

УДК 612.216

ИНДИКАЦИЯ ВНУТРИЛЕГОЧНОГО ИСТОЧНИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ СПОНТАННОМ ДЫХАНИИ

Тетенев Ф.Ф.¹, Тетенев К.Ф.², Бодрова Т.Н.¹, Агеева Т.С.¹, Карзилов А.И.¹, Павловская О.А.¹, Гурова Е.Ю.¹

¹ Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск

² Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. Н.И. Павлова, г. Санкт-Петербург

РЕЗЮМЕ

Регистрировали спирограмму и транспульмональное давление при спонтанном дыхании у 10 здоровых добровольцев и у 10 пациентов с внебольничной пневмонией. Впервые работу внутрилегочного источника (РВИ) механической энергии измеряли методом прерывания воздушного потока на 0,2 с на вдохе и выдохе в середине дыхательного цикла. Альвеолярное давление превышало общее неэластическое давление на вдохе и выдохе за счет самостоятельной механической активности легких. РВИ определяли по площади треугольника, где катетами были дыхательный объем и сумма избыточного альвеолярного давления. Общую работу дыхания (ОРД) определяли по площади диаграммы «давление – объем». Суммарную работу дыхания ($P_{\text{сум}}$) определяли сложением ОРД и РВИ. РВИ в среднем составила 29,6 (25,0–43,3)% к $P_{\text{сум}}$ у здоровых лиц и 19,4 (0–55,1)% – у пациентов внебольничной пневмонией. У 2 пациентов РВИ не определялась, а у 2 была значительно повышена. Природа вариаций РВИ у здоровых людей и изменения ее степени выраженности при внебольничной пневмонии остаются неизвестными.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспульмональное давление, работа дыхания, работа внутрилегочного источника механической энергии, суммарная работа внелегочного и внутрилегочного источника механической энергии.

Введение

Согласно общепринятому представлению о механике дыхания, легкие млекопитающих, и человека в том числе, являются пассивным эластическим органом, дыхательные движения которого обусловлены действием сил со стороны грудной клетки и диафрагмы. В классической и клинической физиологии дыхания сведений о механической активности легких нет. Теоретическое толкование механизма дыхательных движений легких основывается на классическом опыте пассивной вентиляции изолированных легких под колоколом Ф. Дондерса [1]. Дондеровское представление о механических свойствах легких является парадигмой, хотя в руководствах XX и начала XXI в. [2–5] нет упоминания ни о парадигме, ни об ее авторе.

Дискуссии о механической активности легких наиболее остро велись в середине XX в. [6–9], но не было получено доказательств ее наличия [10]. Иссле-

дования механики дыхания стали возможны в 50-х гг. XX в., однако исследователи находились во власти парадоксальные явления, которые выявлялись в процессе исследования механики дыхания.

Изучение и систематизация парадоксальных явлений в механике дыхания позволили вначале высказать гипотезу о механической активности легких на вдохе и выдохе, помимо действия дыхательной мускулатуры [11–13], и в 1981 г. сформулировать теорию о механической активности легких [14–16]. Основанием для доказательства механической активности легких было клинико-экспериментальное изучение двух основных парадоксов: 1) деформации плато транспульмонального давления (ТПД) во время прерывания воздушного потока; 2) преобладания амплитуды дыхательных колебаний давления в заклинённой бронхе над величиной амплитуды внутригрудного давления. В изолированных легких парадоксальные явления однозначно отсутствовали. Первый парадокс характеризовал интегральную механическую активность легких, второй – механическую

✉ Тетенев Фёдор Фёдорович, тел. 8 (3822) 53-07-27; e-mail: fitetenev@bk.ru

активность региона легких с заклиненным бронхом. Описание результатов исследований и их объяснение не противоречило классическим законам физики (1-й и 2-й законы термодинамики) [1, 17, 18].

Развитие теории механической активности легких получила в разработке учения об асинфазном сопротивлении легких как проявлении механической активности легких [17, 19, 20], регионарной механической активности легких [21, 22], механическом гомеостазисе легких [18, 23, 24] и функциональных изменениях эластического сопротивления легких [25, 26]. Было показано, что степень выраженности деформации плато ТПД лишь отчасти связана с длительностью прерывания воздушного потока, что парадоксальное смещение плато ТПД происходит при кратковременном (на 0,2 с) прерывании воздушного потока, которое при этом у исследуемого не вызывает дыхательного дискомфорта. Так возникла гипотеза о возможности измерения работы внутрилегочного источника механической энергии при спонтанном дыхании, была разработана методика, позволяющая получить первые результаты измерений [27, 28].

Цель исследования – измерить работу внутрилегочного источника механической энергии при спонтанном дыхании у здоровых лиц и определить, как изменяется этот показатель в патологических условиях, в частности у пациентов с внебольничной пневмонией.

Материал и методы

Проведено проспективное когортное исследование. Когорта формировалась во время исследования, прослеживалась до его окончания. После подписания информированного согласия в исследование были включены 20 человек: 10 здоровых добровольцев (средний возраст $(28,7 \pm 1,6)$ года) и 10 пациентов с внебольничной пневмонией (ВП) (средний возраст $(22,3 \pm 2,1)$ года).

Методика исследования заключалась в следующем. Утром натощак исследуемому лицу вводился через нос в нижнюю треть пищевода специальный зонд с резиновым баллончиком на конце. Исследуемый дышал в пневмотахографическую трубку с прерывателем воздушного потока. Регистрировали транспульмональное давление и спирограмму при спонтанном дыхании (рис. 1). В середине дыхательного объема на вдохе и выдохе прерывали воздушный поток клапаном на 0,2 с для определения альвеолярного давления. По кривым ТПД и спирограмме строилась дыхательная петля по общепринятой методике (рис. 2). Внутри дыхательной петли откладывались величины альвеолярного давления, измеренного на вдохе и выдохе. Дыхательная петля ограничивает ве-

личины общего неэластического давления на вдохе и выдохе, которые можно рассматривать как альвеолярное давление, осуществляющее поток воздуха на вдохе и выдохе. Тканевым трением и инерцией газа и тканей пренебрегали как малыми величинами. При кратковременном прерывании воздушного потока альвеолярное давление выглядело в виде фигуры из двух линий, идущих от кривой ТПД к эластической оси (линии *AB* на рис. 1 и 2).

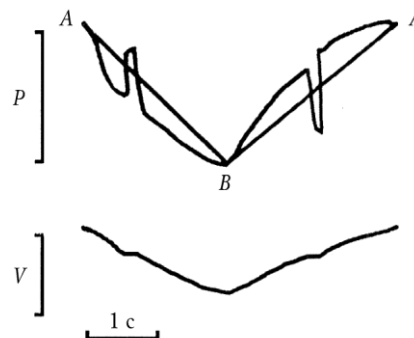


Рис. 1. Пример регистрации кривой транспульмонального давления и спирограммы в условиях прерывания воздушного потока на 0,2 с при спонтанном дыхании. $P = 0,196$ кПа, $V = 0,61$ л

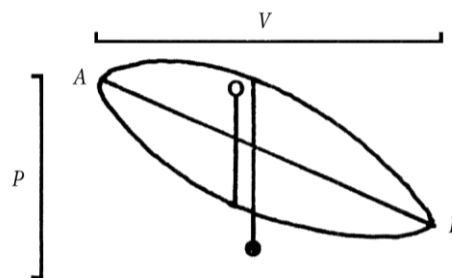


Рис. 2. Схема построения диаграммы «давление – объем» и определение избыточного альвеолярного давления на вдохе и выдохе

В тех случаях, когда фигура альвеолярного давления не достигала эластической оси легких, альвеолярное давление было меньше общего неэластического давления на величину давления, которое затрачивалось на преодоление тканевого трения, и механическая активность внутрилегочного источника механической энергии не выявлялась. Когда альвеолярное давление превышало величину общего неэластического давления на вдохе, выдохе или в обе фазы дыхания, проявлялась активность внутрилегочного источника механической энергии. Эта активность, очевидно, проявляется в течение всего вдоха и выдоха (рис. 1), но максимальная, по всей вероятности, в середине вдоха и выдоха. Избыточная часть альвеолярного давления на вдохе располагалась выше эластической оси,

а на выдохе – ниже эластической оси легких (эффект измерения ТПД).

Дополнительную работу дыхания, работу внутрилегочного источника механической энергии определяли с помощью графика (рис. 3), где один катет составлял дыхательный объем, другой – сумму избыточного альвеолярного давления на вдохе и выдохе. Площадь треугольника численно была равна работе внутрилегочного источника механической энергии легких.

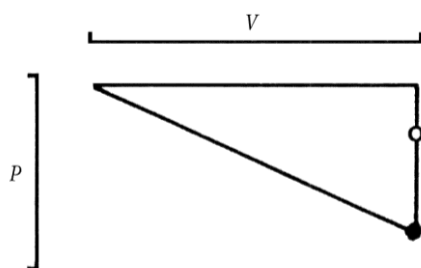


Рис. 3. Схема построения треугольника для расчета работы внутреннего источника механической энергии

С помощью построения традиционной дыхательной петли (рис. 4) определяли общую работу дыхания и ее фракцию, выполняемую дыхательной мускулатурой. Сумма работы внелегочного и внутрилегочного источников механической энергии характеризовала суммарную работу дыхания при спонтанном дыхании за один дыхательный цикл. Работу дыхания рассчитывали за 1 мин, умножая работу за один цикл на количество дыхательных движений за 1 мин [28].

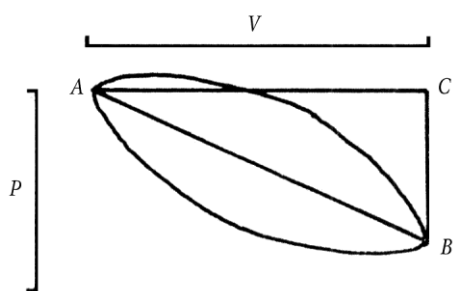


Рис. 4. Схема построения традиционной диаграммы «давление – объем» для расчета общей работы дыхания, выполняемой дыхательной мускулатурой

Определяли минутный объем дыхания (МОД) (л/мин), общую работу дыхания (ОРД) (кг · м/мин), работу внутрилегочного источника механической энергии (РВИ), суммарную работу дыхания $P_{\text{сум}}$ (кг · м/мин), процентное отношение РВИ/ОРД, а также РВИ/ $P_{\text{сум}}$.

Полученные данные подвергались статистической обработке при помощи пакета программ Statistica 6.0

for Windows. Проверку на нормальность распределения признака определяли с помощью W -теста Шапиро–Уилки. Анализ включал расчет квартилей Me (Q_1 – Q_2) для ненормально и несимметрично распределенных параметров. Поскольку закон распределения большинства исследуемых числовых показателей отличался от нормального, достоверность различия признаков в независимых совокупностях данных определялась при помощи U -критерия Манна–Уитни. Степень взаимосвязи между признаками оценивали, вычисляя коэффициент ранговой корреляции Спирмена R . Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании задавался величиной 0,05.

Проведенные исследования были одобрены этическим комитетом Сибирского государственного медицинского университета (г. Томск).

Обсуждение

Результаты измерения МОД, ОРД, РВИ и $P_{\text{сум}}$ при спонтанном дыхании у всех здоровых лиц и пациентов с внебольничной пневмонией представлены в таблице. Значительные вариации МОД от 7,0 до 15,4 л/мин показывают, что во время исследования не было достижения спокойного дыхания. Это, вероятно, связано с необычностью проведения исследования, включавшего введение зонда, выполнения различных маневров дыхания. В результате не удалось полностью создать условия, близкие к физиологическому спонтанному дыханию. Тем не менее достаточно отчетливо выявлялась РВИ у всех практически здоровых обследованных лиц, и она составляла в среднем 29,6 (26,0–34,0)% от суммарной работы дыхания. В группе здоровых лиц величина суммарной работы коррелировала с величиной МОД. У больных внебольничной пневмонией вариации МОД были весьма значительными – от 7,0 до 29,8 л/мин. Во всех показателях, кроме ОРД, в среднем не было отмечено существенного статистически значимого различия с показателями у здоровых лиц. Процентное отношение РВИ/ $P_{\text{сум}}$ у здоровых людей в среднем составило 29,6 (25,0–43,3)%, у больных – 19,4 (7,0–43,0)%. Тем не менее обращают на себя внимание значительные вариации РВИ – от 0 до 0,272 к · м/мин в группе больных пневмонией, тогда как у здоровых людей этот показатель варьировался от 0,067 до 0,130 к · м/мин. Соответственно, процентное отношение РВИ/ОРД варьировало от 0 до 122,9% и РВИ/ $P_{\text{сум}}$ – от 0 до 55,1%. У 2 пациентов РВИ не выявлялась, а у 2 пациентов она была выражена весьма значительно. Величины ОРД и МОД, $P_{\text{сум}}$ и МОД коррелировали достаточно отчетливо ($r = 0,63$ и $0,68$ при

$p < 0,05$ – у здоровых лиц; $r = 0,82$ и $0,68$ при $p < 0,05$ – у пациентов пневмонией).

Т а б л и ц а

Индивидуальные значения ОРД, РВИ и $P_{\text{сум}}$ при спонтанном дыхании у здоровых лиц и пациентов с внебольничной пневмонией						
№ п/п	МОД, л/мин	Работа дыхания, кг · м/мин			% РВИ/ОРД	% РВИ/ $P_{\text{сум}}$
		ОРД	РВИ	$P_{\text{сум}}$		
Здоровые добровольцы						
1	8,1	0,201	0,093	0,294	46,2	31,6
2	6,4	0,183	0,079	0,262	43,1	30,2
3	7,0	0,198	0,075	0,273	37,9	27,5
4	13,5	0,300	0,100	0,400	33,3	25,0
5	7,2	0,250	0,080	0,330	32,0	24,0
6	8,0	0,126	0,067	0,193	53,2	34,0
7	7,9	0,224	0,091	0,314	40,0	29,0
8	6,7	0,126	0,067	0,193	53,0	34,1
9	15,0	0,170	0,130	0,300	76,0	43,3
10	15,4	0,308	0,108	0,416	35,1	26,0
$Me (Q_1-Q_2)$	7,9 (7,0–13,5)	0,199 (0,170–0,250)	0,085 (0,075–0,100)	0,297 (0,262–0,330)	41,5 (35,1–53,0)	29,6 (26,0–34,0)
Пациенты с внебольничной пневмонией						
1	11,2	0,285	0,202	0,486	41,5	41,5
2	8,4	0,350	0,430	0,780	122,9	55,1
3	16,0	0,360	0,272	0,632	76,6	43,0
4	12,0	0,270	0	0,270	0	0
5	7,0	0,260	0,020	0,280	7,5	7,1
6	7,5	0,317	0,026	0,343	8,3	7,6
7	15,2	0,121	0,137	0,258	113,2	53,1
8	17,1	0,570	0,043	0,613	7,5	7,0
9	11,6	0,137	0,062	0,199	45,3	31,2
10	29,8	1,060	0	1,060	0	0
$Me (Q_1-Q_2)$	11,8 (8,4–16,0)	0,301 (0,260–0,360)	0,052 (0,020–0,202)	0,414 (0,270–0,632)	24,9 (7,5–76,6)	19,4 (7,0–43,0)
p	0,075	0,049	0,449	0,150	0,496	0,650

Заключение

Природа различной степени проявления механической активности внутрилегочного источника механической энергии остается загадкой. Неизвестной остается также причина изменения степени выраженности механической активности легких при пневмонии. Методика измерения работы внутрилегочного источника механической энергии позволяет идентифицировать только избыточную работу в условиях прерывания воздушного потока. При этом она может и повышаться, и понижаться. Однако она действует постоянно, непрерывно и при физиологических, и при патологических условиях, что отличает механическое поведение легких при жизни. Механическая активность легких, по всей вероятности, является центральным свойством живой системы аппарата внешнего дыхания. Патологические изменения в этой системе, по-видимому, определяют различные формы патологии легких. Морфофункциональные и клинко-фармакологические исследования этой системы откроют не только новые знания [1, 29], но также новые лечебно-диагностические возможности при заболеваниях внутренних органов.

Литература

1. Тетенев Ф.Ф. Обоснование к новому пониманию физио-

- логии механических движений внутренних органов // Бюл. сиб. медицины. 2012. Т. 11, № 4. С. 86–92.
2. Гринти М.А. Патология легких: пер. с англ. 3-е изд., испр. М.: БИНОМ; СПб.: Невский Диалект, 2001. 318 с.
3. Комро Д., Форстер Р., Дюбуа А. и др. Легкие. Клиническая физиология и функциональные пробы: пер. с англ. М.: Медгиз, 1961. 196 с.
4. Руководство по клинической физиологии дыхания / под ред. Л.Л. Шика, Н.Н. Канаева. Л.: Медицина, 1980. 376 с.
5. Уэст Дж. Физиология дыхания. Основы: пер. с англ. М.: Мир, 1998. 202 с.
6. Михайлов Ф.А. О функции нервно-мышечного аппарата легкого // Клинич. медицина. 1949. № 5. С. 3–8.
7. Перельман Л.Р. Роль гладкой мускулатуры легких в нормальных и патологических условиях // Тр. 5-го Всесоюзного съезда врачей-фтизиатров. М., 1950. С. 92–100.
8. Ужанский Я.Г. К биодинамике легких // Арх. пат. 1947. № 4. С. 3–8.
9. Хомяков Ю.С. К вопросу об активной сократительности легкого // Сов. медицина. 1957. № 6. С. 79–84.
10. Тетенев Ф.Ф. Новые теории – в XXI век: 2-е изд., перераб. и доп. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. 212 с.
11. Тетенев Ф.Ф. Механика дыхания при эмфиземе легких: дис. ... канд. мед. наук. Томск, 1966. 261 с.
12. Тетенев Ф.Ф. Давление в заклиненном бронхе при экспериментальной эмфиземе // Бюл. эксперим. биологии. 1976. № 1. С.30–32.
13. Тетенев Ф.Ф. Деформация плато транспульмонального давления при экспериментальной эмфиземе легких // Бюл. эксперим. биол. 1978. № 9. С. 265–267.
14. Тетенев Ф.Ф. Биомеханика дыхания. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981. 152 с.
15. Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н. Определяет ли система плевральных листков парадоксальные явления в механи-

- ке дыхания // Бюл. эксперим. биологии. 1997. Т. 24, № 10. С. 384–387.
16. *Тетенев Ф.Ф.* Обструктивная теория нарушения внешнего дыхания. Состояние, перспективы развития // Бюл. сиб. медицины. 2005. Т. 4, № 4. С. 14–26.
 17. *Бодрова Т.Н.* Влияние прерывания воздушного потока на общее неэластическое сопротивление легких // Бюл. сиб. медицины. 2011. Т. 10, № 6. С. 149–151.
 18. *Карзилов А.И.* Биомеханический гомеостазис аппарата внешнего дыхания и механизмы его обеспечения в нормальных условиях и при обструктивных заболеваниях легких // Бюл. сиб. медицины. 2007. Т. 6, № 1. С. 13–38.
 19. *Бодрова Т.Н., Карзилов А.И., Тетенев Ф.Ф.* Значение системы плевральных листков в механике дыхания // Бюл. эксперим. биологии и медицины. 1993. № 1. С. 20–21.
 20. *Бодрова Т.Н.* Недостаточность внешнего дыхания. Новое представление о структуре неэластического сопротивления легких при различных заболеваниях: дис. ... д-ра мед. наук. Томск, 1993. 188 с.
 21. *Агеева Т.С.* Клинико-функциональная характеристика и оптимизация диагностики внебольничных пневмоний: дис. ... д-ра мед. наук. Томск, 2009. 313 с.
 22. *Агеева Т.С., Тетенев Ф.Ф., Кривоногов Н.Г. и др.* Характеристика и природа изменения тканевого неэластического сопротивления по регионам легких при внебольничной пневмонии // Сиб. мед. журн. (Томск). 2011. Т. 26, № 4. С. 75–79.
 23. *Карзилов А.И., Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н.* Оценка влияния механических свойств легких на паттерны и показатели механики их вентиляции при различных биологических состояниях // Бюл. сиб. медицины. 2007. № 2. С. 17–25.
 24. *Карзилов А.И.* Регуляторное обеспечение устойчивости биомеханики дыхания при обструктивных заболеваниях легких: дис. ... д-ра мед. наук. Барнаул, 2009. 392 с.
 25. *Тетенев К.Ф.* Биомеханика дыхания при бронхиальной астме: дис. ... канд. мед. наук. Томск, 1998. 97 с.
 26. *Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н., Тетенев Ф.Ф.* Механические свойства легких при бронхиальной астме // Тер. архив. 2007. № 3. С. 30–33.
 27. *Пат.* 2364330 Россия. Способ определения величины работы дыхания внутрилегочного источника механической энергии при спонтанном дыхании / Тетенев К.Ф., Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Левченко А.В., Агеева Т.С., Кашута А.Ю., Карзилов А.И., Ларченко В.В., Якис О.В. // Бюл. откр. и изобр. 2009. № 23.
 28. *Пат.* 2364331 Россия. Способ определения величины суммарной работы дыхания внутрилегочного и внелегочного источников механической энергии при спонтанном дыхании / Тетенев К.Ф., Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Кашута А.Ю., Левченко А.В., Агеева Т.С., Карзилов А.И., Ларченко В.В., Якис О.В., Калинина О.В. // Бюл. откр. и изобр. 2009. № 23.
 29. *Тетенев Ф.Ф.* Для чего необходимо исследовать механику диастолы сердца, пульсовой волны и расширения внутренних органов, не имеющих скелета // Сиб. мед. журн. 2013. Т. 28, № 1. С. 117–123.

Поступила в редакцию 25.07.2013 г.

Утверждена к печати 09.10.2013 г.

Тетенев Фёдор Фёдорович (✉) – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней СибГМУ (г. Томск).

Тетенев Константин Фёдорович – канд. мед. наук, доцент, ст. науч. сотрудник лаборатории экспериментальной хирургии СПб ГМУ им. акад. Н.И. Павлова (г. Санкт-Петербург).

Бодрова Тамара Николаевна – д-р мед. наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней СибГМУ (г. Томск).

Агеева Татьяна Сергеевна – д-р мед. наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней СибГМУ (г. Томск).

Карзилов Александр Иванович – д-р мед. наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней СибГМУ (г. Томск).

Павловская Ольга Александровна, – студентка СибГМУ (г. Томск).

Гурова Елена Юрьевна, – студентка СибГМУ (г. Томск).

✉ **Тетенев Фёдор Фёдорович**, тел. 8 (3822) 53 07 27; e-mail: ftetenev@bk.ru

INDICATION OF PULMONARY MECHANICAL ENERGY DURING SPONTANEOUS BREATHING

Tetenev F.F.¹, Tetenev K.F.², Bodrova T.N.¹, Ageyeva T.S.¹, Karzilov A.I.¹, Pavlovskaya O.A.¹, Gurova Ye.Yu.¹

¹ *Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation*

² *Saint-Petersburg State Medical University named after academician N.I. Pavlov, Saint-Petersburg, Russian Federation*

ABSTRACT

Registered spirogram and transpulmonary pressure in spontaneous breathing in 10 healthy volunteers and in 10 patients with community-acquired pneumonia. For the first time the work inside the lung—a source of mechanical energy (RVI) was measured by the method of interruption of the air on 0.2 with inhalation and exhalation in the middle of the respiratory cycle. Alveolar pressure exceeding the total nonelastic

pressure on the inhale and exhale through self-mechanical activity of the lungs. RVI was determined by the area of a triangle, where one cathetus were breathing capacity and the amount of excess air pressure. The total work of breathing (TWB) was measured by the square of the chart pressure-volume. Total breathing (Pt) was determined by adding TWB and RVI. RVI average was 29.6 (25.0–43.3)% to Pt in healthy individuals and to 19.4 (0–55.1) % of patients with community-acquired pneumonia. In 2 patients, RVI has not been determined, and 2 were increased significantly. The nature of variations RVI in healthy people and change its degree of severity of community-acquired pneumonia remain unknown.

KEY WORDS: transpulmonary pressure, breath work, work insidepulmonary source of mechanical energy, the total work of extrapulmonary and insidepulmonary source of mechanical energy.

Bulletin of Siberian Medicine, 2013, vol. 12, no. 6, pp. 67–72

References

1. Tetenev F.F. *Bull. Siberian medicine*, 2012, no. 4, pp. 86–92 (in Russian).
2. Grippy M.A. *The pathophysiology of pulmonary*. 3rd ed. Moscow, BINOM Publ., 2001. 318 p.
3. Comroe D., Forster R., Dubois A. et al. *Lungs. Clinical physiology and functional tests*. Moscow, Medgiz Publ., 1961. 196 p.
4. *Guidelines for Clinical Respiratory Physiology*. Ed. by L.L. Schick, N.N. Kanaev. Leningrad, Medicine Publ., 1980. 376 p.
5. Mikhailov F.A. *Clinical Medicine*, 1949, no. 5, pp. 3–8 (in Russian).
6. Perelman L.R. *The role of smooth muscle in the lungs of normal and pathological conditions Proceedings 5th All-Union Congress of TB specialists*. Moscow, 1950, pp. 92–100.
7. Uzhansky Y.G. *Archives of Pathology*, 1947, no. 4, pp. 3–8 (in Russian).
8. Homyakov Y.S. *Soviet Medicine*, 1957, no. 6. pp. 79–84 (in Russian).
9. West J. *Respiratory physiology. Basics*. Moscow, Mir Publ., 1998. 202 p.
10. Tetenev F.F. *New theories – in the XXI century*. 2nd ed. Tomsk, Tomsk Univ. Publ., 2003. 212 p.
11. Tetenev F.F. *Mechanics of respiration in emphysema*. Author. Dis. cand. med. sci. Tomsk, 1966. (in Russian). 261 p.
12. Tetenev F.F. *Bull. Experimental Biology and Medicine*, 1976, no. 1, pp.30–32 (in Russian).
13. Tetenev F.F. *Bull. Experimental Biology and Medicine*, 1978, no. 9, pp. 265–267 (in Russian).
14. Tetenev F.F. *Biomechanics of breath*. Tomsk, Tomsk Univ. Publ., 1981. 152 p.
15. Tetenev F.F., Bodrova T.N. *Bull. Experimental Biology and Medicine*, 1997, vol. 24, no. 10, pp. 384–387 (in Russian).
16. Tetenev F.F. *Bull. Siberian Medicine*, 2005, no. 4, pp. 14–26 (in Russian).
17. Bodrova T.N. *Bull. Siberian Medicine*, 2011, no. 6, pp. 149–151 (in Russian).
18. Karzilov A.I. Biomechanical homeostasis of respiratory apparatus and its ensuring mechanisms in normal and obstructive lung diseases. *Bull. Siberian medicine*, 2007, no. 1, pp. 13–38 (in Russian).
19. Bodrova T.N., Karzilov A.I., Tetenev F.F. *Bull. Experimental Biology and Medicine*, 1993, no. 1, pp. 20–21 (in Russian).
20. Bodrova T.N. *Respiratory failure. New insight into the structure nonelastic lung resistance in different diseases*. Author. Dis. Dr. med. sci. Tomsk, 1993. (in Russian). 188 c.
21. Ageyeva T.S. *Clinical and functional characterization and optimization of the diagnosis of community-acquired pneumonia*. Author. Dis. Dr. med. sci. Tomsk, 2009. (in Russian). 313 p.
22. Ageyeva T.S., Tetenev F.F., Krivonogov N.G. et al. *Siberian Medical Journal* (Tomsk), 2011, vol. 26, no. 4, pp. 75–79 (in Russian).
23. Karzilov A.I., Tetenev F.F., Bodrova T.N. *Bull. Siberian medicine*, 2007, no. 2, pp. 17–25 (in Russian).
24. Karzilov A.I. *Regulatory sustainability respiratory biomechanics for obstructive lung diseases*. Author. Dis. Dr. med. sci. Barnaul, 2009. (in Russian). 392 p.
25. Tetenev K.F. *Biomechanics of breathing in asthma*. Author. Dis. cand. med. sci. Tomsk, 1998. (in Russian). 97 p.
26. Tetenev K.F., Bodrova T.N., Tetenev F.F. *Therapeutic Archive*, 2007, no.3, pp. 30–33 (in Russian).
27. Patent 2364330 Russia. Tetenev K.F., Tetenev F.F., Bodrova T.N., Levchenko A.V., Ageyeva T.S., Kashuta A.J., Karzilov A.I., Larchenko V.V., Yakis O.V. *Bull. Discoveries and Inventions*, 2009, no. 23.
28. Patent 2364331 Russia. Tetenev K.F., Tetenev F.F., Bodrova T.N., Kashuta A.J., Levchenko A.V., Ageyeva T.S., Karzilov A.I., Larchenko V.V., Yakis O.V., Kalinina O.V. *Bull. Discoveries and Inventions*, 2009, no. 23.
29. Tetenev F.F. *Siberian Medical Journal* (Tomsk), 2013, vol. 28, no. 1, pp. 117–123 (in Russian).

Tetenev Fyodor F. (✉), Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

Tetenev Konstantin F., Saint-Petersburg State Medical University named after academician N.I. Pavlov, Saint-Petersburg, Russian Federation.

Bodrova Tamara N., Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

Ageyeva Tatjana S., Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

Karzilov Alexander I., Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

Pavlovskaya Olga, Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

Gurova Yelena Yu., Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

✉ **Tetenev Fyodor F.**, Ph. +7-3822-53-07-27; e-mail: ftetenev@bk.ru