

УДК 612.216/.217:616-07(616.248+616.24-008.811-036.12)

DOI: 10.36604/1998-5029-2020-76-34-40

## ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЭЛАСТИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЕ И ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ

А.В.Тетенева<sup>1</sup>, К.Ф.Тетенев<sup>1</sup>, Т.Н.Бодрова<sup>1</sup>, И.Д.Беспалова<sup>1</sup>, В.В.Ларченко<sup>1</sup>, Н.А.Сердюков<sup>2</sup>, К.В.Потапов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения  
Российской Федерации, 634000, г. Томск, Московский тракт, 2

<sup>2</sup>Военно-врачебная комиссия военного комиссариата Томской области, 634000, п. Предтеченск,  
ул. Мелиоративная, 1

**РЕЗЮМЕ.** Цель. Изучить диагностическое значение показателей эластического сопротивления легких в зависимости от величины бронхиального сопротивления (Raw) у больных БА и ХОБЛ. **Материалы и методы.** Был обследован 71 человек, в том числе 20 практически здоровых добровольцев (контрольная группа), 18 больных БА с нормальным показателем Raw, 17 больных БА с повышенным показателем Raw, 16 больных ХОБЛ с повышенным показателем Raw. Исследование показателей механики дыхания проводили с помощью измерения транспульмонального давления и одновременной регистрации спирограммы. Транспульмональное давление определялось разницей между давлением во рту и в нижней трети пищевода. Давление в пищеводе устанавливали с помощью специального зонда, введенного в нижнюю треть пищевода через нижний носовой ход. Разницу внутрипищеводного давления и давления в ротовой полости определяли при помощи дифференцированного датчика давления ПДП 1000 МД. **Результаты.** У больных БА с нормальным Raw в сравнении с контрольной группой установлено только снижение статической растяжимости легких ( $p < 0,05$ ) и компенсаторное увеличение общей работы дыхания ( $p < 0,05$ ). У пациентов с БА с повышенным Raw выявлено снижение статической растяжимости легких ( $p < 0,05$ ), динамической растяжимости легких ( $p < 0,001$ ), эластической тяги ( $p < 0,001$ ) и увеличение общей работы дыхания ( $p < 0,001$ ), за счет эластической работы дыхания ( $p < 0,05$ ). У больных БА при повышенном Raw повышен остаточный объем легких ( $p < 0,001$ ) и остаточная емкость легких ( $p < 0,001$ ), в сравнении с контрольной группой и больными БА с нормальным Raw. В группе больных ХОБЛ выявлено снижение статической и динамической растяжимости легких, эластической тяги легких, общей растяжимости легких и увеличение общей работы дыхания ( $p < 0,001$ ), за счет эластической работы дыхания ( $p < 0,001$ ), по сравнению с контрольной группой и больными БА с нормальным Raw. **Заключение.** На основании впервые полученных результатов исследования эластических свойств легких у больных БА с повышенным Raw и пациентов с ХОБЛ можно предположить новый паттерн механической активности легких – клапанной обструкции бронхов или «воздушной ловушки», который наиболее отчетливо проявляет себя при ХОБЛ, когда даже мелкие бронхи подвержены значительному экспираторному сужению и увеличению амплитуды дыхательных движений.

**Ключевые слова:** механика дыхания, эластическое сопротивление легких, бронхиальное сопротивление, бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких.

## DIAGNOSTIC VALUE OF ELASTIC RESISTANCE OF THE LUNGS IN ASTHMA AND COPD

A.V.Teteneva<sup>1</sup>, K.F.Tetenev<sup>1</sup>, T.N.Bodrova<sup>1</sup>, I.D.Bespalova<sup>1</sup>, V.V.Larchenko<sup>1</sup>, N.A.Serdyukov<sup>2</sup>, K.V.Potapov<sup>1</sup>

### Контактная информация

Анна Валентиновна Тетенева, д-р. мед. наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии педиатрического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 634000, г. Томск, Россия, Московский тракт, 2; тел.: +79832303250; e-mail: anna.dubodelova@mail.ru

### Correspondence should be addressed to

Anna V. Teteneva, MD, PhD, D.Sc. (Med.), Professor, Department of Propaeudetics of Internal Medicine with Therapy Course, Pediatric Faculty of the Siberian State Medical University, 2 Moskovsky tract, Tomsk, 634000, Russian Federation; phone: +79832303250; e-mail: anna.dubodelova@mail.ru

### Для цитирования:

Тетенева А.В., Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н., Беспалова И.Д., Ларченко В.В., Сердюков Н.А., Потапов К.В. Диагностическое значение эластического сопротивления при бронхиальной астме и хронической обструктивной болезни легких // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2020. Вып. 76. С. 34–40. DOI: 10.36604/1998-5029-2020-76-34-40

### For citation:

Teteneva A.V., Tetenev K.F., Bodrova T.N., Bespalova I.D., Larchenko V.V., Serdyukov N.A., Potapov K.V. Diagnostic value of elastic resistance of the lungs in asthma and COPD. Bulletin' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration 2020; (76):34–40 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2020-76-34-40

<sup>1</sup>Siberian State Medical University, 2 Moskovsky tract, Tomsk, 634000, Russian Federation

<sup>2</sup>Military Medical Commission of the Military Commissariat of the Tomsk Region, 1 Meliorativnaya Str., Predtechensk Village, 634000, Russian Federation

**SUMMARY. Introduction.** Of great interest is the detailed study of the functional parameters of the elastic resistance and the search for differences in patients with asthma and chronic obstructive pulmonary disease (COPD), it is necessary to explain the differences in terms of mechanical activity of the lungs. **Aim.** To study the diagnostic value of indicators of elastic resistance of the lungs depending on the value of bronchial resistance ( $R_{aw}$ ) in patients with asthma and COPD. **Materials and methods.** 71 people were examined, including 20 practically healthy volunteers (control group), 18 asthma patients with a normal  $R_{aw}$ , 17 asthma patients with a high index of  $R_{aw}$ , 16 COPD patients with a high index of  $R_{aw}$ . The study of respiratory mechanics was carried out by measuring transpulmonary pressure, the simultaneous recording of spirogram. Transpulmonary pressure was determined by the difference between the pressure in the mouth and in the lower third of the esophagus. The pressure in the esophagus was determined using a special probe, introduced through the lower nasal passage into the lower third of the esophagus. The difference between intra-esophageal pressure and the pressure in the oral cavity was determined using the differential pressure sensor PDP 1000 MD. **Results.** In asthma patients with normal bronchial resistance in comparison with the control group there is a decrease in static lung compliance ( $p < 0.05$ ) and a compensatory increase in the total work of breathing ( $p < 0.05$ ). In patients with asthma and increased bronchial resistance there was a reduction of static lung compliance ( $p < 0.05$ ) and dynamic lung compliance ( $p < 0.001$ ), elastic traction ( $p < 0.001$ ) and increase overall work of breathing ( $p < 0.001$ ), due to the elastic work of breathing ( $p < 0.05$ ). In asthma patients with increased  $R_{aw}$ , there is an increased residual lung volume ( $p < 0.001$ ), and residual lung capacity ( $p < 0.001$ ), in comparison with the control group and asthmatics with normal  $R_{aw}$ . In the group of patients with COPD showed a reduction in static and dynamic lung compliance, elastic traction, total lung compliance and increase overall work of breathing ( $p < 0.001$ ), due to the elastic work of breathing ( $p < 0.001$ ), compared with the control group and asthma patients with normal  $R_{aw}$ . **Conclusion.** Based on the first results of a study of the elastic properties of the lungs in asthma patients with increased  $R_{aw}$  and COPD patients, we can suggest a new pattern of mechanical activity of the lungs – valve bronchial obstruction or “air trap”, which is clearly manifested in COPD, when even small bronchi are subject to significant expiratory narrowing and increase the amplitude of respiratory movements.

**Key words:** respiratory mechanics, lung elastic resistance, bronchial resistance, asthma, chronic obstructive pulmonary disease.

Современное учение о механических движениях легких в процессе дыхания сводится к тому, что легкое является пассивным эластическим органом, дыхательные движения обеспечиваются только лишь созданием градиента давления в плевральной полости. Эластичность лёгких представляет собой константу, значение упругости легочной ткани. Чем выше эластичность легочной ткани, тем больший градиент давления требуется приложить для получения заданного изменения объема легких. Эластическое сопротивление лёгких обусловлено несколькими компонентами, основным из которых является эластичность каркаса (составляет примерно 70-80% от всей величины), от 5 до 10% приходится на эластическое сопротивление висцеральной плеврой и от 10 до 15% – на действие сил поверхностного натяжения в альвеолах. Вопрос о влиянии гладкой мускулатуры на эластическое сопротивление легких остается неясным и неоднозначным, известно лишь о ее воздействии на просвет бронхов. Известно, что эластическое сопротивление легких может увеличиваться в зависимости от повышения кровенаполнения легочных сосудов, острого токсического или инфекционного поражения лёгочной ткани, замещения легочной ткани фиброзной, и может быть сниженным при эмфиземе лёгких. Эластическое сопротивление лёгких характеризуют следующие показатели механики дыхания: общая растяжимость легких, динамическая и статическая растяжимость лёгких, эластическая фракция ра-

боты дыхания, эластическая тяга легких, общая работа дыхания [1]. Значение эластического сопротивления лёгких нашло отражение в теории механической активности легких Ф.Ф.Тетенева. Участие гладкой мускулатуры бронхов в активном изменении эластического тонуса лёгкого происходит за счет дополнительного источника механической активности легких: данный феномен описан в виде петли отрицательного эластического гистерезиса [2]. Теория механической активности легких позволила объяснить основные противоречия в механике дыхания середины XX века, кардинальным образом изменить направление научной мысли в физиологии внешнего дыхания, придав значительный импульс научному поиску. К сожалению, теория механической активности легких практического и научно-прикладного применения в реальной клинической практике не получила, вследствие большой разобщенности теоретических представлений о структурно-функциональной взаимосвязи легких при патологических процессах [3]. Представленное ранее изучение эластических свойств лёгких вне зависимости от степени выраженности вентиляционных нарушений, даже в случаях отсутствия вентиляционных нарушений в дебюте заболевания при бронхиальной астме (БА) выявило снижение эластической тяги легких [3, 4]. Было исследовано общее неэластическое сопротивление и тканевое трение, интегральные и региональные значения у пациентов с БА и хрониче-

ской обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) [5]. Подробно изучены интегральные и региональные показатели механики дыхания при ХОБЛ в зависимости от положения тела: клино- и ортостатического [6, 7]. Представляет большой интерес детальное исследование функциональных показателей эластического сопротивления и поиск их различий у пациентов с БА и ХОБЛ, необходимо дать объяснение найденным различиям с точки зрения механической активности легких.

Цель исследования – изучить диагностическое значение показателей эластического сопротивления легких в зависимости от величины бронхиального сопротивления ( $R_{aw}$ ) у пациентов с БА и ХОБЛ.

### Материалы и методы исследования

Был обследован 71 человек (63% мужчин и 43% женщин), из которых 20 – практически здоровые добровольцы (контрольная группа), 18 – больные БА с нормальным показателем  $R_{aw}$ , 17 – больные БА с повышенным показателем  $R_{aw}$ , 16 – пациенты с ХОБЛ, все с повышенным показателем  $R_{aw}$ . Все обследованные пациенты были сопоставимы по возрасту и соответствовали критериям включения в исследование. Все проводимые исследования одобрены этическим комитетом СибГМУ.

Критерии включения в исследование здоровых лиц (контрольная группа): возраст 16-35 лет, отсутствие при обследовании признаков заболеваний сердечно-сосудистой системы, кашлевого синдрома, острых респираторных заболеваний в течение предшествующих 3 месяцев, наличие информированного согласия.

Критерии исключения из исследования здоровых лиц (контрольная группа): наличие признаков заболеваний бронхолегочной и сердечно-сосудистой систем при обследовании, отсутствие информированного согласия.

Критерии включения в исследование для пациентов с БА и ХОБЛ: установленный диагноз в соответствии Международными и Федеральными стандартами диагностики и лечения БА и ХОБЛ в стадии ремиссии заболевания [8–10], возраст 18-60 лет, нарушение вентиляционной функции лёгких I и II степени, наличие информированного согласия. У всех обследованных больных БА было нарушение вентиляционной функции легких преимущественно по обструктивному типу, положительный тест на обратимость бронхиальной обструкции.

Критерии исключения из исследования для больных БА и ХОБЛ: пациенты с тяжелым течением БА и ХОБЛ (III и IV стадия заболевания), возраст младше 16 и старше 60 лет, беременность и лактация, отказ от участия в исследовании.

Всем участникам исследования выполнены спирометрия и бодиплетизмография, проба с бронхолитиком (в качестве фармакологической пробы проводилась ингаляция  $\beta_2$ -адреностимулятором беротеком в дозе 400 мг – два вдоха, через 20 минут оценивали клиническое

состояние больных, динамику полученных показателей), была выполнена в отделении функциональной диагностики СибГМУ (Masterlab Pro, «Erich Jaeger», Германия). Исследование проводилось утром натощак в условиях относительного покоя, за 12 часов до начала исследования пациенты прекращали прием бронхоактивных препаратов. Показатели механики дыхания были изучены в лаборатории кафедры пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии педиатрического факультета СибГМУ. Исследование показателей механики дыхания проводилось с помощью измерения транспульмонального давления, одновременной регистрации спирограммы (СКТБ «Медфизприбор», г. Казань). Транспульмональное давление определялось разницей между давлением в полости рта и в нижней трети пищевода. Давление в пищеводе устанавливали с помощью специального зонда, введенного в нижнюю треть пищевода через нижний носовой ход [3]. Разница внутрипищеводного давления и давления в ротовой полости определялась с помощью дифференцированного датчика давления ПДП 1000 МД. Была использована усовершенствованная методика обсчета показателей механики дыхания, на основании созданной и запатентованной компьютерной программы

Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием программы Statistica 6.0. Проверку на нормальность распределения признака определяли с помощью W-теста Shapiro-Wilk. Был выполнен описательный и сравнительный анализ. Описательный анализ включал определение параметров: расчет квартилей ( $Me$ ,  $Q1$ - $Q3$ ) для ненормально и несимметрично распределенных параметров. Сравнительный анализ основывается на определении достоверности разницы показателей по t-критерию Стьюдента и по Z-критерию для непараметрических показателей. Критический уровень значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез в исследовании задавали величиной  $<0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2. У пациентов с БА выявлено повышение МОД ( $p<0,001$ ), снижение  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  ( $p<0,001$ ) при нормальных значениях МВЛ и ЖЕЛ ( $p>0,05$ ), что свидетельствует о преобладании обструктивных нарушений в обеих группах больных астмой. Показатели соотношения  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  (%) после бронходилатационной пробы оставались повышенными, что было наиболее выражено в группе больных БА с повышенным  $R_{aw}$  (на 19%), чем при БА с нормальным  $R_{aw}$  (на 14%). У пациентов с ХОБЛ в сравнении с контрольной группой установлено снижение показателей МОД ( $p<0,001$ ),  $ОФВ_1$  ( $p<0,001$ ) и  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ , % ( $p<0,001$ ), постбронходилатационная проба была отрицательной. Кроме того, при ХОБЛ выявлено более выраженное изменение вентиляционной функции легких по сравнению с группами пациентов с БА: были снижены

показатели МВЛ, МОД, ОФВ<sub>1</sub> и ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ, %.

У пациентов с БА при повышенном Raw установлено увеличение значений параметров ООЛ ( $p < 0,001$ ) и ОЕЛ ( $p < 0,001$ ), в сравнении с контрольной группой и больными БА с нормальным Raw. Выявленные изме-

нения аналогичны полученным результатам в группе ХОБЛ и косвенно свидетельствуют о наличии ранних признаков эмфиземы легких у больных БА с повышенным Raw (табл. 1).

Таблица 1

Оценка функции внешнего дыхания у больных БА с нормальным и повышенным бронхиальным сопротивлением (Raw), ХОБЛ и контрольной группой (Me, (Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>), p)

Показатели	Группы				P <sub>0-1</sub>	P <sub>0-2</sub>	P <sub>0-3</sub>	P <sub>1-2</sub>	P <sub>1-3</sub>	P <sub>2-3</sub>
	БА с норм. Raw (0)	БА с повыш. Raw (1)	Контроль ная (2)	Сравнения ХОБЛ (3)						
МОД, л/мин	11,46 (9,6-12,0)	11,51 (9,9-13,2)	9,21 (7,7-9,9)	7,01 (7,6-9,0)	>0,05	<0,001	<0,001	>0,05	<0,05	<0,001
МВЛ, %	99,69 (98-100)	96,36 (95-97)	102,36 (100-103)	77,18 (75-79)	>0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,05	<0,001
ООЛ, %	108,72 (99-111)	116,68 (110-118)	109,87 (104-115)	118,09 (109-123)	<0,001	>0,05	<0,001	<0,05	>0,05	>0,05
ОЕЛ, %	98,72 (87-108)	114,87 (110-119)	109,87 (103-115)	114,87 (109-120)	<0,05	>0,05	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05
ОФВ <sub>1</sub> , %	73,04 (70-85)	75,18 (71-86)	111,01 (107-114)	69,18 (68-70)	>0,05	<0,001	<0,05	>0,05	<0,001	<0,001
ЖЕЛ, %	96,28 (93-101)	98,36 (90-103)	110,16 (109-111)	97,37 (95-99)	>0,05	<0,001	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05
ФЖЕЛ, %	110,74 (109-111)	108,25 (107-109)	109,79 (106-113)	96,59 (95-98)	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ, %	67,19 (66-68)	63,06 (62-65)	87,21 (84-89)	68,90 (60-69)	>0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ, % п/бронход.	119,69 (98-119)	111,79 (95-116)	115,18 (110-118)	71,31 (67-73)	<0,05	<0,05	<0,001	<0,05	<0,001	>0,05
Raw <sub>вд</sub> , кПа·л <sup>-1</sup> ·с	0,23 (0,18-0,27)	1,29 (1,06-1,59)	0,16 (0,12-0,18)	1,27 (0,99-1,48)	<0,001	>0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05
Raw <sub>выд</sub> , кПа·л <sup>-1</sup> ·с	0,58 (0,36-0,71)	1,58 (1,29-1,74)	0,22 (0,20-0,23)	1,52 (0,96-1,78)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	>0,05

Примечание: МОД – минутный объем дыхания, МВЛ – максимальная вентиляция легких, ООЛ – остаточный объем легких, ОЕЛ – общая емкость легких, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких, ОФВ<sub>1</sub> – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду, Raw<sub>вд</sub> – бронхиальное сопротивление на вдохе, Raw<sub>выд</sub> – бронхиальное сопротивление на выдохе.

Как следует из данных, представленных в таблице 2, у больных БА с нормальным значением Raw в сравнении с контрольной группой установлено только снижение Cst ( $p < 0,05$ ) и компенсаторное увеличение ОРД ( $p < 0,05$ ). У больных БА с повышенным Raw выявлено снижение Cst ( $p < 0,05$ ), Cdyn ( $p < 0,001$ ) и ЭТЛ ( $p < 0,001$ ), а так же увеличение ОРД ( $p < 0,001$ ) за счет ЭРД ( $p < 0,05$ ). Разделение больных БА в зависимости от уровня Raw позволило установить, что наиболее

значимо при повышенном Raw у пациентов с БА снижается Cdyn ( $p < 0,05$ ) и ЭТЛ ( $p < 0,001$ ), при увеличении по данным бодиплетизмографии показателей ООЛ ( $p < 0,001$ ) и ОЕЛ ( $p < 0,001$ ). Выявленные изменения у больных БА с повышенным Raw необходимо рассматривать с точки зрения компенсаторных механизмов, направленных на преодоление Raw [11, 12]. В группе пациентов с ХОБЛ установлено снижение показателей Cst ( $p < 0,001$ ), Cdyn ( $p < 0,001$ ), ЭТЛ ( $p < 0,05$ ), ОРЛ



( $p < 0,001$ ) и увеличение параметров ОРД ( $p < 0,001$ ) за счет ЭРД ( $p < 0,001$ ), по сравнению с контрольной группой и больными БА. При сравнении пациентов с ХОБЛ и больных БА с повышенным  $R_{aw}$  были выявлены аналогичные изменения – снижение ЭТЛ ( $p > 0,05$ ), повышение ОРД ( $p > 0,05$ ) за счет ЭРД ( $p > 0,05$ ), при этом у пациентов с ХОБЛ по сравнению с больными БА с повышенным  $R_{aw}$  установлено наиболее выраженное снижение  $C_{st}$  ( $p < 0,001$ ),  $C_{dyn}$  ( $p < 0,001$ ) и ОРЛ ( $p < 0,001$ ). Общепринятое представление о патологии

легких при гиперинфляции лёгочной ткани предполагает снижение ЭТЛ за счет поражения эластической структуры легких, так как даже мелкие бронхи подвержены значительному экспираторному сужению и увеличению амплитуды дыхательных движений, данный феномен называется «воздушной ловушкой». Такая трактовка механизма клапанной обструкции позволяет объяснить с патогенетической точки зрения появление и неуклонное прогрессирование одышки при ХОБЛ [11–13].

Таблица 2

Эластическое сопротивление легких у больных БА с нормальным и повышенным бронхиальным сопротивлением ( $R_{aw}$ ), ХОБЛ и контрольной группой ( $M_e$ , ( $Q_1$ - $Q_3$ ),  $p$ )

Показатели	Группы				$P_{0-1}$	$P_{0-2}$	$P_{0-3}$	$P_{1-2}$	$P_{1-3}$	$P_{2-3}$
	БА с нормальным $R_{aw}$ (0)	БА с повышенным $R_{aw}$ (1)	Контрольная (2)	Сравнения ХОБЛ (3)						
$C_{dyn}$ , кПа·л <sup>-1</sup>	2,08 (1,49-2,34)	1,25 (1,08-1,36)	2,16 (2,08-2,27)	0,87 (0,74-0,93)	<0,05	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
$C_{st}$ , кПа·л <sup>-1</sup>	1,45 (1,39-1,54)	1,36 (1,26-1,49)	2,03 (2,07-2,18)	0,47 (0,39-0,54)	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ЭТЛ, кПа	2,54 (2,39-2,69)	1,43 (1,25-1,68)	2,76 (2,72-2,80)	1,08 (1,01-1,14)	>0,05	<0,001	<0,001	<0,001	>0,05	<0,05
ОРЛ, кПа·л <sup>-1</sup>	0,37 (0,25-0,30)	0,39 (0,15-0,42)	0,41 (0,38-0,48)	0,14 (0,1-0,18)	>0,05	<0,05	<0,05	>0,05	<0,001	<0,001
ОРД, л/кПа	3,96 (3,01-4,15)	4,59 (3,80-4,9)	2,36 (1,98-2,64)	4,92 (4,16-5,27)	<0,001	<0,05	<0,001	<0,05	>0,05	<0,001
ЭРД, kgm/min	0,18 (0,15-0,20)	0,37 (0,15-0,43)	0,16 (0,14-0,25)	0,46 (0,30-0,59)	<0,05	>0,05	<0,05	<0,05	>0,05	<0,001

Примечание:  $C_{dyn}$  – динамическая растяжимость легких,  $C_{st}$  – статическая растяжимость легких, ЭТЛ – эластическая тяга легких, ОРЛ – общая растяжимость легких, ОРД – общая работа дыхания, ЭРД – эластическая работа дыхания.

### Заключение

У больных БА с нормальным  $R_{aw}$  эластическое напряжение легких активно снижается на вдохе при совершении резервного вдоха и активно повышается на выдохе до уровня спонтанного дыхания, и позволяет сохранить эластические свойства легких при относительно нормальном морфологическом состоянии легких [12, 13]. Изменения эластических свойств лёгких у больных БА при повышении  $R_{aw}$ , возможно, обусловлены наличием компенсаторных механизмов, направленных на преодоление бронхиального сопротивления. На основании впервые полученных результатов исследования эластических свойств легких (снижение ЭТЛ, ОРЛ при ХОБЛ в сравнении с больными БА) можно предположить новый паттерн механической активности легких – клапанная обструкция бронхов или «воздушная ловушка», который наиболее

отчетливо проявляет себя при ХОБЛ, когда даже мелкие бронхи подвержены значительному экспираторному сужению вследствие хронического воспаления на уровне мелких дыхательных путей и увеличению амплитуды дыхательных движений. Мы считаем, что полученные результаты исследования позволяют существенно дополнить современные стандарты лечения БА и ХОБЛ с учетом значений  $R_{aw}$ , а также рассмотреть новые перспективы патогенетической терапии, направленные на обратное развитие симптомов БА и остановку прогрессирования ХОБЛ.

### Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гриппи М.А. Патофизиология легких: пер. с англ. 2-е изд. М.: БИНОМ, 2018. 304 с.
2. Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Тетенев К.Ф. Вопросы исследования биомеханики дыхания // Пульмонология. 2006. №2. С.109–115.
3. Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Тетенев К.Ф. Механические свойства легких при бронхиальной астме // Терапевтический архив. 2007. Т.79, №3. С.30–33.
4. Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н., Тетенев Ф.Ф. Механические свойства легких у больных прогрессирующей мышечной дистрофией различной степени тяжести заболевания // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т.12, №6. С.182–188. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2013-6-182-188>
5. Агеева Т.С., Тетенев Ф.Ф., Дубоделова А.В. Тканевое неэластическое сопротивление легких при бронхиальной астме и ХОБЛ: различие и природа изменений // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т.12, №6. С.94–98. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2013-6-94-98>
6. Grönkvist M., Bergsten E., Gustafsson P.M. Effects of body posture and tidal volume on inter- and intraregional ventilation distribution in healthy men // J. Appl. Physiol. 2002. Vol.92, №2. P.634–642. doi: 10.1152/jappphysiol.00161.2001
7. Tetenev F.F., Levchenko A.V., Tetenev K.F., Ageeva T.S., Kashuta A.Y., Yurchenko A.D., Mishustin S.P. Regional mechanical properties of the lungs of healthy people // Eur. Respir. J. 2008. Vol.32, Suppl.52. P.949–950. Abstract P2391.
8. Российское респираторное общество. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению бронхиальной астмы. 2019. URL: [http://spulmo.ru/upload/kr\\_bronhastma\\_2019.pdf](http://spulmo.ru/upload/kr_bronhastma_2019.pdf)
9. Global Initiative for Asthma (GINA). Global strategy for asthma management and prevention (Updated 2019). URL: <http://www.ginasthma.com>.
10. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Update 2019. URL: <https://goldcopd.org>.
11. Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Тетенев К.Ф., Карзилов А.И., Левченко А.В., Калинина О.В. Исследование функции аппарата внешнего дыхания: основы клинической физиологии дыхания. Учебное пособие. 2-е изд., доп. и испр. Томск: Печатная мануфактура, 2008. 164 с.
12. Cormier Y., Lecours R., Legris C. Mechanisms of hyperinflation in asthma // Eur. Respir. J. 1990. Vol.3, №6. P.619–624
13. Mergoni M., Rossi A. Physiopathology of acute respiratory failure in COPD and asthma // Minerva Anesthesiol. 2001. Vol.67, №4. P.198–205.

## REFERENCES

1. Grippi M.A. Pulmonary Pathophysiology (2nd ed.). Moscow: Binom; 2018 (in Russian).
2. Tetenev F. F., Bodrova T. N., Tetenev K. F. Research issues of respiratory biomechanics. *Pul'monologiya* 2006; (2):109–111(in Russian).
3. Tetenev F.F., Bodrova T.N., Tetenev K.F. Mechanical properties of lungs in bronchial asthma. *Ter. Arkh.* 2007; 79(3):30–33 (in Russian).
4. Tetenev K.F., Bodrova T.N., Tetenev F.F. Mechanical properties of lungs in patients progressing muscular dystrophy various severity of the disease. *Bulletin of Siberian Medicine* 2013; 12(6):182–188 (in Russian). <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2013-6-182-188>
5. Ageeva T.S., Tetenev F.F., Dubodelova A.V. Fabric non-elastic pulmonary resistance in case of bronchial asthma and gold: distinction and changes nature. *Bulletin of Siberian Medicine* 2013; 12 (6): 94–98 (in Russian). <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2013-6-94-98>
6. Grönkvist M., Bergsten E., Gustafsson P.M. Effects of body posture and tidal volume on inter- and intraregional ventilation distribution in healthy men. *J. Appl. Physiol.* 2002; 92(2): 634–642. doi: 10.1152/jappphysiol.00161.2001
7. Tetenev F.F., Levchenko A.V., Tetenev K.F., Ageeva T.S., Kashuta A.Y., Yurchenko A.D., Mishustin S.P. Regional mechanical properties of the lungs of healthy people. *Eur. Respir. J.* 2008; 32(Suppl.52):949–950. Abstract P2391.
8. Russian Respiratory Society. Federal clinical guidelines for the diagnosis and treatment of bronchial asthma, 2019. Available at: [http://spulmo.ru/upload/kr\\_bronhastma\\_2019.pdf](http://spulmo.ru/upload/kr_bronhastma_2019.pdf) (in Russian).
9. Global Initiative for Asthma (GINA). Global strategy for asthma management and prevention (Updated 2019). Available at: [www.ginasthma.com](http://www.ginasthma.com).
10. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Update 2019. Available at: <https://goldcopd.org>
11. Tetenev F.F., Bodrova T.N., Tetenev K.F., Karzilov A.I., Levchenko A.V., Kalinina O.V. Study of the function of the external breathing apparatus: fundamentals of clinical respiratory physiology. Tomsk: Pechatnaya manufatura; 2008 (in Russian).
12. Cormier Y., Lecours R., Legris C. Mechanisms of hyperinflation in asthma. *Eur. Respir. J.* 1990; 3(6):619–624.

13. Mergoni M., Rossi A. Physiopathology of acute respiratory failure in COPD and asthma. *Minerva Anesthesiol.* 2001; 67(4):198–205.

---

**Информация об авторах:**

**Анна Валентиновна Тетенева**, д-р. мед. наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии педиатрического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4323-2798>; e-mail: [anna.dubodelova@mail.ru](mailto:anna.dubodelova@mail.ru)

**Константин Федорович Тетенев**, канд. мед. наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии педиатрического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5306-6589>; e-mail: [ktetenev@bk.ru](mailto:ktetenev@bk.ru)

**Тамара Николаевна Бодрова**, д-р. мед. наук, профессор, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии педиатрического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6371-9827>; e-mail: [tn.bodrova@gmail.com](mailto:tn.bodrova@gmail.com)

**Инна Давидовна Беспалова**, д-р. мед. наук, и.о. зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии педиатрического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: [innadave@mail2000.ru](mailto:innadave@mail2000.ru)

**Валентин Владимирович Ларченко**, канд. мед. наук, ассистент, кафедра пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии педиатрического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1884-3164>; e-mail: [clin\\_dep@iphar.ru](mailto:clin_dep@iphar.ru)

**Николай Алексеевич Сердюков**, врач терапевт, Военно-врачебная комиссия военного комиссариата Томской области; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1212-0280>; e-mail: [serdykov@sibmail.com](mailto:serdykov@sibmail.com)

**Кирилл Владимирович Потапов**, клинический ординатор, кафедра пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии педиатрического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: [potapovschool@mail.ru](mailto:potapovschool@mail.ru)

---

**Author information:**

**Anna V. Teteneva**, MD, PhD, D.Sc. (Med.), Professor, Department of Propaedeutics of Internal Medicine with Therapy Course, Pediatric Faculty of the Siberian State Medical University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4323-2798>; e-mail: [anna.dubodelova@mail.ru](mailto:anna.dubodelova@mail.ru)

**Konstantin F. Tetenev**, MD, PhD (Med.), Associate Professor, Department of Propaedeutics of Internal Medicine with Therapy Course, Pediatric Faculty of the Siberian State Medical University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5306-6589>; e-mail: [ktetenev@bk.ru](mailto:ktetenev@bk.ru)

**Tamara N. Bodrova**, MD, PhD, D.Sc. (Med.), Professor, Department of Propaedeutics of Internal Medicine with Therapy Course, Pediatric Faculty of the Siberian State Medical University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6371-9827>; e-mail: [tn.bodrova@gmail.com](mailto:tn.bodrova@gmail.com)

**Inna D. Bepalova**, MD, PhD, D.Sc. (Med.), Acting Head of Department of Propaedeutics of Internal Medicine with Therapy Course, Pediatric Faculty of the Siberian State Medical University; e-mail: [innadave@mail2000.ru](mailto:innadave@mail2000.ru)

**Valentin V. Larchenko**, MD, PhD (Med.), Assistant of Department of Propaedeutics of Internal Medicine with Therapy Course, Pediatric Faculty of the Siberian State Medical University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1884-3164>; e-mail: [clin\\_dep@iphar.ru](mailto:clin_dep@iphar.ru)

**Nikolay A. Serdyukov**, MD, Therapist, Military Medical Commission of the Military Commissariat of the Tomsk Region; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1212-0280>; e-mail: [serdykov@sibmail.com](mailto:serdykov@sibmail.com)

**Kirill V. Potapov**, Clinical Resident of Department of Propaedeutics of Internal Medicine with Therapy Course, Pediatric Faculty of the Siberian State Medical University; e-mail: [potapovschool@mail.ru](mailto:potapovschool@mail.ru)

---

Поступила 06.03.2020  
Принята к печати 15.06.2020

---

Received March 06, 2020  
Accepted June 15, 2020