагрузки у больных ХОБЛ при более высоком сопротивлении воздухоносных путей, связано не только с измененной чувствительностью, но и со снижением силы инспираторных мышц и, как следствие, с увеличением усилия при дыхании

и центральной обработке дыхательных ощущений [14].

Полученные данные о значительном снижении форсированных потоковых проб у группы пациентов с ХОБЛ (ОФВ1, ЖЕЛ, ОФВ1/ЖЕЛ, ПЭП) по сравнению с КГ свидетельствуют о повышении у первых сопротивления воздухоносных путей. При этом уменьшение максимального внутриротового давления у больных ХОБЛ свидетельствует о слабости их дыхательных мышц. Более ранние исследования с участием пациентов с хроническим бронхитом [15] и ХОБЛ [7] показали, что уровень обнаруженного порогового сопротивления в 50 % случаев был выше по сравнению со здоровыми контрольными группами. Пороги резистивной чувствительности у больных с хроническим бронхитом увеличились пропорционально внутреннему сопротивлению (т.е. в соответствии с законом Вебера) [15], но у группы из 14 чел. с ХОБЛ пороги выросли выше уровня, который можно было бы ожидать, исходя из закона Вебера [7]. Таким образом, негативное влияние хронических изменений дыхательных путей при ХОБЛ на пороги резистивной чувствительности нарушает обнаружение резистивной нагрузки.

Хотя относительный порог обнаружения ДРС (ΔP_{max}) у пациентов с ХОБЛ был в 1,7 раза выше, чем у здоровых пожилых людей, абсолютные пороги резистивной чувствительности (ΔP_{peak}) у них практически не отличались ($p > 0,05$). По-видимому, хроническая obstructивная патология в соответствии с законом Вебера – Фехнера изменяет респираторные ощущения пропорционально сопротивлению воздухоносных путей. Для сравнения: у больных с нарушением дыхательной мускулатуры (например, у пациентов с хронической тетраплегией) наблюдается существенное повышение абсолютных порогов резистивной чувствительности (Δ ДРС) при незначительном изменении относительных порогов резистивной чувствительности (ΔP_{max}) [16]. Нарушение способности выявлять изменения сопротивления и давления в дыхательных путях может представлять собой фактор риска аспирации и возникновения пневмонии.

Заключение. В настоящем исследовании продемонстрировано, что пожилые люди без ХОБЛ способны обнаруживать меньшее изменение давления (как абсолютное в см вод.ст., так и в процентах от максимального инспираторного давления), чем больные ХОБЛ. Вос-

принимаемое усилие при дыхании с увеличением ДРС было выше у больных ХОБЛ. Повышенное восприятие резистивной нагрузки у них, по-видимому, связано со снижением силы инспираторных мышц и, как следствие, с увеличением усилий при дыхании.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования: Бяловский Ю.Ю., Ракитина И.С.,

Глотов С.И., Ермачкова А.Н.

Литературный поиск, участие в исследовании, обработка материала: Бяловский Ю.Ю.,

Ракитина И.С., Ермачкова А.Н.

Статистическая обработка данных: Бяловский Ю.Ю., Глотов С.И.

Анализ и интерпретация данных: Бяловский Ю.Ю., Ракитина И.С.,

Глотов С.И., Ермачкова А.Н.

Написание и редактирование текста: Бяловский Ю.Ю., Ракитина И.С., Глотов С.И.

Литература

1. *Epiu I., Gandevia S.C., Boswell-Ruys C.L., Wallace E., Butler J.E., Hudson A.L.* Tongue strength and swallowing dynamics in chronic obstructive pulmonary disease. *ERJ Open Res.* 2021; 7(3): 00192–2021. DOI: 10.1183/23120541.00192-2021.
2. *Mancopecs R., Steele M.S.* Videofluoroscopic measures of swallowing in people with stable COPD compared to healthy aging. *CoDAS.* 2024; 36 (1): e20220260. DOI: 10.1590/2317-1782/20232022260.
3. *Boswell-Ruys C.L., Lewis C., McBain R.A., Gandevia S.C., Butler J.E.* The reliability of inspiratory resistive load magnitude and detection testing. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2020; 281: 103490. DOI: 10.1016/j.resp.2020.103490.
4. *Luu B.L., Lewis R.H.C., Gandevia S.C., Boswell-Ruys C.L., Butler J.E.* The detection and sensory perception of inspiratory resistive loads in people with chronic tetraplegia. *J. Appl. Physiol.* 2022; 133 (5): 1192–1201. DOI: 10.1152/jappphysiol.00064.2022.
5. *Giardino N.D., Curtis J.L., Abelson J.L., King A.P., Pamp B., Liberzon I., Martinez F.J.* The impact of panic disorder on interoception and dyspnea reports in chronic obstructive pulmonary disease. *Biol Psychol.* 2010; 84 (1): 142–146. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2010.02.007.
6. *Chang W.P., Liang K.J., Cheng C.H., Liu C.Y., von Leupoldt A., Chan P.Y.S.* Age-related changes in the neural gating of respiratory sensations in humans. *ERJ Open Res.* 2024; 10 (1): 00821–2023. DOI: 10.1183/23120541.00821-2023.
7. *MacBean V., Wheatley L., Lunt A.C., Rafferty G.F.* Respiratory load perception in overweight and asthmatic children. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2017; 239: 81–86. DOI: 10.1016/j.resp.2017.02.007.
8. *Binks A.P.* Chapter 11 – Dyspnea. *Handb. Clin. Neurol.* 2022; 188: 309–338. DOI: 10.1016/B978-0-323-91534-2.00008-4.
9. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 2023 Report. URL: https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2023/03/GOLD-2023-ver-1.3-17Feb2023_WMV.pdf (дата обращения: 01.05.2023).
10. *Александрова Н.П.* Механизмы влияния цитокинового шторма на функцию внешнего дыхания. *Успехи физиологических наук.* 2022; 53 (3): 3–14. DOI: 10.31857/S0301179822030043.
11. *Martins R.T., Carberry J.C., Gandevia S.C., Butler J.E., Eckert D.J.* Effects of morphine on respiratory load detection, load magnitude perception, and tactile sensation in obstructive sleep apnea. *J. Appl. Physiol.* 2018; 125: 393–400. DOI: 10.1152/jappphysiol.00065.2018.
12. Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma Management and Prevention. Updated 2023. URL: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2023/05/GINA-2023-Full-Report-2023-WMS.pdf> (дата обращения: 01.05.2023).

13. Livermore N., Butler J.E., Sharpe L., McBain R.A., Gandevia S.C., McKenzie D.K. Panic attacks and perception of inspiratory resistive loads in chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2008; 178 (1): 7–12. DOI:10.1164/rccm.200711-1700OC.
14. Epiu I., Gandevia S.C., Boswell-Ruys C.L., Basha C., Archer S.N.J., Butler J.E., Hudson A.L. Inspiratory muscle responses to sudden airway occlusion in chronic obstructive pulmonary disease. *J. Appl. Physiol.* 2021; 131(1): 36–44. DOI: 10.1152/jappphysiol.00017.2021.
15. Wiley R.L., Zechman F.W.Jr. Perception of added airflow resistance in humans. *Respir. Physiol.* 1966; 2 (1): 73–87. DOI: 10.1016/0034-5687(66) 90039-9.
16. Berlowitz D.J., Wadsworth B., Ross J. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury. *Breathe (Sheff).* 2016; 12 (4): 328–340. DOI: 10.1183/20734735.012616.

Поступила в редакцию 06.02.2026; принята 14.04.2026.

Авторский коллектив

Бяловский Юрий Юльевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой патофизиологии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации Минздрава России. 390026, Россия, г. Рязань, ул. Высоковольная, 9; e-mail: b_uu@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6769-8277>.

Ракитина Ирина Сергеевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры патофизиологии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации Минздрава России. 390026, Россия, г. Рязань, ул. Высоковольная, 9; e-mail: rakitina62@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9406-1765>.

Глотов Сергей Иванович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры факультетской терапии имени В.Я. Гармаша, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации Минздрава России. 390026, Россия, г. Рязань, ул. Высоковольная, 9; e-mail: sergeyglot@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4445-4480>.

Ермачкова Анна Николаевна – врач, ГБУ РО «Городская клиническая больница № 4». 390023, Россия, г. Рязань, ул. Есенина, 17; e-mail: anna.vyunova@bk.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2770-3414>.

Образец цитирования

Бяловский Ю.Ю., Ракитина И.С., Глотов С.И., Ермачкова А.Н. Пороги резистивной чувствительности и восприятие дополнительного респираторного сопротивления у здоровых пожилых людей и пациентов с хронической обструктивной болезнью легких. *Ульяновский медико-биологический журнал.* 2026; 3: 91–99. DOI: 10.34014/2227-1848-2026-3-91-99.

RESISTIVE LOAD PERCEPTION THRESHOLDS AND AWARENESS OF ADDED RESPIRATORY RESISTANCE IN HEALTHY OLDER ADULTS AND PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

Yu.Yu. Byalovskiy ¹, I.S. Rakitina ¹, S.I. Glotov ¹, A.N. Ermachkova ²

¹ Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov,
Ministry of Health of the Russian Federation, Ryazan, Russia;

² City Clinical Hospital No. 4, Ryazan, Russia

Impairments in the detection and perception of added respiratory resistance in healthy older adults and patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) play a critical role in the development of dyspnea and respiratory failure.

Objective. The aim of the study is to measure resistive load perception thresholds and awareness of added respiratory resistance in healthy older adults and patients with COPD.

Materials and Methods. The study included 28 patients with COPD and 25 healthy older adults (control group). The resistive load perception threshold was defined as the minimum detectable added respiratory resistance, while the perception of added respiratory resistance was defined as the minimum perceived level of effort evaluated using the modified Borg scale.

Results. Patients with COPD exhibited significantly lower values of key spirometric parameters, including FEV1, VC, FEV1/VC ratio, and PEF, compared to the control group subjects. Besides, lower values of maximal mouth pressure and body mass index were recorded in the COPD group. In contrast, the absolute resistive load perception threshold, the threshold normalized to maximal mouth pressure, and the Borg score for threshold respiratory load perception were higher in patients with COPD than in control group subjects.

Conclusion. Healthy older adults are capable of detecting smaller pressure changes (both absolute and as a percentage of maximal inspiratory pressure) compared to patients with COPD. Perceived breathing effort with increasing added respiratory resistance is higher in patients with COPD than in the control. Enhanced resistive load perception in patients is likely associated with reduced inspiratory muscle strength and, consequently, increased respiratory effort.

Key words: resistive load perception; added respiratory resistance; perception; chronic obstructive pulmonary disease (COPD).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Author contributions

Research concept and design: Byalovskiy Yu.Yu., Rakitina I.S., Glotov S.I., Ermachkova A.N.

Literature search, participation in the study, and data processing: Byalovskiy Yu.Yu., Rakitina I.S., Ermachkova A.N.

Statistical data analysis: Byalovskiy Yu.Yu., Glotov S.I.

Data analysis and interpretation: Byalovskiy Yu.Yu., Rakitina I.S., Glotov S.I., Ermachkova A.N.

Manuscript drafting and editing: Byalovskiy Yu.Yu., Rakitina I.S., Glotov S.I.

References

1. Epiu I., Gandevia S.C., Boswell-Ruys C.L., Wallace E., Butler J.E., Hudson A.L. Tongue strength and swallowing dynamics in chronic obstructive pulmonary disease. *ERJ Open Res.* 2021; 7(3): 00192–2021. DOI: 10.1183/23120541.00192-2021.
2. Mancopes R., Steele M.S. Videofluoroscopic measures of swallowing in people with stable COPD compared to healthy aging. *CoDAS.* 2024; 36 (1): e20220260. DOI: 10.1590/2317-1782/20232022260.
3. Boswell-Ruys C.L., Lewis C., McBain R.A., Gandevia S.C., Butler J.E. The reliability of inspiratory resistive load magnitude and detection testing. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2020; 281: 103490. DOI: 10.1016/j.resp.2020.103490.
4. Luu B.L., Lewis R.H.C., Gandevia S.C., Boswell-Ruys C.L., Butler J.E. The detection and sensory perception of inspiratory resistive loads in people with chronic tetraplegia. *J. Appl. Physiol.* 2022; 133 (5): 1192–1201. DOI: 10.1152/jappphysiol.00064.2022.
5. Giardino N.D., Curtis J.L., Abelson J.L., King A.P., Pamp B., Liberzon I., Martinez F.J. The impact of panic disorder on interoception and dyspnea reports in chronic obstructive pulmonary disease. *Biol Psychol.* 2010; 84 (1): 142–146. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2010.02.007.
6. Chang W.P., Liang K.J., Cheng C.H., Liu C.Y., von Leupoldt A., Chan P.Y.S. Age-related changes in the neural gating of respiratory sensations in humans. *ERJ Open Res.* 2024; 10 (1): 00821–2023. DOI: 10.1183/23120541.00821-2023.
7. MacBean V., Wheatley L., Lunt A.C., Rafferty G.F. Respiratory load perception in overweight and asthmatic children. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2017; 239: 81–86. DOI: 10.1016/j.resp.2017.02.007.
8. Binks A.P. Chapter 11 – Dyspnea. *Handb. Clin. Neurol.* 2022; 188: 309–338. DOI: 10.1016/B978-0-323-91534-2.00008-4.

9. *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 2023 Report.* Available at: https://gold-copd.org/wp-content/uploads/2023/03/GOLD-2023-ver-1.3-17Feb2023_WMV.pdf (accessed: May 01, 2023).
10. Aleksandrova N.P. Mekhanizmy vliyaniya tsitokinovogo shtorma na funktsiyu vneshnego dykhaniya [Mechanisms of influence of the cytokine storm on the respiratory system]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk.* 2022; 53 (3): 3–14. DOI: 10.31857/S0301179822030043 (in Russian).
11. Martins R.T., Carberry J.C., Gandevis S.C., Butler J.E., Eckert D.J. Effects of morphine on respiratory load detection, load magnitude perception, and tactile sensation in obstructive sleep apnea. *J. Appl. Physiol.* 2018; 125: 393–400. DOI: 10.1152/jappphysiol.00065.2018.
12. Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma Management and Prevention. Updated 2023. Available at: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2023/05/GINA-2023-Full-Report-2023-WMS.pdf> (accessed: May 01, 2023).
13. Livermore N., Butler J.E., Sharpe L., McBain R.A., Gandevis S.C., McKenzie D.K. Panic attacks and perception of inspiratory resistive loads in chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.* 2008; 178 (1): 7–12. DOI:10.1164/rccm.200711-1700OC.
14. Epiu I., Gandevis S.C., Boswell-Ruys C.L., Basha C., Archer S.N.J., Butler J.E., Hudson A.L. Inspiratory muscle responses to sudden airway occlusion in chronic obstructive pulmonary disease. *J. Appl. Physiol.* 2021; 131(1): 36–44. DOI: 10.1152/jappphysiol.00017.2021.
15. Wiley R.L., Zechman F.W.Jr. Perception of added airflow resistance in humans. *Respir. Physiol.* 1966; 2 (1): 73–87. DOI: 10.1016/0034-5687(66) 90039-9.
16. Berlowitz D.J., Wadsworth B., Ross J. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury. *Breathe (Sheff).* 2016; 12 (4): 328–340. DOI: 10.1183/20734735.012616.

Received February 06, 2026; accepted April 14, 2026.

Information about the authors

Byalovskiy Yuriy Yul'evich, Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Chair of Pathophysiology, Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov, Ministry of Health of the Russian Federation. 390026, Russia, Ryazan, Vysokovolt'naya St., 9; e-mail: b_uu@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6769-8277>.

Rakitina Irina Sergeevna, Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Pathophysiology, Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov, Ministry of Health of the Russian Federation. 390026, Russia, Ryazan, Vysokovolt'naya St., 9; e-mail: rakitina62@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9406-1765>.

Glotov Sergey Ivanovich, Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Faculty Therapy named after V. Ya. Garmash, Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov, Ministry of Health of the Russian Federation. 390026, Russia, Ryazan, Vysokovolt'naya St., 9; e-mail: sergeyglotov@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4445-4480>.

Ermachkova Anna Nikolaevna, Physician, City Clinical Hospital No. 4. 390023, Russia, Ryazan, Esenin St., 17; e-mail: anna.vyunova@bk.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2770-3414>.

For citation

Byalovskiy Yu.Yu., Rakitina I.S., Glotov S.I., Ermachkova A.N. Porogi rezistivnoy chuvstvitel'nosti i vospriyatie dopolnitel'nogo respiratornogo soprotivleniya u zdorovykh pozhilykh lyudey i patsientov s khronicheskoy obstruktivnoy bolezn'yu legkikh [Resistive load perception thresholds and awareness of added respiratory resistance in healthy older adults and patients with chronic obstructive pulmonary disease]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal.* 2026; 3: 91–99. DOI: 10.34014/2227-1848-2026-3-91-99 (in Russian).