

УДК 616.23/.24-002.2-092:616.24-008.4
<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-3-37-45>

Вентиляция и механика дыхания у больных хронической обструктивной болезнью легких при разном положении тела

Диш Ал.Ю.¹, Диш Ан.Ю.¹, Агеева Т.С.¹, Карзилов А.И.¹, Тетенева А.В.², Калачева Т.П.¹, Месько П.Е.¹, Мишустина Е.Л.¹, Зайцева А.А.¹, Параева О.С.³, Беспалова И.Д.¹, Черногорюк Г.Э.¹

¹ Сибирский государственный медицинский университет (СибГМУ)
Россия, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2

² Медико-санитарная часть № 2
Россия, 634040, г. Томск, ул. Бела Куна, 3

³ Городская больница № 5, г. Барнаул
Россия, 656045, г. Барнаул, Змеиногорский тракт, 75

РЕЗЮМЕ

Целью данной работы являлось изучение особенностей изменения механических свойств легких при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) в целом и по зонам в зависимости от положения тела.

Материалы и методы. Исследование выполнено у 37 пациентов с ХОБЛ в вертикальном и горизонтальном положениях (ВП и ГП).

Результаты. При исследовании интегральной механики дыхания было установлено снижение динамической растяжимости и повышение общего неэластического сопротивления легких на выдохе в ГП по сравнению с ВП. При этом, несмотря на повышение значений общего неэластического сопротивления на выдохе (ОНС_{выд}) в горизонтальном положении, не отмечалось увеличения общей работы дыхания. У пациентов с ХОБЛ, в отличие от здоровых лиц, регистрировалось исчезновение различий регионарных механических характеристик как в ВП, так и ГП тела. Отсутствовали различия в механике дыхания верхних, средних и нижних регионов левого легкого, зоны правого легкого различались лишь по показателям регионарной неэластической работы дыхания (НРД_р), которые увеличивались по направлению сверху вниз. В нижней зоне по сравнению с верхней большие значения показателей НРД_р на вдохе (НРД_{вдв}) и НРД_р на выдохе (НРД_{выд}) отмечены при ВП и ГП тела.

Заключение. Полученные данные противоречат доминирующему мнению об усугублении регионарных различий вентиляции и механики дыхания под влиянием развивающихся в легких очаговых и диффузных воспалительно-склеротических патологических изменений и эмфиземы.

Ключевые слова: хроническая обструктивная болезнь легких, регионарная механика дыхания, интегральная механика дыхания, вертикальное положение тела, горизонтальное положение тела.

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

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

Соответствие принципам этики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено локальным этическим комитетом СибГМУ.

✉ Агеева Татьяна Сергеевна, e-mail: ageeva.ts@gmail.com.

Для цитирования: Диш Ал.Ю., Диш Ан.Ю., Агеева Т.С., Карзилов А.И., Тетенева А.В., Калачева Т.П., Месько П.Е., Мишустина Е.Л., Зайцева А.А., Параева О.С., Беспалова И.Д., Черногорюк Г.Э. Вентиляция и механика дыхания у больных хронической обструктивной болезнью легких при разном положении тела. *Бюллетень сибирской медицины*. 2019; 18 (3): 37–45. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-3-37-45>.

УДК 616.23/.24-002.2-092:616.24-008.4
<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-3-37-45>

Ventilation and respiration mechanics in patients with chronic obstructive pulmonary disease in different body positions

Dish Al.Ju.¹, Dish An.Ju.¹, Ageeva T.S.¹, Karzilov A.I.¹, Teteneva A.V.², Kalacheva T.P.¹, Mesko P.E.¹, Mishustina E.L.¹, Zaytseva A.A.¹, Paraeva O.S.³, Bepalova I.D.¹, Chernogoryuk G.E.¹

¹ Siberian State Medical University (SSMU)
2, Moscow Trakt, Tomsk, 634050, Russian Federation

² Medical and Sanitary Hospital № 2
3, Bela Kuna Str., Tomsk, 634040, Russian Federation

³ City Hospital 5
75, Zmeinogorsky Trakt, Barnaul, 656045, Russian Federation

ABSTRACT

The aim of this work was to study changes in mechanical lung properties in cases of COPD in general and in different zones depending on the body position.

Materials and methods. The research was performed in 37 patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in the vertical and horizontal positions (VP and HP).

Results. The analysis of integral respiration mechanics has revealed a reduction in dynamic lung compliance and an increase in total non-elastic lung resistance during expiration (TNRexp) in HP vs. VP. At the same time, despite the increase in TNRexp in HP, the total work of breathing did not increase. Unlike healthy individuals, the COPD patients were characterized by the absence of differences in regional mechanical properties in both VP and HP. There were no differences in the respiration mechanics of the left lung, and the zones of the right lung only differed in the parameters of regional non-elastic work of breathing (NWB_r) that was increasing from top downwards: the indicators of NWB_r during expiration and NWB_r in the lower zone were higher as opposed to those of the upper zone in VP. As for HP, NWB_r during inspiration, NWB_r during expiration and NWB_r were higher.

Conclusion. The data obtained contradict the prevailing opinion about an escalation in regional differences in ventilation and respiration mechanics under the influence of emerging focal and diffuse inflammatory-sclerotic pathological changes in lungs and emphysema.

Key words: chronic obstructive pulmonary disease, regional respiration mechanics, integral respiration mechanics, vertical body position, horizontal body position.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Source of financing. The authors state that there is no funding for the study.

Conformity with the principles of ethics. All patients signed informed consent to participate in the study. The study was approved by the local ethical committee under SSMU.

For citation: Dish Al.Ju., Dish An.Ju., Ageeva T.S., Karzilov A.I., Teteneva A.V., Kalacheva T.P., Mesko P.E., Mishustina E.L., Zaytseva A.A., Paraeva O.S., Beshpalova I.D., Chernogoryuk G.E. Ventilation and respiration mechanics in patients with chronic obstructive pulmonary disease in different body positions. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2019; 18 (3): 37–45. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-3-37-45>.

ВВЕДЕНИЕ

Из литературных источников известно, что участки легкого имеют различные показатели вентиляции, которые определяются путем деления альвеолярной вентиляции на альвеолярный объем [1]. Поэтому сложилось представление о неравномерности вентиляции легких по зонам, которая объясняется различием легочных структур в анатомическом и морфофункциональном отношении. Имеет значение разное количественное соотношение эластических компонентов по зонам легких, сурфактанта, бронхиального секрета, локального кровенаполнения, тонуса бронхов и пр., а также влияние гравитации на органы средостения. Неравномерность вентиляции верхних и нижних зон легких, которую обнаруживали у здоровых людей, объясняли гравитационным воздействием на органы средостения и появлением в вертикальном положении тела (ВП) разницы уровня внутриплеврального давления по направлению сверху вниз [2], хотя данные о влиянии различий внутриплеврального давления на регионарную вентиляцию противоречивы. Например, известен факт, что в положении лежа различия воздушности регионов легких сохраняются, что было определено посредством электроплетизмографии [3].

Существует представление, что гравитация воздействует на легкие таким образом, что в апикальной области внутриплевральное давление отклонено в отрицательную сторону больше, чем над базальными участками. Вследствие этого бронхи и альвеолы в верхних зонах легких имеют больший диаметр, чем в нижних, что обуславливает наличие меньших значений бронхиального сопротивления в апикальных зонах легких по сравнению с базальными [4]. Однако в литературе присутствуют и другие данные: у здоровых людей и при патологии бронхолегочной системы наибольшие значения общего неэластического сопротивления обнаружены в верхних зонах легких, а наименьшие – в нижних [5].

Также опубликованы результаты исследований, свидетельствующие о том, что внутриплевральное давление над различными участками легких в среднем варьирует с одинаковой амплитудой. Авторы данного исследования считают, что распределение транспульмонального давле-

ния над поверхностью легких – есть основная физиологическая функция плевральной полости [5]. Поэтому, с учетом малого объема вентиляции верхних зон легких по сравнению с нижними, показатели бронхиального сопротивления имеют большие значения в апикальных отделах по сравнению с базальными. Эти данные вступают в конфликт с доминирующим представлением о том, что в верхних зонах бронхи и альвеолы имеют больший диаметр. В то же время исследования легких методом морфометрии показали, что легочные структуры регионов гомогенны [6, 7].

Для разрешения изложенных противоречий необходимо исследовать регионарные механические свойства легких. За последние годы мы не нашли работ, посвященных этой проблеме.

Целью настоящего исследования являлось изучение особенностей изменения механических свойств легких при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) в целом и по зонам в зависимости от положения тела.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведенное исследование характеризуется как проспективное когортное. Когорта пациентов наблюдалась до окончания исследования. Когорту составили 37 человек с диагнозом ХОБЛ I–II степени. Длительность заболевания от 7 до 20 лет, возраст ($43,9 \pm 3,0$) года (29 мужчин, 8 женщин), которым проведено обследование в соответствии с клиническими рекомендациями по диагностике ХОБЛ [8].

Кроме того, пациентам было выполнено исследование функции внешнего дыхания (спирография, механика дыхания). Параметры интегральной механики дыхания находили путем анализа кривых пневмотахограммы, спирограммы, а также транспульмонального давления. Транспульмональное давление рассчитывали путем вычитания из значений давления в ротовой полости показателей давления в нижней трети пищевода. Для этого использовали зонд, введенный в пищевод через нижний носовой ход. Зонд находился на уровне его нижней трети. Внутрипищеводное давление определяли аппаратом ПДП 1000 МД (Медфизприбор, Россия).

Зональную механику дыхания по трем регионам (верхнему, среднему и нижнему) исследовали

путем одновременной регистрации спирограммы, транспульмонального давления, пневмотахограммы и реограмм по шести зонам легких (две верхние зоны, две средние и две нижние) методом Е.А. Фринермана. Для анализа использовали компьютерную программу, позволяющую производить построение дыхательных петель и расчет показателей механики дыхания. Производили сравнение показателей механики дыхания в вертикальном и горизонтальном положении (ГП) тела.

Рассчитывали составляющие общей работы дыхания (ОРД): неэластическую работу дыхания на вдохе (НРДвд) и выдохе (НРДвд_р), эластическую работу дыхания (ЭРД), удельную работу дыхания (УРД). Эластические свойства легких оценивали путем определения динамической растяжимости (Сдин), неэластические свойства – уровня общего неэластического сопротивления на выдохе (ОНСвд_р) и вдохе (ОНСвд). Значения этих показателей – результат отношения, числителем которого является неэластический компонент транспульмонального давления (его максимальное значение на выдохе или вдохе), а знаменателем – средняя скорость воздушного потока на выдохе или вдохе соответственно.

Регионарные дыхательные петли получали при анализе кривых соответствующих реограмм по зонам (при этом их принимали за зональные спирограммы) и транспульмонального давления. Используя полученные дыхательные петли, определяли следующие параметры вентиляции и механики дыхания по регионам (аббревиатура включает подстрочную букву «р»): минутный объем

вентиляции (МОВ_р), дыхательный объем (ДО_р), общую работу дыхания (ОРД_р), неэластическую работу дыхания (НРД_р), НРД_р на вдохе и на выдохе (НРДвд_р, НРДвд_р), эластическую работу дыхания (ЭРД_р), динамическую растяжимость (Сдин_р), общее неэластическое сопротивление на вдохе (ОНСвд_р) и выдохе (ОНСвд_р).

Статистический анализ данных проводили с помощью программных пакетов Statistica 6.0 for Windows. Нормальность распределения оценивали с помощью теста Шапиро – Уилка. Выполнялись как описательный, так и сравнительный анализ. Пороговый уровень статистической значимости составлял 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 1 представлена характеристика показателей интегральной механики дыхания (больные ХОБЛ в зависимости от положения тела).

У пациентов с ХОБЛ при переходе из вертикального положения тела в горизонтальное ОНСвд_р повышалось в 1,5 раза, что можно объяснить перераспределением значений внутриплеврального давления в горизонтальном положении тела (возникновением вентро-дорзального градиента), способствующее сужению просвета патологически измененных бронхов. Кроме того, при ГП тела регистрировалось уменьшение значений Сдин, обусловленное повышением тканевого трения [7], изменениями кровотока. Достоверных отличий среди остальных исследованных параметров в ВП и ГП тела не обнаружено.

Таблица 1

Table 1

Параметры интегральной механики дыхания у больных ХОБЛ при вертикальном и горизонтальном положении тела, $M \pm m$ Parameters of integral mechanics of breathing in patients with COPD with vertical and horizontal positions of the body, $M \pm m$			
Параметр Parameter	Вертикальное положение, $n = 37$ Vertical position	Горизонтальное положение, $n = 37$ Horizontal position	Статистическая значимость различий Statistical significance of differences
МОД, л/мин RMV, l/min	8,68 ± 0,64	7,79 ± 0,65	0,073
ОРД, кг·м/мин General WOB, kg·m/min	0,23 ± 0,06	0,31 ± 0,09	0,059
УРД, кг·м/л Specific WOB, kg·m/l	0,02 ± 0,005	0,03 ± 0,008	0,064
ЭРД, кг·м/мин Elastic WOB, kg·m/min	0,09 ± 0,02	0,14 ± 0,03	0,103
ЭРД/ОРД, % Elastic/general WOB, %	51,28 ± 5,07	54,94 ± 3,30	0,083
НРДвд, кг·м/мин Inspiratory non-elastic WOB, kg·m/min	0,09 ± 0,03	0,13 ± 0,05	0,080

Параметр Parameter	Вертикальное положение, <i>n</i> = 37 Vertical position	Горизонтальное положение, <i>n</i> = 37 Horizontal position	Статистическая значимость различий Statistical significance of differences
НРД _{выд} , кг·м/мин Expiratory non-elastic WOB, kg·m/min	0,09 ± 0,03	0,12 ± 0,04	0,094
НРД, кг·м/мин Non-elastic WOB, kg·m/min	0,19 ± 0,06	0,26 ± 0,09	0,012
НРД/ОРД, % Non-elastic/general WOB, %	73,96 ± 6,79	73,80 ± 3,56	0,059
Сдин, л/см вод. ст. Cdyn, l/cm of water column	0,29 ± 0,04	0,18 ± 0,02	0,013
ОНС _{вд} , см вод. ст./л/с General non-elastic inspiratory airway resistance, cmH ₂ O/l/s	3,84 ± 0,56	4,81 ± 0,64	0,077
ОНС _{выд} , см вод. ст./л/с General non-elastic expiratory airway resistance, cmH ₂ O/l/s	5,74 ± 0,71	9,30 ± 1,10	0,014

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: МОД – минутный объем дыхания; ОРД – общая работа дыхания; УРД – удельная работа дыхания; ЭРД – эластическая работа дыхания; НРД_{вд} – неэластическая работа дыхания на вдохе; НРД_{выд} – неэластическая работа дыхания на выдохе; Сдин – динамическая растяжимость; ОНС_{вд} – общее неэластическое сопротивление дыхания на вдохе; ОНС_{выд} – общее неэластическое сопротивление дыхания на выдохе.

Note. Here and in Tables 2 and 3: RMV – respiratory minute volume; WOB – work of breathing, Cdyn – dynamic compliance.

Результаты изучения параметров регионарной механики дыхания приведены в табл. 2. При сопоставлении механических показателей верхней и нижней зоны правого легкого при ВП обнаружено, что значение НРД_р в нижней зоне было больше, чем в верхней, что объясняется увеличением НРД_{выд}.

Аналогичное соотношение параметров было выявлено при сопоставлении механических показателей верхней и средней зоны правого легкого, где также отмечено увеличение НРД_р: в средней зоне оно было больше, чем в верхней зоне, из-за обеих фракций неэластической работы дыхания (как на вдохе, так и на выдохе). Механические характеристики средней и нижней зоны правого легкого не отличались.

Различий в значениях показателей регионарной механики дыхания левого легкого (верхней и нижней, верхней и средней, средней и нижней зонах) не обнаружено.

Результаты исследования регионарной механики дыхания у пациентов в ГП тела представлены в табл. 3. Основные различия наблюдались между зонами правого легкого: в нижней зоне Д_{ор} было больше, чем в верхней зоне. Большие значения дыхательного объема в нижних отделах правого легкого, по сравнению с верхними, обуславливали аналогичное соотношение МОВ_р в этих областях. В верхней зоне справа МОВ_р был

в 2 раза меньше, чем в нижней зоне. В ГП было обнаружено увеличение НРД_{вд} в верхней зоне, что связано с увеличением тканевого трения при ГП тела из-за изменения воздействия сил гравитации и градиента внутриплеврального давления на легкие в ГП и перераспределения легочного кровотока. НРД_{выд} в нижней зоне справа при ГП так же, как и в ВП тела, была больше, чем в верхней.

В нижней зоне из-за больших значений НРД_{вд} и НРД_{выд} достоверно большей оказалась НРД_р в отличие от верхней зоны. Верхняя и средняя зоны правого легкого так же, как средняя и нижняя, по механическим свойствам были идентичны друг другу. Механические свойства левого легкого при ГП тела по регионам одинаковы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование параметров интегральной механики дыхания у больных ХОБЛ показало изменение некоторых из них в зависимости от положения тела. Так, в ГП отмечалось снижение Сдин и повышение ОНС_{выд}, и, несмотря на повышение значений ОНС_{выд}, не было увеличения ОРД.

Изменения регионарных механических свойств легких обнаружены только в правом легком: зоны различались лишь по показателям НРД_р, увеличивающейся по направлению сверху вниз (в нижней зоне по сравнению с верхней большие

Таблица 2

Показатель Parameter	Правое легкое Right lung				Левое легкое Left lung				Статистическая значимость различий Statistical significance of differences					
	ПВ RU		ПН RL		ЛВ LU		ЛН LM		ПВ-ПН RU-RL		ЛВ-ЛН LU-LU		ЛС-ЛН LM-LL	
	ПВ RU	ПН RL	ПВ RU	ПН RL	ЛВ LU	ЛН LM	ЛВ LU	ЛН LM	ПВ-ПН RU-RL	ЛВ-ЛН LU-LU	ПВ-ПН RU-RL	ЛВ-ЛН LU-LU	ЛС-ЛН LM-LL	ЛС-ЛН LM-LL
АО, Ом TV, Ohm	0,38±0,07	0,84±0,26	0,58±0,11	0,84±0,26	0,46±1,14	0,53±0,11	0,46±1,14	0,53±0,11	0,086	0,086	0,094	0,064	0,098	0,075
МОВ _р , Ом/мин RMV _р , Ohm/min	6,12±1,16	13,44±4,18	9,64±1,89	13,44±4,18	7,67±1,14	8,87±1,84	7,67±1,14	8,87±1,84	0,075	0,075	0,082	0,098	0,089	0,084
ОРА _р , Ом·м/мин General WOB, Ohm·m/min	11,20±2,87	32,01±11,32	20,72±4,20	32,01±11,32	16,00±3,49	21,63±7,11	16,00±3,49	21,63±7,11	0,062	0,062	0,072	0,086	0,077	0,080
ЭРА _р , Ом·м/мин Elastic WOB, Ohm·m/min	8,15±2,06	16,52±7,59	12,07±2,66	16,52±7,59	10,86±2,27	10,40±3,82	10,86±2,27	10,40±3,82	0,067	0,067	0,064	0,087	0,086	0,095
ИРА _р , Ом·м/мин Inspiratory non-elastic WOB, Ohm·m/min	3,05±0,89	10,77±3,84	7,72±1,55	10,77±3,84	5,12±1,20	9,08±3,40	5,12±1,20	9,08±3,40	0,088	0,088	0,036	0,083	0,085	0,072
ИРА _{вд} , Ом·м/мин Expiratory non-elastic WOB, Ohm·m/min	2,62±0,95	9,98±2,99	7,07±1,55	9,98±2,99	4,72±1,18	6,17±2,02	4,72±1,18	6,17±2,02	0,018	0,018	0,025	0,070	0,079	0,065
ИРА _р , Ом·м/мин Non-elastic WOB, Ohm·m/min	5,63±1,75	20,75±6,54	14,79±3,34	20,75±6,54	9,85±2,31	15,21±5,36	9,85±2,31	15,21±5,36	0,039	0,039	0,036	0,079	0,070	0,067
САМ _р , Ом/см вод. ст. Cdyn, Ohm/cm of water column	0,25±0,08	0,48±0,12	0,29±0,07	0,48±0,12	0,23±0,04	0,35±0,06	0,23±0,04	0,35±0,06	0,072	0,072	0,067	0,083	0,064	0,097
ОНС _{вд} , см вод. ст./Ом/с General non-elastic inspiratory airway resistance, cm H ₂ O/Ohm/s	7,11±2,28	9,77±4,08	9,64±4,09	9,77±4,08	4,50±1,50	4,05±1,38	4,50±1,50	4,05±1,38	0,078	0,078	0,096	0,066	0,076	0,081
ОНС _{вд} , см вод. ст./Ом/с General non-elastic expiratory airway resistance, cm H ₂ O/Ohm/s	9,96±2,82	9,99±3,25	11,00±4,02	9,99±3,25	7,65±3,21	4,53±1,25	7,65±3,21	4,53±1,25	0,093	0,093	0,888	0,061	0,100	0,072

Примечание. Здесь и в табл. 3: ПВ – верхняя зона правого легкого; ПН – средняя зона правого легкого; ЛВ – средняя зона правого легкого; ЛН – верхняя зона правого легкого; ЛС – средняя зона левого легкого; ЛН – нижняя зона левого легкого. МОВ_р – минутный объем вентиляции; АО_р – дыхательный объем. Note. Here and in Table 3: RU – superior zone of the right lung; RM – middle zone of the right lung; RL – lower zone of the right lung; LU – left upper pulmonary zone; LU – left upper pulmonary zone; LM – middle zone of the left lung; RMV – respiratory minute volume; TV – tidal volume.

Таблица 3
Table 3

Показатель Parameter	Правое легкое Right lung						Левое легкое Left lung				Статистическая значимость различий Statistical significance of differences									
	Правое легкое Right lung			Левое легкое Left lung			ПН RL		ЛВ LU		ЛН LL		ПВ-ПН RU-RL		ЛВ-ЛН LU-LL		ЛВ-ЛН LU-LM		ЛС-ЛН LM-LL	
	ПВ RU	ПС RM	ПН RL	ЛВ LU	ЛС LM	ЛН LL	ПВ-ПН RU-RL	ЛВ-ЛН LU-LL	ЛС-ЛН LM-LL	ЛВ-ЛН LU-LL	ЛС-ЛН LM-LL	ПВ-ПН RU-RL	ЛВ-ЛН LU-LL	ЛС-ЛН LM-LL	ЛВ-ЛН LU-LM	ЛС-ЛН LM-LL				
AO _p , Ом TV, Ohm	0,46 ± 0,09	0,68 ± 0,16	0,88 ± 0,19	0,39 ± 0,06	0,53 ± 0,09	0,50 ± 0,09	0,048	0,064	0,077	0,068	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,096				
MOV, Ом/мин RMV, Ohm/min	7,22 ± 1,47	10,65 ± 2,48	13,82 ± 2,90	5,97 ± 0,86	8,28 ± 1,34	8,01 ± 1,35	0,049	0,082	0,079	0,069	0,082	0,079	0,069	0,070	0,082					
OP _A , Ом·м/мин General WOB, Ohm·m/min	23,77 ± 6,16	37,92 ± 11,43	52,61 ± 14,43	20,91 ± 5,76	33,05 ± 9,59	34,93 ± 10,12	0,062	0,086	0,068	0,094	0,082	0,068	0,094	0,082	0,093					
ЭРА _p , Ом·м/мин Elastic WOB, Ohm·m/ min	17,95 ± 4,58	23,46 ± 7,04	31,32 ± 8,46	15,33 ± 5,15	19,61 ± 5,72	17,57 ± 4,53	0,088	0,073	0,077	0,088	0,086	0,077	0,088	0,086	0,079					
ИРА _{ВЛ} , Ом·м/мин Inspiratory non-elastic WOB, Ohm·m/min	5,56 ± 2,15	13,82 ± 4,43	19,73 ± 6,17	4,88 ± 1,30	12,41 ± 3,89	14,28 ± 4,75	0,016	0,066	0,081	0,079	0,066	0,081	0,079	0,073	0,061					
ИРА _{ВЛ} , Ом·м/мин Expiratory non-elastic WOB, Ohm·m/min	7,03 ± 1,79	10,23 ± 2,49	17,06 ± 4,35	5,41 ± 1,18	9,45 ± 2,59	13,89 ± 4,36	0,049	0,094	0,091	0,068	0,094	0,091	0,068	0,068	0,074					
ИРА _{ВЛ} , Ом·м/мин Non-elastic WOB, Ohm·m/min	12,43 ± 3,79	24,05 ± 6,85	36,79 ± 10,49	10,27 ± 2,22	21,86 ± 6,37	28,17 ± 9,05	0,032	0,082	0,094	0,091	0,082	0,094	0,091	0,076	0,083					
Сдвн, Ом/см вод. ст. Cdyn, Ohm/cm of water column	0,13 ± 0,03	0,23 ± 0,05	0,26 ± 0,06	0,13 ± 0,03	0,19 ± 0,03	0,16 ± 0,03	0,061	0,061	0,098	0,087	0,061	0,098	0,087	0,076	0,087					
ОНС _{ВЛ} , см вод. ст./Ом/с General non-elastic inspiratory airway resistance, cm H ₂ O/Ohm/s	5,62 ± 1,30	7,32 ± 1,98	5,87 ± 1,69	6,24 ± 1,32	6,10 ± 1,16	8,11 ± 1,56	0,069	0,067	0,088	0,067	0,067	0,088	0,067	0,079	0,090					
ОНС _{ВЛ} , см вод. ст./Ом/с General non-elastic expiratory airway resis- tance, cm H ₂ O/Ohm/s	15,70 ± 4,17	10,89 ± 2,97	8,86 ± 2,48	12,17 ± 2,30	8,84 ± 1,64	14,20 ± 4,33	0,071	0,08	0,083	0,064	0,08	0,083	0,064	0,093	0,074					

значения были при ВП – $HR_{D_{вд_r}}$ и HR_{D_r} , а в ГП – $HR_{D_{вд_r}}$, $HR_{D_{вд_p}}$ и HR_{D_r}). DO_p и MOB_p различались только при ГП тела. Все зоны левого легкого по механическим свойствам были идентичны друг другу.

У здоровых людей параметры интегральной и регионарной механики дыхания в ВП и ГП тела имели существенные отличия между верхней и нижней зоной, а также средней и нижней как правого, так и левого легкого [8].

По общепринятому мнению, при заболеваниях легких неравномерность вентиляции и механики дыхания по регионам должна усиливаться [9]. Однако мы обнаружили, что у пациентов с ХОБЛ отличия в механических свойствах наблюдались только в верхней и нижней зонах правого легкого, а остальные регионы были идентичны по своим механическим характеристикам. То есть различия механических свойств регионов легких, характерные для здоровых людей, у пациентов с ХОБЛ не определяются. Учитывая этот факт, можно предполагать, что компенсаторные механизмы, существующие у здоровых лиц, у пациентов с ХОБЛ отсутствуют. Скорее всего, при ХОБЛ не определяется действие внутреннего источника механической активности легких, который регистрируется у здоровых людей и обуславливает сохранение механического гомеостаза легких [8], характеризующегося различиями регионов легких по механическим параметрам по направлению от верхушек к базальным отделам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов с ХОБЛ, в отличие от здоровых лиц, наблюдается отсутствие различий в механических свойствах регионов левого легкого и минимальные отличия зон правого легкого как при вертикальном, так и при горизонтальном положении тела. То есть определяется идентичность регионарных механических характеристик легких, что противоречит доминирующему мнению об усугублении регионарных различий вентиляции и механики дыхания под влиянием развивающихся в легких очаговых и диффузных воспалительно-склеротических патологических изменений и эмфиземы.

Вклад авторов

Диш Ал.Ю., Карзилов А.И. – разработка концепции и дизайна; анализ и интерпретация данных; обоснование рукописи и проверка критически важного интеллектуального содержания. Агеева Т.С. – разработка концепции и дизайна; анализ и интерпретация данных; обоснование

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Banzett R.B., Loring S.H. Heavy breathing. *J. Appl. Physiol.* 2007; 102 (6): 2090–2091. DOI: 10.1152/jappphysiol.00236.2007.
2. Galdzicka E.M., Abston E.D., Bishai J.M. Relationship between lung architecture and lung function are genetically determined. *FASEB J.* 2007; 21: A1339.
3. 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: 634–642. DOI: 10.1152/jappphysiol.00161.2001.
4. Тетевев Ф.Ф. Новый горизонт клинической физиологии дыхания, физиологии других систем и физиологии в целом. *Фундаментальные исследования.* 2012; 2: 138–142. [Tetenev F.F. New horizon of clinical physiology of breathing, physiology of other systems and physiology in general. *Fundamental Research.* 2012; 2: 138–142 (in Russ.)]. URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=29413>.
5. Тетевев Ф.Ф., Бодрова Т.Н. Определяет ли система плевральных листков парадоксальные явления в механике дыхания. *Бюл. экпер. биологии и медицины.* 1997; 124 (10): 384–387. [Tetenev F.F., Bodrova T.N. Does the system of pleural sheets determine paradoxical phenomena in the mechanics of breathing? *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 1997; 124 (10): 384–387 (in Russ.)].
6. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Revised 2016. URL: <http://www.goldcopd.com>.
7. Агеева Т.С., Тетевев Ф.Ф., Дубоделова А.В. Тканевое неэластическое сопротивление легких при бронхиальной астме и ХОБЛ: различие и природа изменений. *Бюллетень сибирской медицины.* 2013; 12 (6): 94–98. [Ageeva T.S., Tetenev F.F., Dubodelova A.V. Tissue inelastic lung resistance in asthma and COPD: difference and nature of changes. *Bulletin of Siberian Medicine.* 2013; 12 (6): 94–98 (in Russ.)]. DOI: 10.20538/1682-0363-2013-6-94-98.
8. Tetenev F.F., Bodrova T.N., Levchenko A.V., Larchenko V.V., Tetenev K.F., Kashuta A.Yu., Ageeva T.S., Danilenko V.Yu. Perversion of regional respiratory loops of lungs in healthy persons and bronchopulmonary system disease patients. *European Journal of Natural History.* 2008; (3): 60–61.
9. Гриппи М.А. Патофизиология легких: пер. с англ. 2-е изд., испр. М.: БИНОМ; СПб.: Невский Диалект, 2005: 344. [Grippi M.A. Pathophysiology of the lungs. 2nd ed. Moscow: BINOM Publ., Saint Petersburg: Nevskij Dialekt Publ., 2005: 344 (in Russ.)].

Authors contribution

Dish Al.Ju., Karzilov A.I. – conception and design; analysis and interpretation of data; justification of the manuscript and critical revision of the manuscript for important intellectual content. Ageeva T.S. – conception and design; analysis and interpretation of data; justification of the manuscript

рукописи и проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение для публикации рукописи. Тетенева А.В. – разработка концепции и дизайна; анализ и интерпретация данных; обоснование рукописи. Диш Ан.Ю., Калачева Т.П., Месько П.Е., Мишустина Е.Л., Зайцева А.А., Параева О.С., Беспалова И.Д., Черногорюк Г.Э. – анализ и интерпретация данных.

and critical revision of the manuscript for important intellectual content, final approval of the manuscript for publication. Teteneva A.V. – conception and design; analysis and interpretation of data; justification of the manuscript. Dish An.Ju., Kalacheva T.P., Mesko P.E., Mishustina E.L., Zaytseva A.A., Paraeva O.S. Bepalova I.D., Chernogoryuk G.E. – analysis and interpretation of data.

Сведения об авторах

Диш Александра Юрьевна, канд. мед. наук, доцент, кафедра пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0003-1574-5243.

Диш Андрей Юрьевич, врач анестезиолог-реаниматолог, отделение анестезиологии и реанимации, факультетские клиники, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0002-3741-1706.

Агеева Татьяна Сергеевна, д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0003-2788-6668.

Карзилов Александр Иванович, д-р мед. наук, профессор, кафедра пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0002-3919-720.

Тетенева Анна Валентиновна, д-р мед. наук, зам. главного врача по медицинской части, Медико-санитарная часть № 2; доцент, кафедра пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0002-4323-2798.

Калачева Татьяна Петровна, канд. мед. наук, доцент, кафедра общей врачебной практики и поликлинической терапии, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0002-4292-7723.

Месько Павел Евгеньевич, канд. мед. наук, доцент, кафедра пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0003-2183-4402.

Мишустина Елена Львовна, канд. мед. наук, доцент, кафедра пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0003-2498-801X.

Зайцева Анна Александровна, аспирант, кафедра пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 000-0001-9762-6365.

Параева Ольга Сергеевна, пульмонолог, Городская больница № 5, г. Барнаул. ORCID iD 0000-0002-5919-5098.

Беспалова Инна Давидовна, д-р мед. наук, профессор, кафедра госпитальной терапии с курсом реабилитации, физиотерапии и спортивной медицины, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0002-4513-6329.

Черногорюк Георгий Эдинович, д-р мед. наук, профессор, кафедра госпитальной терапии с курсом реабилитации, физиотерапии и спортивной медицины, СибГМУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0001-5780-6660.

✉ **Агеева Татьяна Сергеевна**, e-mail: ageeva.ts@gmail.com.

Поступила в редакцию 17.05.2019
Подписана в печать 11.06.2019

Authors information

Dish Alexandra Ju., PhD, Associate Professor, Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Therapy, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0003-1574-5243.

Dish Andrey Ju., Anesthesiologist-resuscitator, Department of Anesthesiology and Resuscitation, Faculty Clinics, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-3741-1706.

Ageeva Tatiana S., DM, Professor, Head of the Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Therapy, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0003-2788-6668.

Karzilov Alexandr I., DM, Professor, Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Therapy, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-3919-720.

Teteneva Anna V., DM, Deputy Chief Medical Officer, Medical and Sanitary Hospital № 2; Associate Professor, Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Therapy, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-4323-2798.

Kalacheva Tatiana P., PhD, Associate Professor, Department of General Practice and Outpatient Therapy, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-4292-7723.

Mesko Pavel E., PhD, Associate Professor, Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Therapy, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0003-2183-4402.

Mishustina Elena L., PhD, Associate Professor, Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Therapy, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0003-2498-801X.

Zaytseva Anna A., PhD Student, Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Therapy, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 000-0001-9762-6365.

Paraeva Olga S., Pulmonologist, City Hospital No. 5, Barnaul, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-5919-5098.

Bepalova Inna D., DM, Professor, Department of Hospital Therapy with a Course of Rehabilitation, Physiotherapy and Sports Medicine, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-4513-6329.

Chernogoryuk Georgy E., DM, Professor, Department of Hospital Therapy with a Course of Rehabilitation, Physiotherapy and Sports Medicine, SSMU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0001-5780-6660.

✉ **Ageeva Tatiana S.**, e-mail: ageeva.ts@gmail.com.

Received 17.05.2019
Accepted 11.06.2019