

На правах рукописи

**КАШУТА
Александра Юрьевна**

**ИНТЕГРАЛЬНАЯ И РЕГИОНАРНАЯ МЕХАНИКА ДЫХАНИЯ
У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ И БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКОЙ
ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ**

14.00.43 – пульмонология

14.00.16 – патологическая физиология

**А в т о р е ф е р а т
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук**

Томск – 2007

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Сибирский государственный медицинский университет Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию»

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор **ТЕТЕНЕВ Федор Федорович**

Научный консультант:

кандидат медицинских наук, доцент **ЛЕВЧЕНКО Алексей Васильевич**

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой внутренних болезней педиатрического факультета ГОУ ВПО СибГМУ Росздрава **ВОЛКОВА Людмила Ивановна**

доктор медицинских наук, заведующая лабораторией биохимии опухолей ГУ НИИ онкологии ТНЦ СО РАМН **КОНДАКОВА Ирина Викторовна**

Ведущая организация: ГОУ ВПО Новосибирский государственный медицинский университет Росздрава

Защита состоится «___» _____ 2007г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 208.096.02 при Сибирском государственном медицинском университете по адресу: 634050, г. Томск, ул. Московский тракт 2.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-медицинской библиотеке Сибирского государственного медицинского университета.

Автореферат разослан «___» _____ 2007 г.

**Ученый секретарь
диссертационного совета**

Л.И. ТЮКАЛОВА

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы

Изучение биомеханических процессов дыхания необходимо для понимания патогенеза и оценки эффективности терапии заболеваний респираторной системы. Кроме того, показатели механики дыхания являются наиболее точными и объективными в диагностике нарушений функции аппарата внешнего дыхания, так как не зависят от сотрудничества пациента во время проведения исследования. Большинство вопросов механики дыхания к настоящему времени хорошо изучено, однако, в литературе имеется и достаточно значительное количество неясных фактов, связанных с несовершенством знаний о биомеханике легких на современном уровне.

Кроме того, в течение последних лет в литературе существует мнение, что у здоровых людей и при патологии имеется неравномерность вентиляции легких по регионам [Зябрев Ю.П., 1980; Кольцун С.С., 1990; Цзо Ч.Н., 1987]. Она обусловлена не только анатомическим строением легких, а еще тем, что в верхних отделах легких бронхи имеют больший диаметр просвета, чем в нижних в связи с влиянием сил гравитации на внутриплевральное давление таким образом, что над верхними отделами легких оно более отрицательное, чем над нижними [Agostoni E., D'Angelo E., 1970, West J.B., 1970]. Из этого следует, что соотношение показателей аэродинамического сопротивления обратное, то есть в верхних отделах эти значения сравнительно меньше, чем в нижних. При заболеваниях легких регионарные различия вентиляции, очевидно, усугубляются действием патологических факторов [West J.B., 1970; Гриппи М.А., 2000]. Описанное представление является общепризнанным. Однако, известно, что усреднение давления, равномерное распределение его над поверхностью легких является основным физиологическим назначением плевральной полости [Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н., 1997]. В то же время, объем вентиляции легких значительно меньше в верхних отделах и много больше в нижних [Цзо Ч.Н., 1987; Левченко А.В., 1994]. Таким образом, растяжимость верхних отделов легких много меньше, чем нижних, а бронхиальное сопротивление оказывается значительно больше в верхних отделах, чем в нижних. Это противоречит общепринятому положению, что бронхи верхних отделов легких имеют больший просвет [West J.B., 1970], и известному положению о достаточно устойчивой гомогенности легочных структур во всех отделах [Вейбель Э.Р., 1970]. Это говорит о необходимости исследования регионарных свойств легких, тем более, что до настоящего времени они остаются малоизученными. В доступной нам литературе были обнаружены единичные работы, посвященных этому вопросу [Левченко А. В., 1994; Aliverti A., Stevenson N., Dellacà R.L., 2004], которые не разрешают указанных противоречий.

Цель исследования

Изучить регионарную механику дыхания в сопоставлении с интегральной механикой у здоровых лиц и при хронической обструктивной болезни легких.

Задачи исследования

1. Изучить вентиляционные показатели у здоровых лиц и больных хронической обструктивной болезнью легких в ортостатическом положении тела.
2. Изучить показатели интегральной механики дыхания у здоровых лиц и пациентов хронической обструктивной болезнью легких в ортостатическом и клиностатическом положении тела.
3. Изучить изменения интегральной механики дыхания у пациентов хронической обструктивной болезнью легких в ортостатическом и клиностатическом положении тела после ингаляции беротека.
4. Изучить показатели регионарной механики дыхания у здоровых лиц и пациентов хронической обструктивной болезнью легких в ортостатическом и клиностатическом положении тела.
5. Изучить изменения показателей регионарной механики дыхания в ортостатическом и клиностатическом положении тела у больных хронической обструктивной болезнью легких после ингаляции беротека.

Научная новизна работы

В настоящей работе впервые:

1. Разработаны две компьютерные программы по обработке результатов исследования интегральной и регионарной механики дыхания.
2. Разработана методика исследования регионарной механики дыхания с помощью одновременной регистрации зональных реограмм и транспульмонального давления, пригодная для исследования субъекта в ортостатическом и клиностатическом положениях.
3. Показано, что у здоровых лиц имеется неравномерность механических свойств легких по регионам, заключающаяся в снижении неэластического и эластического сопротивления легких сверху вниз и сохраняющаяся в клиностатическом положении тела в правом легком и, в меньшей степени, в левом легком. Эта особенность регионарных свойств легких названа регионарным механическим гомеостазисом. Природа способности легких поддерживать механический гомеостазис остается неизвестной. В частности, неизвестным является физиологическое назначение избыточного транспульмонального давления над верхними зонами легких (избыточное транспульмональное давление – это избыточная амплитуда действующего внутрилегочного давления). Показано, что при хронической обструктивной болезни легких регионарные различия механических свойств легких выравниваются.
4. Под влиянием ингаляции беротека регионарные показатели механики дыхания у больных хронической обструктивной болезнью легких I и II стадии изменяются в направлении их нормализации только в ортостатическом положении тела. В клиностатическом положении изменения регионарных показателей механики дыхания не происходит.
5. Обнаружен и описан ранее неизвестный феномен отрицательного регионарного гистерезиса легких, дано объяснение этого феномена как проявления регионарной механической активности легких у здоровых лиц и больных хронической обструктивной болезнью легких.

- б. Сформулирована гипотеза, что регионарная механическая активность легких является инструментом, поддерживающим их механический гомеостазис в норме и при патологии.

Теоретическая значимость работы

Обнаружен феномен извращения регионарной дыхательной петли, что является фундаментальным противоречием классической концепции Ф.К. Дондерса и доказывает существование регионарной механической активности легких. Показано, что в норме легкие характеризуются неравномерностью механических свойств по регионам. Но при этом, механическая неравномерность имеет четкую сбалансированность по направлению сверху вниз, что характеризует регионарный механический гомеостазис легких, при патологии механические характеристики различных регионов легких выравниваются, зоны легких становятся идентичными по своим механическим свойствам, исчезает сбалансированность показателей по направлению от апикальных участков легких к базальным.

Практическая ценность работы

Разработана программа по обработке результатов исследования интегральной и регионарной механики дыхания, которая значительно облегчает трудоемкие расчеты, делает их более точными и исключает влияние субъективного фактора на результаты измерения показателей.

Разработана методика изучения регионарных свойств легких в ортостатическом положении тела, что является наиболее удобным положением для пациента, особенно при выраженной недостаточности внешнего дыхания и позволяет сопоставлять показатели регионарной и интегральной механики дыхания, которая в классическом варианте исследуется в положении сидя.

Предложен метод определения регионарной механической активности легких по наличию феномена извращения регионарной петли гистерезиса легких.

На защиту выносятся следующие положения

1. В норме легкие имеют неравномерность механических свойств по регионам. Но при этом, механическая неравномерность имеет четкую сбалансированность, заключающуюся в снижении неэластического и эластического сопротивления легких сверху вниз, что, с нашей точки зрения, характеризует регионарный механический гомеостазис легких.
2. В клиностатическом положении тела у здоровых лиц в правом легком полностью сохраняется сбалансированность показателей регионарной механики дыхания по направлению от верхушек к основанию, а в левом наблюдается выравнивание механических свойств по регионам.
3. При хронической обструктивной болезни легких механические характеристики различных регионов легких выравниваются, зоны легких становятся идентичными по своим механическим свойствам, исчезает сбалансированность показателей по направлению от апикальных участков к базальным в левом легком полностью, в правом – сохраняется увеличение

- только неэластической работы дыхания за счет ее фракции на выдохе по направлению сверху вниз.
4. Легкие обладают регионарной механической активностью, доказательством наличия которой является феномен извращения регионарной дыхательной петли. Регионарная механическая активность легких поддерживает их механический гомеостазис в норме и при хронической обструктивной болезни легких.
 5. Над верхними зонам легких у здоровых лиц и при хронической обструктивной болезни легких имеет место «избыточное» транспульмональное давление. Его природа и физиологическое назначение остаются неизвестными.

Внедрение

Компьютерная обработка результатов исследования интегральной и регионарной механики дыхания используются в клинике пропедевтики внутренних болезней ГОУ ВПО Сибирского государственного медицинского университета для изучения интегральных показателей механики дыхания и регионарных механических свойств легких у людей с острыми и хроническими заболеваниями органов дыхания с целью раннего выявления функциональных расстройств в системе аппарата внешнего дыхания. Имеются два свидетельства об официальной регистрации этих программ.

Получен патент Российской Федерации на изобретение способа определения тканевого неэластического сопротивления легких № 22744117 от 20.04.2006.

Апробация работы

Основные положения диссертации доложены на X, XI, XII, XVI, XVII Национальных конгрессах по болезням органов дыхания, на 61 Всероссийской итоговой научной студенческой конференции имени Н.И. Пирогова (Томск, 2002 г.), на XI Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика, экология, надежность, безопасность» (Томск 2005г.), на Всероссийской научно-практической конференции (Томск 2007г.).

Публикации:

По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 3 – в центральной печати. Получено два свидетельства об официальной регистрации программы и один патент на изобретение.

Объем и структура диссертации:

Диссертация изложена на 172 страницах машинописного текста. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, практических рекомендаций. Библиографический указатель содержит 88 отечественных и 65 иностранных источников. Иллюстративный материал представлен 29 таблицами и 44 рисунками.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дизайн исследования

Исследование проводилось в клинике пропедевтики внутренних болезней ГОУ ВПО СибГМУ Росздрава с 2004г. по 2007г. Вид исследования:

проспективное когортное. Когорта формировалась во время исследования, прослеживалась до его окончания. Был исследован 61 человек, из которых 30 человек – практически здоровые добровольцы (контрольная группа), 31 человек – пациенты хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) (основная группа). В основную группу были включены пациенты только в I-II стадии заболевания, пациенты с III стадией заболевания были исключены в виду необходимости длительного процесса исследования в различных положениях тела до и после ингаляции бронхолитического препарата.

Производили сравнение показателей интегральной механики дыхания внутри групп в ортостатическом и клиностатическом положении. После этого, сравнивали показатели интегральной механики дыхания у лиц контрольной и основной группы в определенном положении тела. Аналогичные сравнения проводились при исследовании регионарной механики дыхания, только при этом сравнивали соответствующие зоны (верхнюю, среднюю или нижнюю) в одной и той же группе исследуемых при различных положениях тела или в разных группах при одинаковом расположении в пространстве. Дополнительно выявляли различия в механических свойствах зон легких между собой (верхней и нижней, верхней и средней, средней и нижней) у исследуемых обеих групп при различных положениях тела. Показатели регионарной механики дыхания в группе контроля выражались в процентах при условии, что суммарный показатель по легким составляет 100%.

В качестве фармакологической пробы больным проводилась ингаляция β_2 -адреностимулятора беротека в дозе 400 мкг (два вдоха). Через 20 минут оценивали клиническое состояние больных, динамику интегральных и регионарных механических свойств легких.

В ходе дыхательных движений изменения транспульмонального давления опережают изменения легочного объема. Сдвиг фаз между этими процессами называется легочным гистерезисом, который графически изображается в виде дыхательной петли, отражающей затрату работы дыхания по преодолению общего неэластического сопротивления легких. При обнаружении опережения изменения легочного объема над изменением транспульмонального давления в какой-либо зоне легкого, мы считали такую дыхательную петлю отрицательной или извращенной [Тетенев Ф.Ф., 1981], что расценивали как проявление регионарной механической активности легких. В случае извращения дыхательной петли, когда легкие не выполняют работы по преодолению общего внутрилегочного сопротивления, показатели ЭРД_р, НРД_р, ОРД_р, ЭРД_р/ОРД_р, НРД_р/ОРД_р приравнивались к нулю.

Клинические группы

Группу контроля составляли практически здоровые лица (30 человек) мужского пола, средний возраст $19,78 \pm 1,35$ лет, отсутствие в этой группе хронических заболеваний бронхолегочной и сердечно-сосудистой систем основывалось на тщательном сборе анамнеза, физическом и параклинических методах исследования.

Основную группу составляли пациенты ХОБЛ (31 человек) I-II стадии, в фазе обострения, с длительностью заболевания от 7 до 20 лет, средний возраст $43,93 \pm 3,03$ года, 25 мужчин и 6 женщин. Диагноз ХОБЛ, стадия и фаза заболевания устанавливались на основании общепринятой классификации критериев [Чучалин А.Г., 2005; GOLD, 2006]. У всех пациентов проводился подробный сбор анамнеза и тщательное физическое обследование. Параклинические методы обследования соответствовали медико-экономическим стандартам для ХОБЛ.

Методы исследования

Показатели вентиляции легких изучались на базе отделения функциональной диагностики клиник СибГМУ с помощью прибора MASTERLAB Pro "ERICH JAEGER" (Германия). Исследование проводилось утром натощак в условиях относительного покоя в ортостатическом положении больного. За 12 часов до исследования пациенты прекращали прием бронхоактивных препаратов. Методами спирографии и пневмотахографии определяли следующие вентиляционные показатели: спирографически проводилась запись частоты дыхания, ДО, МОД, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, МВЛ и ОФВ₁. Пневмотахография включала запись кривых поток-объем выдоха с расчетом ПОС, МОС₂₅, МОС₅₀, и МОС₇₅. С помощью плетизмографии определяли внутригрудной объем газа на уровне функциональной ООЛ и общее легочное сопротивление. Имея показатели внутригрудного объема газа, резервного объема выдоха, ЖЕЛ вычисляли ООЛ и ОЕЛ, процентное отношение ООЛ к ОЕЛ. Все указанные показатели выражали в процентах к должным величинам.

Нарушение вентиляционной функции легких оценивалось по отношению ЖЕЛ, ОФВ₁ к должным величинам. Если эти соотношения составляли 85% и более, то данные показатели рассматривались как нормальные. Снижение ЖЕЛ, ОФВ₁ более чем на 15% по отношению к должной величине считали патологическим. Степени снижения вентиляционных показателей определяли следующим образом: I степень – уменьшение на 16 – 35%, II степень – на 36 – 55%, III степень – более чем на 55% от должной величины. Изолированное снижение ОФВ₁ расценивали как обструктивный тип вентиляционных нарушений, соответственно I, II, III степени. Параллельное снижение ЖЕЛ расценивали как рестриктивный тип вентиляционных нарушений. Смешанным типом вентиляционных нарушений считали случаи, когда наблюдалось преимущественное снижение МВЛ, ОФВ₁ по сравнению с ЖЕЛ [Тетенев Ф.Ф, Бодрова Т.Н., Тетенев К.Ф. и др., 2004].

Показатели интегральной механики дыхания изучали с помощью одновременной регистрации спирограммы, пневмотахограммы и транспульмонального давления [Комро Д., Форстер Р., Дюбуа А. и др., 1961; Гриппи М. А., 2000] Давление в пищеводе определяли с помощью специального зонда, введенного в нижнюю треть пищевода через нижний носовой ход. Разницу внутрипищеводного давления и давления в ротовой полости определяли с помощью дифференцированного датчика давления ПДП 1000 МД.

Пневмотахограмму регистрировали с помощью пневмотахографа с интегратором (СКГБ – Медфизприбор).

Запись кривых спирограммы, пневмотахограммы, транспульмонального давления и расчет показателей механики дыхания производили с помощью специальной, созданной и запатентованной нами компьютерной программы. По величине площади дыхательной петли рассчитывали ОРД и ее фракции – ЭРД, НРДвд, НРДвыд, отношение ЭРД/ОРД и НРД/ОРД выраженное в процентах. Получали величины УРД, для оценки эластических свойств легких рассчитывали Сдин. ОНСвд и ОНСвыд определяли отношением наибольшего значения неэластического компонента транспульмонального давления к средней скорости воздушного потока на вдохе и выдохе соответственно [Зябрев Ю.П., 1980]. Все показатели механики дыхания исследовали в ортостатическом и клиностатическом положении тела. Кроме того, пациенты ХОБЛ обследовались до и после ингаляции беротека.

Показатели регионарной механики дыхания определяли посредством одновременной регистрации зональных реограмм вентиляции методом Е.А. Фринермана [Жуковский Л.И., Фринерман Е.А., 1975] и транспульмонального давления. Регистрацию реограмм вентиляции осуществляли с помощью реографа РПГ4-01. Для этого на грудную клетку пациента в симметричных участках справа и слева в верхних, средних и нижних отделах легких накладывали прямоугольные электроды, которые фиксировались с помощью специальных ремней. Дыхание пациента осуществлялось через загубник пневмотахографа. Одновременно регистрировались реограммы с двух симметричных зон обеих легких, синхронно с транспульмональным давлением, спирограммой и пневмотахограммой. Запись реограмм вентиляции, плеврального давления, спирограммы и пневмотахограммы осуществлялась при спокойном дыхании пациента в течение 2 минут в режиме: реограммы вентиляции – калибровочный сигнал 0,25 см равен 0,1 Ом, плевральное давление – 0,1 см равен 0,15 кПа, дыхательный объем – 1,2 см равен 1 л, скорость движения бумаги 10 мм/сек.

Графическую регистрацию и обработку результатов исследования осуществляли с помощью созданной нами и запатентованной компьютерной программы. Производили построение регионарных дыхательных петель по транспульмональному давлению и зональным реограммам. При этом регионарные реограммы рассматривали как регионарные спирограммы. Далее, рассчитывали основные показатели регионарной вентиляции и механики дыхания: DO_p , MOB_p , OPD_p , EPD_p , $HPDвд_p$, $HPDвыд_p$, EPD_p/OPD_p и HPD_p/OPD_p , выраженные в процентах. Кроме того рассчитывали величины $Sдин_p$, $ОНСвд_p$ и $ОНСвыд_p$.

Статистическую обработку полученных данных проводили на персональном компьютере путем создания электронной базы данных в Microsoft Excel 2000 с использованием прикладных программных пакетов STATISTICA 6.0. FOR WINDOWS (система комплексного статистического анализа и обработки данных в среде Windows, Release 5.5. Фирма-производитель StatSoft Inc.,

1984-1996, USA). Проверку на нормальность распределения признака определяли с помощью Shapiro-Wilk's W-теста. Проводился описательный и сравнительный анализ. Описательный анализ включал определение параметров: среднее значение и ошибка среднего значения. Сравнительный анализ основывался на определении достоверности разницы показателей по t-критерию Стьюдента для параметрических и по Z - критерию для непараметрических показателей. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез в исследовании принимался равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вентиляционная функция

Основные вентиляционные показатели, легочные объемы и емкости у здоровых лиц представлены в табл. 1. Из таблицы видно, что все показатели, составляют не менее 85% от должных величин, что говорит о нормальном функциональном состоянии аппарата внешнего дыхания у данной группы обследованных. У пациентов ХОБЛ в сравнении с контрольной группой (см. табл. 1) было выявлено снижение вентиляционных показателей (ОФВ₁, ПОС, МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅) и увеличение легочных объемов и емкостей: ООЛ, ООЛ/ОЕЛ, что связано с развитием эмфиземы у данной группы больных, это подтверждалось рентгенологически. Таким образом, исследование вентиляционной функции легких у пациентов ХОБЛ выявило характерные нарушения, которые являются общеизвестными при данной патологии [GOLD, 2006].

Таблица 1

Показатели вентиляции у здоровых (1) лиц и пациентов ХОБЛ (2) в ортостатическом положении в процентах от должных величин, $M \pm m$

Показатели	Здоровые лица (1), n=30	Больные ХОБЛ (2), n=31	p 1-2
МОД, %	97,707±3,473	98,860±5,586	—
ЖЕЛ, %	115,536±2,916	99,860±7,492	—
ФЖЕЛ, %	114,564±2,873	96,200±8,278	—
ОФВ ₁ , %	115,814±2,329	57,660±12,140	0,008
ПОС, %	120,807±4,184	76,310±10,661	0,002
МОС ₂₅ , %	165,807±63,803	40,460±9,337	0,0003
МОС ₅₀ , %	95,864±7,005	27,910±7,003	0,00005
МОС ₇₅ , %	88,950±6,822	24,060±3,347	0,00004
ОЕЛ, %	115,907±3,167	120,710±4,841	—
ООЛ, %	115,221±6,087	175,580±20,014	0,005
ООЛ/ОЕЛ, %	95,379±3,288	139,960±14,405	0,002

Механика дыхания у здоровых лиц

Показатели интегральной механики дыхания легких общепринято исследуются в ортостатическом положении. Однако метод зональной реографии в классическом варианте используется в клиностатическом положении тела, с целью максимального устранения артефактов, возникающих во время

регистрации спирограмм [Жуковский Л.И., 1977]. Необходимость сопоставления результатов исследования интегральной и регионарной механики дыхания привела к попытке изучения как интегральной, так и регионарной механики при различных положениях тела исследуемых.

Интегральная механика дыхания.

Показатели интегральной механики дыхания у здоровых лиц в ортостатическом положении тела соответствовали данным литературы. В клиностатическом положении тела, по сравнению с ортостатическим, было выявлено достоверное увеличение ОНСвд с $2,546 \pm 0,262$ см.вод.ст./л/с до $3,895 \pm 0,502$ см.вод.ст./л/с ($p=0,022$), что связано с воздействием вентро-дорзального градиента плеврального давления, и УРД с $0,014 \pm 0,001$ кг·м/л до $0,019 \pm 0,002$ кг·м/л ($p=0,022$). Сдин была меньше – $0,205 \pm 0,017$ л/см.вод.ст. по сравнению с ортостатическим положением – $0,311 \pm 0,020$ л/см.вод.ст ($p=0,001$). Таким образом при переходе из ортостатического положения тела в клиностатическое у здоровых лиц имело место увеличение ОНСвд, УРД и снижение Сдин, что можно объяснить увеличением кровенаполнения легких в горизонтальном положении. Несмотря на увеличение ОНСвд, повышения ОРД не было обнаружено, что можно расценивать как действие источника поддержания механического гомеостаза легких.

Регионарная механика дыхания.

В ортостатическом положении тела в нижней зоне правого легкого по сравнению с верхней были больше следующие показатели: ОРД_р на 22,66% ($p=0,00007$), ЭРД_р на 18,93% ($p=0,00001$), НРДвд_р на 27,38% ($p=0,00009$), НРДвыд_р на 23,72% ($p=0,00009$), НРД_р на 26,29% ($p=0,00005$), НРД_р/ОРД_р на 11,33% ($p=0,009$), Сдин_р на 21,6% ($p=0,000009$), а меньшее значение имело отношение ЭРД_р/ОРД_р на 4,88% ($p=0,007$). В нижней зоне левого легкого по сравнению с верхней были больше следующие показатели: ОРД_р на 9,85% ($p=0,007$), ЭРД_р на 6,19% ($p=0,016$), НРДвд_р на 13,92% ($p=0,012$), НРД_р на 11,32% ($p=0,033$), Сдин_р на 10,69% ($p=0,0005$), а меньшее значение имело отношение ЭРД_р/ОРД_р на 6,31% ($p=0,008$) и ОНСвд_р на 11,01% ($p=0,003$).

При сравнении механических свойств легких в средней и верхней зоне правого легкого было выявлено, что Сдин_р была больше на 6,2% в средней зоне ($p=0,012$), а ЭРД_р/ОРД_р – меньше на 5,1% ($p=0,024$).

При сравнении механических свойств легких в средней и верхней зоне левого легкого, статистически значимых различий обнаружено не было.

В нижней зоне правого легкого, в отличие от средней, большие значения имели следующие показатели: ОРД_р на 22,1% ($p=0,00002$), ЭРД_р на 18,7% ($p=0,0001$), НРДвд_р на 24,2% ($p=0,0003$), НРДвыд_р на 21,74% ($p=0,0005$), НРД_р на 24,1% ($p=0,0001$), НРД_р/ОРД_р на 11,6% ($p=0,008$), Сдин_р на 15,4% ($p=0,0003$). В нижней зоне левого легкого, в отличие от средней, большие значения имели показатели: ДО_р и МОВ_р на 9,9% ($p=0,0005$), ОРД_р на 13,7% ($p=0,0002$), ЭРД_р на 9,3% ($p=0,001$), НРДвд_р на 15,3% ($p=0,004$), НРДвыд_р на 10,8% ($p=0,04$), НРД_р на 14,4% ($p=0,004$), Сдин_р на 9,1% ($p=0,001$).

Таким образом, при сравнительном изучении регионарных показателей механики дыхания в контрольной группе верхней и нижней зоны, верхней и средней, средней и нижней зоны легких в ортостатическом положении тела, было выявлено: увеличение ОРД_р, НРДвд_р, НРДвыд_р, НРД_р, НРД_р/ОРД_р, Сдин_р, и снижение ЭРД_р/ОРД_р, в апикально-базальном направлении как правого, так и левого легкого. То есть исследования показали сбалансированность структуры легочного гистерезиса по регионам у здоровых лиц по направлению сверху вниз, что характеризует регионарный механический гомеостазис легких.

Клиностатическое положение тела. Справа в нижней зоне по сравнению с верхней ОРД_р была больше на 23,4% (p=0,00008), ЭРД_р на 20,7% (p=0,0001), НРДвд_р на 21,9% (0,003), НРДвыд_р на 22,3% (p=0,004), НРД_р на 25,4% (p=0,0003), НРД_р/ОРД_р на 7,1% (p=0,018), Сдин_р на 23,8% (p=0,00002). Отношение ЭРД_р/ОРД_р в нижних отделах было меньше на 3,3% по сравнению с верхними (p=0,011), ОНСвд_р на 14,4% (p=0,00006). Имели место меньшие значения ОНСвыд_р в нижней зоне правого легкого на 19,3% (p=0,00003) по сравнению с верхней, что не было обнаружено в ортостатическом положении тела. Это можно объяснить увеличением бронхиального сопротивления легких за счет уменьшения просвета бронхов под влиянием дорзо-вентрального градиента плеврального давления и увеличением тканевого трения за счет повышенного кровенаполнения легких в клиностатическом положении тела.

В средней зоне правого легкого по сравнению с верхней были выявлены большие значения ЭРД_р на 2,3% (p=0,03), Сдин_р на 5,5% (p=0,001), а показатели ОНСвд_р и ОНСвыд_р имели меньшие значения в средней зоне по сравнению с верхней на 12,6% (p=0,003) и 9,6% (p=0,018) соответственно.

Показатели механики дыхания средней и нижней зоны правого легкого отличались также, как и верхней и нижней зоны этого легкого. В нижней зоне большие значения по сравнению со средней имели: ОРД_р на 21,3% (p=0,0003), ЭРД_р на 18,4% (p=0,001), НРДвд_р на 26,9% (p=0,0005), НРДвыд_р на 17,9% (p=0,007), НРД_р на 20,6% (p=0,003), Сдин_р на 18,3% (p=0,0004), а меньшие значения – ЭРД_р/ОРД_р на 3,1% (p=0,003), ОНСвд_р на 5,1% (p=0,046), ОНСвыд_р на 9,4% (p=0,0004).

Слева в нижней зоне по сравнению с верхней большие значения имели следующие параметры: НРД_р на 9,5% (p=0,016), НРД_р/ОРД_р на 8,4% (p=0,019), Сдин_р на 9,4% (p=0,0009), а меньшие – ЭРД_р/ОРД_р на 3,7% (p=0,03).

Механические свойства средней зоны левого легкого отличались от верхней только по отношению НРД_р/ОРД_р, которое в средней доле было на 8,5% больше (p=0,024), чем в верхней.

В нижней зоне левого легкого по сравнению со средней только ОНСвыд_р было меньше на 5,8% (p=0,026). Другие параметры механики дыхания не различались.

Таким образом, клиностатическом положении тела в правом легком имело место увеличение ОРД_р, НРДвд_р, НРДвыд_р, НРД_р, ЭРД, НРД_р/ОРД_р Сдин_р, и снижение ЭРД_р/ОРД_р, ОНСвд_р, ОНСвыд_р в апикально-базальном направлении. Слева, при указанных условиях, увеличивались НРД_р, НРД_р/ОРД_р, Сдин_р по

направлению сверху вниз. Выявлен факт, что в клиностабическом положении справа появляется и уменьшается в апиально-базальном направлении ОНСвд_р и ОНСвыд_р. Исследования показали, что в клиностабическом положении тела, в условиях напряжения функции аппарата внешнего дыхания, когда изменяется взаимодействие тяжести легких и его эластической тяги, увеличивается и перераспределяется легочный кровоток, у здоровых лиц в правом легком сохраняется сбалансированность структуры легочного гистерезиса по регионам, а слева имеет место нарушение этой сбалансированности, механические свойства всех зон слева выравниваются, становятся, в целом, идентичными друг другу. Почему такое явление имеет место исключительно в левом легком, объяснить сложно, вероятно, это нужно принять за норму.

При сравнении показателей регионарной механики дыхания в ортостабическом и клиностабическом положении тела соответствующих зон легких было обнаружено уменьшение значений Сдин_р в клиностабическом положении тела в верхней и средней зоне: Сдин_р в верхней зоне правого легкого в ортостабическом положении тела составляла 0,012±0,038 Ом/см.вод.ст., а в средней – 0,368±0,072 Ом/см.вод.ст. В вертикальном положении тела этот показатель был меньше – 0,119±0,033 Ом/см.вод.ст. (p=0,012) и 0,192±0,045 Ом/см.вод.ст. (p=0,024) в верхней и средней зоне соответственно. В левом легком аналогичная ситуация наблюдалась в верхней и нижней зоне. Сдин_р в верхней зоне левого легкого в орто- положении составляла 0,271±0,036 Ом/см.вод.ст., а в клиностабическом – 0,174±0,030 Ом/см.вод.ст. (p=0,027). В нижней зоне слева в вертикальном положении тела этот показатель соответствовал 1,777±0,269 Ом/см.вод.ст., а в горизонтальном – 0,343±0,071 Ом/см.вод.ст. (p=0,024). ОНСвд_р в клиностабическом положении тела было больше, чем в ортостабическом в верхней, средней зоне правого легкого и нижней зоне левого. В ортостабическом положении тела справа этот показатель в верхней зоне составлял 3,438±0,851 см.вод.ст./Ом/с, а в клиностабическом – 9,392±2,283 см.вод.ст./Ом/с (p=0,007), в средней зоне – 2,065±0,473 см.вод.ст./Ом/с и 4,827±1,053 см.вод.ст./Ом/с (p=0,046) соответственно. В нижней зоне левого легкого ОНСвд_р в клиностабическом положении было больше – 4,314±1,707 см.вод.ст./Ом/с, чем в ортостабическом – 1,554±0,355 см.вод.ст./Ом/с (p=0,038). Имело место большее ОНСвыд_р в верхней и средней зоне правого легкого и в верхней, средней, нижней зоне левого легкого в клиностабическом положении тела. В верхней зоне справа в вертикальном положении оно составляло 4,559±1,520 см.вод.ст./Ом/с, а в горизонтальном – 12,350±2,837 см.вод.ст./Ом/с (p=0,008), в средней зоне справа – 2,063±0,546 см.вод.ст./Ом/с и 7,722±1,945 см.вод.ст./Ом/с соответственно (p=0,002). Слева в верхней зоне в ортостабическом положении тела ОНСвыд_р составляло 2,756±0,480 см.вод.ст./Ом/с, а в клиностабическом – 4,593±0,609 см.вод.ст./Ом/с (p=0,026). В средней зоне слева в вертикальном положении тела ОНСвыд_р соответствовало 2,601±0,652 см.вод.ст./Ом/с, а в горизонтальном оно было больше – 5,915±0,891 см.вод.ст./Ом/с (p=0,006). В нижней зоне левого легкого соотношение этого показателя составляло 1,777±0,269 см.вод.ст./Ом/с и

4,829±1,382 см.вод.ст./Ом/с в ортостатическом и клиностатическом положении тела соответственно ($p=0,022$).

Таким образом, при переходе из ортостатического положения тела в клиностатическое в контрольной группе отмечалось снижение $S_{дин}$ в верхней и средней зоне правого легкого и верхней и нижней зоне левого. А также повышение $ОНС_{выд_p}$ во всех зонах правого и левого легкого (кроме нижней зоны справа), и увеличение $ОНС_{вд_p}$ в верхней, средней и нижней зоне справа и нижней зоне слева. То есть, в целом, регионарные изменения механических свойств легких при перемене положения тела соответствовали изменениям интегральной механики дыхания (в клиностатическом положении из интегральных показателей механики дыхания увеличивалось $ОНС_{вд}$, и снижалось $S_{дин}$). Почему повышение $ОНС_{выд_p}$, практически, во всех регионах легких не нашло отражения в интегральных показателях и не вызвало увеличение $ОРД_p$, невозможно объяснить с общепринятых позиций теории механики дыхания. Возможно, это обеспечивается регионарной механической активностью легких, которая способствует уменьшению работы дыхания, несмотря на увеличение неэластического сопротивления.

Механика дыхания у пациентов хронической обструктивной болезнью легких

Интегральная механика дыхания

В ортостатическом положении тела у пациентов ХОБЛ в сравнении с группой здоровых лиц было отмечено увеличение соответственно: $ОРД - 0,230±0,060$ кг·м/мин по сравнению с группой контроля – $0,103±0,016$ кг·м/мин ($p=0,021$); $НРД_{вд} 0,098±0,029$ кг·м/мин и $0,034±0,006$ кг·м/мин ($p=0,011$); $НРД_{выд} 0,094±0,028$ и $0,033±0,007$ кг·м/мин ($p=0,02$); $НРД - 0,192±0,057$ кг·м/мин и $0,068±0,013$ кг·м/мин ($p=0,014$); $ОНС_{выд} - 5,740±0,707$ см.вод.ст./л/с и $3,764±0,369$ см.вод.ст./л/с ($p=0,026$); $УРД - 0,024±0,004$ кг·м/л и $0,014±0,001$ кг·м/л ($p=0,029$) и уменьшение $ЭРД/ОРД$ у пациентов до $51,279±5,067\%$ по сравнению со здоровыми людьми – $62,185±3,013\%$ ($p=0,045$).

Таким образом, большинство показателей интегральной механики дыхания не отличались от литературных данных и соответствовали изменениям при обструктивной патологии легких, кроме $S_{дин}$. При нормальной ЖЕЛ и близким к норме $ОФВ_1$ в нашем исследовании $S_{дин}$ у пациентов ХОБЛ и здоровых лиц не различались, другие авторы показали снижение значений $S_{дин}$ у пациентов с нарушением бронхиальной проходимости [Niewoehner D., 1974; Тетенев, Ф.Ф., 1976]. Причиной одинаковых значений $S_{дин}$ у пациентов и здоровых лиц явилось то, что в основную группу были включены больные ХОБЛ с невыраженными изменениями функции аппарата внешнего дыхания (пациенты I и II стадией ХОБЛ с недостаточностью вентиляционной функции легких I-II степени).

В клиностатическом положении тела у пациентов ХОБЛ в сравнении с группой здоровых лиц было отмечено увеличение следующих параметров соответственно: $НРД_{выд} - 0,124±0,043$ кг·м/мин и $0,028±0,007$ кг·м/мин ($p=0,0008$), $НРД_{вд} - 0,127±0,045$ кг·м/мин и $0,038±0,006$ кг·м/мин ($p=0,046$),

НРД – $0,251 \pm 0,088$ кг·м/мин и $0,064 \pm 0,011$ кг·м/мин ($p=0,007$), НРД/ОРД – $73,797 \pm 3,557$ % и $48,816 \pm 4,986$ % ($p=0,0009$), ОНСвыд – $9,302 \pm 1,102$ см.вод.ст./л/с и $4,556 \pm 0,437$ см.вод.ст./л/с ($p=0,0003$). ЭРД/ОРД было меньше – $54,943 \pm 3,304$ % в контрольной группе по сравнению со здоровыми людьми – $71,100 \pm 3,675$ % ($p=0,004$).

Таким образом, в клиностабическом положении тела, картина механических свойств легких, практически, аналогична таковой при сравнении показателей интегральной механики дыхания у здоровых лиц и больных ХОБЛ в ортостабическом положении тела: увеличены НРДвыд, НРДвд, НРД, НРД/ОРД, ОНСвыд, снижено отношение ЭРД/ОРД. Обращает на себя внимание тот факт, что у пациентов ХОБЛ в клиностабическом положении тела не определялись большие значения ОРД, хотя при сравнении этих групп в ортостабическом положении тела ОРД у пациентов было больше. Это сложно объяснить с позиций классической теории механики дыхания.

При переходе из ортостабического положения тела в клиностабическое у пациентов ХОБЛ повышается ОНСвыд с $5,740 \pm 0,707$ см.вод.ст./л/с до $9,302 \pm 1,102$ см.вод.ст./л/с ($p=0,0012$) и уменьшается Сдин с $0,292 \pm 0,036$ л/см.вод.ст до $0,177 \pm 0,020$ см.вод.ст./л/с ($p=0,01$). Снижение Сдин при переходе из вертикального положения в горизонтальное можно объяснить повышением тканевого трения за счет перераспределения кровотока в клиностабическом положении тела.

Таким образом было обнаружено снижение Сдин и повышение ОНСвыд в положении лежа. Полученные данные, в целом, соответствовали литературным [Левченко А.В., 1994; Eves N.D., 2006]. Однако, результаты исследования свидетельствуют, что у пациентов ХОБЛ прослеживается действие источника поддержания механического гомеостаза легких, это выражается в том, что при переходе из ортостабического положения в клиностабическое у обследуемых не отмечается увеличения ОРД, несмотря на повышение значений ОНСвыд.

Регионарная механика дыхания

В ортостабическом положении тела при сравнении механических свойств верхней и нижней зоны правого легкого было выявлено, что в нижней зоне по сравнению с верхней большие значения имели показатели соответственно: НРДвыд_р – $9,977 \pm 2,989$ Ом·м/мин и $2,628 \pm 0,947$ Ом·м/мин ($p=0,017$), НРД_р – $20,746 \pm 6,535$ Ом·м/мин и $5,629 \pm 1,752$ Ом·м/мин ($p=0,035$), НРД_р/ОРД_р $72,192 \pm 6,916$ % и $41,799 \pm 9,428$ % ($p=0,024$).

В средней зоне, по сравнению с верхней были больше показатели соответственно: НРДвыд_р – $7,065 \pm 1,548$ Ом·м /мин и $2,628 \pm 0,947$ Ом·м /мин ($p=0,024$), НРДвд_р – $7,721 \pm 1,548$ кг·м/мин и $3,046 \pm 0,894$ Ом·м/мин ($p=0,035$), НРД_р – $14,786 \pm 3,335$ Ом·м/мин и $5,629 \pm 1,752$ Ом·м/мин ($p=0,039$). Средняя и нижняя зоны правого легкого не различались. Также не было обнаружено различий между зонами левого легкого.

Таким образом в ортостабическом положении тела у пациентов ХОБЛ было выявлено увеличение только НРДвыд_р, НРД_р, НРД_р/ОРД_р по направлению

сверху вниз в правом легком, а в левом – верхняя, средняя и нижняя зоны по своим механическим свойствам не различались. То есть при ХОБЛ обнаруживалось выравнивание механических различий легких по зонам. Это проявлялось тем, что отсутствовала четкая апикально-базальная ориентация большинства показателей, можно сказать, различные зоны легких у данной группы исследуемых мало отличались друг от друга.

В клиностатическом положении тела справа в нижней зоне, по сравнению с верхней имели большие значения следующие параметры соответственно: $HRD_{вд_p}$ – $36,798 \pm 10,488$ Ом·м/мин и $12,427 \pm 3,785$ Ом·м/мин ($p=0,031$), HRD_p/ORD_p – $66,078 \pm 5,988$ % и $47,196 \pm 5,819$ % ($p=0,027$). В отличие от ортостатического положения, в клиностатическом было обнаружено значимое различие нижней и верхней зоны по показателю $HRD_{вд_p}$ (в ортостатическом положении – это $HRD_{вд_p}$). В нижней зоне он составлял – $19,731 \pm 6,172$ Ом·м/мин ($p=0,015$), а в верхней $5,565 \pm 2,153$ Ом·м/мин.

Средняя зона правого легкого по механическим характеристикам отличалась от верхней только по показателям HRD_p/ORD_p и $ЭRD_p/ORD_p$. HRD_p/ORD_p в средней зоне было больше – $63,844 \pm 4,830$ %, чем в верхней – $47,196 \pm 5,819$ % ($p=0,035$), а $ЭRD_p/ORD_p$ – меньше – $63,913 \pm 4,218$ и $80,355 \pm 5,501$ % ($p=0,022$) соответственно.

Средняя и нижняя зоны справа по механическим параметрам были идентичны друг другу.

Слева, также как и справа, верхняя и нижняя зоны различались только в отношении показателя HRD_p/ORD_p . В нижней зоне HRD_p/ORD_p составлял $72,829 \pm 6,426$ %, что было больше, чем в верхних отделах – $52,547 \pm 7,940$ % ($p=0,048$).

Механические свойства верхней и средней зоны, средней и нижней зоны левого легкого не отличались.

Таким образом, в клиностатическом положении тела в верхней зоне правого легкого, по сравнению с нижней, были меньше значения $HRD_{вд_p}$, HRD_p , HRD_p/ORD_p , в верхней зоне по сравнению со средней - снижено отношение HRD_p/ORD_p и повышено $ЭRD_p/ORD_p$, а средняя и нижняя зоны идентичны по своим характеристикам. В левом легком различались только верхняя и нижняя зоны по одному показателю – HRD_p/ORD_p , значения которого были выше в нижней зоне, а верхняя и средняя, средняя и нижняя зоны по своим механическим свойствам не различались. То есть, мы вновь получили определенное выравнивание механических свойств во всех зонах легких пациентов, что противоречит общепринятому представлению о механической неравномерности легких, усугубляющуюся действием патологических факторов.

В сравнении со здоровыми людьми в ортостатическом положении тела верхние зоны легких пациентов ХОБЛ не отличались. В средней зоне правого легкого у больных было увеличено ORD_p до $20,720 \pm 4,204$ Ом·м/мин (у здоровых лиц – $6,963 \pm 1,598$ Ом·м /мин) ($p=0,004$), $ЭRD_p$ – до $12,065 \pm 2,663$ Ом·м/мин, а в группе здоровых лиц – $5,122 \pm 0,876$ Ом·м/мин ($p=0,028$), $HRD_{вд_p}$ как один из

показателей обструктивных нарушений был увеличен до $7,065 \pm 1,548$ Ом·м/мин (у здоровых лиц – $1,684 \pm 0,599$ Ом·м/мин) ($p=0,003$), НРДвд_p – до $7,721 \pm 1,548$ Ом·м/мин по сравнению с контрольной группой – $2,041 \pm 0,688$ Ом·м/мин ($p=0,003$), НРД_p – $14,786 \pm 3,335$ Ом·м/мин (у здоровых – $3,724 \pm 1,268$ Ом·м/мин) ($p=0,004$), НРД_p/ОРД_p – до $65,600 \pm 7,267\%$ (у здоровых лиц – $31,840 \pm 7,950\%$) ($p=0,008$), ОНСвыд_p – до $11,002 \pm 4,023$ см.вод.ст./Ом/с (у здоровых лиц – $2,063 \pm 0,546$) ($p=0,011$).

Нижние зоны справа различались только по показателям ДО_p и ОНСвыд_p. У пациентов ХОБЛ наблюдалось снижение ДО_p до $0,837 \pm 0,257$ Ом, в то время как у здоровых лиц он составлял – $1,217 \pm 0,061$ Ом ($p=0,046$). За счет низких значений ДО, у пациентов в этой зоне уменьшался МОВ_p, он составлял $8,872 \pm 1,842$ Ом/мин, в то время как у здоровых лиц – $11,729 \pm 1,078$ Ом/мин ($p=0,047$). ОНСвыд_p было больше у больных – $9,996 \pm 3,253$ см.вод.ст./Ом/с, чем в группе контроля – $2,056 \pm 0,556$ см.вод.ст./Ом/с ($p=0,013$).

Также, как и справа, верхние зоны левого легкого между группами не различались. В средней зоне у пациентов ХОБЛ, в сравнении со здоровыми людьми были увеличены соответственно: МОВ_p – $9,398 \pm 0,991$ Ом/мин и $6,320 \pm 0,850$ Ом/мин ($p=0,028$), ОРД_p – $25,023 \pm 6,168$ Ом·м/мин и $7,799 \pm 2,035$ Ом·м/мин ($p=0,008$), НРДвыд_p – $9,604 \pm 2,769$ Ом·м/мин и $1,876 \pm 0,594$ Ом·м/мин ($p=0,002$), НРДвд_p – $10,621 \pm 3,192$ Ом·м/мин и $2,536 \pm 0,906$ Ом·м/мин ($p=0,014$), НРД_p – $20,223 \pm 5,922$ Ом·м/мин и $4,399 \pm 1,471$ Ом·м/мин ($p=0,007$), НРД_p/ОРД_p – $68,092 \pm 9,017\%$ и $35,613 \pm 7,865\%$ ($p=0,011$), ОНСвыд_p – $6,361 \pm 1,761$ см.вод.ст./Ом/с и $2,601 \pm 0,652$ ($p=0,020$).

В нижней зоне левого легкого, также, как и справа, у пациентов имело место снижение ДО_p до $0,525 \pm 0,114$ Ом по сравнению со здоровыми людьми – $0,846 \pm 0,070$ Ом ($p=0,008$) и МОВ_p до $8,872 \pm 1,842$ Ом/мин и $11,729 \pm 1,078$ Ом/мин соответственно ($p=0,047$).

Таким образом, при сравнении регионарных показателей механики дыхания соответствующих зон легких у пациентов ХОБЛ и здоровых лиц в ортостатическом положении, было обнаружено, что верхние зоны обоих легких не отличаются по своим механическим свойствам. Основные различия имеют место в средней зоне легких. Как слева, так и справа в средней зоне пациентов основной группы, по сравнению с группой контроля были обнаружены изменения следующих показателей: увеличение ОРД_p, НРД_p, НРДвд_p, НРДвыд_p, НРД_p/ОРД_p, ОНСвыд_p, что характеризует обструктивные нарушения у пациентов ХОБЛ. Нижние зоны легких пациентов основной группы отличались малым ДО_p, что отражает уменьшение дыхательной поверхности легкого за счет пневмосклероза, эмфиземы, ограничения экскурсии диафрагмы и объема вентиляции нижних отделов легких. Кроме того, в нижней зоне справа в контрольной группе повышается ОНСвыд_p, а слева, очевидно, за счет снижения ДО_p, снижается МОВ_p. Исследования показали, что основные различия в механических свойствах легких контрольной и основной группы в ортостатическом положении тела имеют место в средней зоне легких. Вероятно,

это говорит о наибольшей выраженности патологического процесса именно в этом регионе.

В сравнении со здоровыми людьми в клиностабическом положении тела в верхней зоне правого легкого в основной группе НРДвд_р была больше (5,565±2,153 Ом·м/мин), чем группе контроля – 0,814±0,176 Ом·м/мин (p=0,005). За счет этого НРД_р увеличивалась до 12,427±3,785 Ом·м/мин (у здоровых лиц – 2,047±0,481 Ом·м/мин (p=0,031) и ОРД_р до 23,768±6,158 Ом·м/мин, (у здоровых – 6,067±1,047 Ом·м/мин) (p=0,034). ОРД_р была высокой еще и за счет эластической фракции: ЭРД_р составляла 17,947±4,579 Ом·м/мин, что было больше, чем в группе контроля – 5,400±1,081 Ом·м/мин (p=0,038).

В средней зоне у лиц основной группы, по сравнению с контрольной группой имело место увеличение: МОВ_р 10,651± 2,477 Ом/мин и 4,915± 0,0487 Ом/мин соответственно (p=0,022), ОРД_р 37,921±11,426 Ом·м/мин, и 7,305±0,986 Ом·м/мин (p=0,002), ЭРД_р повышалось до 23,464±7,041 Ом·м/мин, (у здоровых – 6,128±0,721 Ом·м/мин) (p=0,014). Это можно объяснить увеличением кровенаполнения легких в горизонтальном положении. НРД_р в основной группе была значительно больше – 24,050±6,849 Ом·м/мин, чем в контрольной – 3,121±0,807 Ом·м/мин (p=0,0004) за счет НРДвд_р – 10,228±2,488 Ом·м/мин и 2,179±0,532 Ом·м/мин (p=0,004) и НРДвд_р – 13,822±4,428 Ом·м/мин и 1,188±0,313 Ом·м/мин (p=0,0007) у здоровых и больных соответственно. Значительное повышение НРД_р привело к увеличению ее процентной доли в структуре общей работы дыхания: НРД_р/ОРД_р у больных ХОБЛ и здоровых лиц: 63,844±4,830% и 39,594±7,102% соответственно (p=0,02). В связи с этим было снижено ЭРД_р/ОРД_р – у пациентов оно составляло 63,913±4,218%, а у здоровых лиц – 89,513±6,615% (p=0,003).

В нижней зоне правого легкого в основной группе было обнаружено увеличение ОНСвд_р – 8,860±2,479 см.вод.ст./Ом/с (у здоровых лиц – 4,630±1,984 см.вод.ст./Ом/с) (p=0,025). Это способствовало росту НРДвд_р до 17,059±4,353 см.вод.ст./Ом/с, в то время как в группе здоровых лиц она была меньше – 5,400±1,068 (p=0,028), в связи с чем НРД_р у пациентов была больше – 36,789±10,488 Ом·м/мин, чем у здоровых лиц – 12,0,85±2,695 Ом·м/мин (p=0,046). НРД_р/ОРД_р также было больше – 66,078±5,988%, чем у здоровых лиц – 49,398±5,639% (p=0,016).

Слева в верхней зоне у пациентов основной группы было повышено НРД_р – 10,267±2,218 Ом·м/мин (у здоровых людей – 4,927±1,685 Ом·м/мин) (p=0,03) в результате увеличения ОНСвд_р до – 12,168±2,303 см.вод.ст./Ом/с (в группе контроля – 4,593±0,609 см.вод.ст./Ом/с) (p=0,003), за счет чего снижалось ЭРД_р/ОРД_р до 72,513±6,854 %, (у здоровых – 89,739±6,411 %) (p=0,038).

В средней зоне левого легкого у пациентов основной группы, по сравнению с группой здоровых лиц было определено увеличение НРДвд_р – 12,414±3,890 Ом·м/мин и 2,576±1,685 (p=0,022) Ом·м/мин и НРД_р – 21,862±6,367 Ом·м/мин и 5,852±1,538 Ом·м/мин (p=0,038) соответственно, в связи с чем НРД_р/ОРД_р повышалось до 65,438±5,076% (у здоровых лиц –

47,200±5,543%) ($p=0,034$), а ЭРД_p/ ОРД_p снижалось до 61,634±4,847%, по сравнению с группой контроля – 80,638±6,281% ($p=0,02$).

При изучении механических свойств нижних зон левого легкого было выявлено, что у пациентов основной группы наблюдались большие значения по показателям: НРДвыд_p – 13,893±4,355 Ом·м/мин и 3,868±0,806 Ом·м/мин соответственно ($p=0,046$); НРД_p/ОРД_p – 72,829±6,426% и 51,159±5,970% ($p=0,01$); ОНСвыд_p – 14,202±4,331 см.вод.ст./Ом/с и 4,829±1,382 см.вод.ст./Ом/с ($p=0,004$) и ОНСвд_p – 8,109±1,564 см.вод.ст./Ом/с и 3,872±0,902 см.вод.ст./Ом/с соответственно ($p=0,028$). По сравнению с контрольной группой, у пациентов ХОБЛ имело место снижение Сдин_p – 0,159±0,031 Ом/см.вод.ст. и 0,343±0,071 Ом/см.вод.ст. ($p=0,004$) и ЭРД_p/ ОРД_p – 55,751±4,862% и 72,847±5,469% соответственно ($p=0,0034$).

Таким образом было выявлено, что в клиностатическом положении тела механические свойства легких больных ХОБЛ значительно отличаются от таковых здоровых лиц, что касается всех зон легких. Однако, большие изменения наблюдались в зонах правого легкого. Так, в верхней зоне справа у пациентов основной группы были увеличены ОРД_p, НРД_p, НРДвыд_p, ЭРД_p. В средней зоне у больных, по сравнению со здоровыми лицами, были изменены следующие показатели: увеличены МОВ_p, ОРД_p, ЭРД_p, НРДвд_p, НРДвыд_p, НРД_p, НРД_p/ОРД_p; уменьшено отношение ЭРД_p/ОРД_p. А в нижней зоне пациентов основной группы было обнаружено увеличение ОНСвыд_p, НРДвыд_p, НРД_p, НРД_p/ОРД_p.

В левом легком зоны отличались в меньшей степени. В верхней зоне было увеличено ОНСвыд_p, НРД_p и уменьшено отношение ЭРД_p/ОРД_p. В средней зоне имело место увеличение НРДвд_p, НРД_p, НРД_p/ОРД_p и уменьшение ЭРД_p/ОРД_p. А нижняя зона больных, по сравнению со здоровыми лицами, отличалась по следующим показателям: были увеличены НРДвыд_p, НРД_p/ОРД_p ОНСвд_p, ОНСвыд_p; уменьшены ЭРД_p/ОРД_p и Сдин_p.

Исследование показало, что в клиностатическом положении тела механические свойства легких пациентов основной группы в большей степени отличаются от таковых в группе контроля. Очевидно, это связано с тем, что в горизонтальном положении, по сравнению с вертикальным, возникают иные условия гравитации. При этом действие вертикального градиента внутриплеврального давления ослабевает и, кроме того, возникает дополнительный вентро-дорзальный градиент, изменяются условия взаимодействия векторов силы тяжести легких и его эластической тяги, направленной к корню легкого, увеличивается и более равномерно распределяется перфузия легких, это способствует увеличению нагрузки на аппарат внешнего дыхания, что имеет значение для больных ХОБЛ, поэтому различия в показателях механики дыхания у больных и здоровых лиц присутствуют в клиностатическом положении во всех зонах легких.

Механика дыхания после ингаляции беротека *Интегральная механика дыхания*

В ортостатическом положении тела. После ингаляции беротека показатели интегральной механики дыхания пациентов ХОБЛ не отличались от таковых в контрольной группе. Таким образом, было установлено, что применение агониста β_2 -адренорецепторов – беротека положительно влияет на показатели интегральной механики дыхания у пациентов ХОБЛ. Такой выраженный положительный эффект у данных больных, очевидно, связан с тем, что в основную группу изначально были включены пациенты с невыраженными изменениями (I и II стадии обструктивной болезни легких) и нарушением вентиляционной функции легких I, II степени.

В клиностатическом положении тела. У пациентов, по сравнению со здоровыми людьми, имело место увеличение следующих показателей соответственно: НРДвыд – $0,090 \pm 0,030$ кг·м/мин и $0,028 \pm 0,007$ кг·м/мин ($p=0,003$), НРД – $0,170 \pm 0,054$ кг·м/мин и $0,064 \pm 0,011$ кг·м/мин ($p=0,021$), НРД/ОРД – $67,411 \pm 3,807\%$ и $48,816 \pm 4,986\%$, ОНСвыд – $7,588 \pm 1,044$ см.вод.ст./л/с и $4,556 \pm 0,437$ см.вод.ст./л/с ($p=0,046$). ЭРД/ОРД снижалось до $60,448 \pm 2,928\%$ (у здоровых лиц – $71,100 \pm 3,675\%$) ($p=0,034$).

Исследование показало, что пациентов ХОБЛ после ингаляции бронхолитика в горизонтальном положении тела интегральная механика дыхания отличалась от группы контроля по следующим параметрам: увеличивалось НРДвыд, НРД, НРД/ОРД, ОНСвыд, уменьшалось отношение ЭРД/ОРД. Таким образом, было выявлено, что механические свойства легких пациентов основной группы после ингаляции беротека в клиностатическом положении тела отличаются от контрольной, практически также, как и до ингаляции. То есть, в клиностатическом положении тела в условиях напряжения функции аппарата внешнего дыхания положительное влияние беротека на показатели механики дыхания нивелируется.

Регионарная механика дыхания

В ортостатическом положении тела в сравнении со здоровыми людьми. После ингаляции беротека механические свойства легких пациентов ХОБЛ были, практически, идентичны таковым здоровых лиц. Различались только нижние зоны правого и левого легкого. В нижней зоне справа у пациентов D_{Op} был меньше – $0,706 \pm 0,193$ Ом, чем у здоровых людей – $1,217 \pm 0,061$ Ом ($p=0,011$), так же, как и слева – $0,561 \pm 0,105$ Ом и $0,846 \pm 0,070$ Ом соответственно ($p=0,010$). В результате было выявлено, что показатели регионарной механики дыхания у пациентов ХОБЛ после применения беротека в ортостатическом положении тела соответствуют таковым у здоровых лиц. Это говорит о положительном влиянии беротека на показатели регионарной механики дыхания. Аналогичную ситуацию мы наблюдали при изучении интегральной механики дыхания. То есть регионарные показатели, в целом, отражают интегральные.

В клиностатическом положении тела в сравнении со здоровыми людьми верхние зоны по механическим параметрам не различались.

В средней зоне правого легкого пациентов ХОБЛ по сравнению с группой здоровых лиц имело место увеличение следующих показателей соответственно:

МОВ_р, практически, в 2 раза – $4,915 \pm 0,487$ Ом/мин и $9,249 \pm 1,407$ Ом/мин ($p=0,025$); НРД_р – $7,195 \pm 2,777$ Ом·м/мин и $3,121 \pm 0,807$ Ом·м/мин ($p=0,0009$); НРДвыд_р – $6,336 \pm 1,241$ Ом·м/мин и $2,179 \pm 0,532$ Ом·м/мин ($p=0,003$); НРДвд_р – $6,382 \pm 1,694$ Ом·м/мин и $1,188 \pm 0,313$ Ом·м/мин ($p=0,0006$); НРД_р/ОРД_р – $62,793 \pm 3,506\%$, и $39,594 \pm 7,102\%$ ($p=0,018$); ЭРД_р – $13,257 \pm 2,676\%$ и $6,128 \pm 0,721\%$ ($p=0,014$) и ОРД_р – $19,986 \pm 4,348$ Ом·м/мин и $7,305 \pm 0,986$ Ом·м/мин ($p=0,005$). ЭРД_р/ОРД_р у пациентов уменьшилось на 19,5% по сравнению со здоровыми людьми ($p=0,018$).

В нижней зоне справа у пациентов основной группы имело место значительное снижение ДО_р до $0,567 \pm 0,104$ Ом по сравнению со здоровыми людьми – $1,152 \pm 0,200$ Ом ($p=0,02$) и Сдин_р – $0,247 \pm 0,056$ Ом/см.вод.ст. и $0,519 \pm 0,114$ Ом/см.вод.ст. соответственно ($p=0,031$).

В верхней зоне левого легкого у пациентов ЭРД_р была больше – $21,751 \pm 11,465$ Ом·м/мин, чем в контрольной группе – $8,681 \pm 1,434$ Ом·м/мин ($p=0,003$). Соотношение НРД_р/ОРД_р в группах было аналогичным: $59,418 \pm 7,060\%$ и $33,591 \pm 6,897\%$ соответственно ($p=0,011$).

В средней зоне слева у пациентов, по сравнению со здоровыми людьми были увеличены следующие показатели соответственно: НРДвыд_р – $6,645 \pm 1,407$ Ом·м/мин и $3,381 \pm 0,948$ Ом·м/мин ($p=0,004$); НРДвд_р – $8,120 \pm 3,715$ Ом·м/мин и $2,576 \pm 0,629$ Ом·м/мин ($p=0,037$); НРД_р – $14,757 \pm 3,680$ Ом·м/мин и $5,852 \pm 1,538$ кг·м/мин ($p=0,006$); НРД_р/ОРД_р – $70,054 \pm 4,680\%$ и $47,200 \pm 5,543\%$ ($p=0,007$), а ЭРД_р/ОРД_р в основной группе было ниже на 20,4%, чем в контрольной ($p=0,011$).

В нижней зоне левого легкого у пациентов ХОБЛ имело место значительное снижение ДО_р до $0,693 \pm 0,080$ по сравнению со здоровыми людьми – $0,438 \pm 0,080$ ($p=0,034$), Сдин_р – $0,194 \pm 0,045$ Ом/см.вод.ст. и $0,343 \pm 0,071$ Ом/см.вод.ст. соответственно ($p=0,042$).

Таким образом, у пациентов ХОБЛ после применения беротека в сравнении с группой здоровых лиц в клиностатическом положении тела было обнаружено, что в правом легком верхние зоны не отличались, а основные различия были выявлены в средней зоне. Здесь у пациентов имело место увеличение МОВ_р, ОРД_р, ЭРД_р, НРДвд_р, НРДвыд_р, НРД_р, НРД_р/ОРД_р и снижение отношения ЭРД_р/ОРД_р. В нижней зоне отмечалось снижение ДО_р и Сдин_р. Слева в верхней зоне у пациентов основной группы была увеличена ЭРД_р и НРД_р/ОРД_р. В средней выявлялось повышение ЭРД_р, ЭРД_р/ОРД_р, НРДвд_р, НРДвыд_р, НРД_р, НРД_р/ОРД_р. А в нижней зоне отмечалось снижение ДО_р и Сдин_р. Таким образом, механическая характеристика легких пациентов после ингаляции β₂-агониста находящихся в клиностатическом положении, практически, соответствовала таковой у пациентов до применения бронхолитика, находящихся в ортостатическом положении тела. То же самое было выявлено и при исследовании интегральной механики дыхания. Однако, пациенты после применения беротека, в том числе и в клиностатическом положении тела чувствовали себя лучше. Возможно, это означает, что препарат

воздействует не только на показатели механики дыхания, но и на что-то еще, например, психо-эмоциональное состояние больного.

Регионарные механические свойства легких пациентов ХОБЛ

В ортостатическом положении тела различия имели место только между верхней и нижней зоной правого легкого. В нижней зоне $HRD_p - 11,731 \pm 2,923$ Ом·м/мин – было больше, чем в верхней – $4,279 \pm 1,138$ Ом·м/мин ($p=0,026$) за счет ее увеличения на выдохе – $HRD_{выд_p} - 5,167 \pm 0,960$ Ом·м/мин и $1,911 \pm 0,521$ Ом·м/мин ($p=0,009$) соответственно. В остальном механические свойства зон обоих легких не различались.

В клиностатическом положении тела в верхней зоне справа $HRD_{вд_p} - 3,550 \pm 1,491$ – было меньше, чем в нижней – $6,890 \pm 1,844$ Ом·м/мин ($p=0,039$), а $ЭРД_p/ОРД_p - 104,399 \pm 22,633\%$ и $68,189 \pm 3,393\%$ соответственно ($p=0,019$).

В средней зоне, по сравнению с верхней соответственно определялись большие значения $HRD_{выд} - 7,306 \pm 2,006$ Ом·м/мин и $3,734 \pm 1,354$ Ом·м/мин ($p=0,024$), $HRD_p - 12,605 \pm 2,857$ Ом·м/мин и $7,195 \pm 2,777$ Ом·м/мин ($p=0,048$).

Таким образом, показатели регионарной механики дыхания в группе пациентов ХОБЛ в клиностатическом положении тела после применения бронхолитика в верхней и нижней зоне, верхней и средней, средней и нижней правого и левого легких, практически, не отличались. Ингаляция беротека улучшает регионарные механические свойства легких пациентов ХОБЛ, приближая их к таковым у здоровых лиц, однако, несмотря на это, у больных не обнаруживаются различия в показателях механики дыхания по регионам, как у здоровых лиц, когда имеют место четкие отличия между зонами. То есть, у пациентов как до, так и после ингаляции препарата имеет место выравнивание механических свойств легких по регионам, их идентичность друг другу во всех зонах.

Отрицательный регионарный гистерезис легких

Во время исследования регионарной механики дыхания было обнаружено парадоксальное явление, когда в какой-либо зоне легкого легочной объем изменялся раньше, чем транспульмональное давление. Это явление ранее было зарегистрировано при исследовании интегральной механики дыхания и названо в последствии отрицательным общим гистерезисом легких или извращением дыхательной петли [Тетенев Ф.Ф., 1981]. Согласно первому закону термодинамики это возможно лишь в случае действия внутрилегочного источника механической энергии, осуществляющего инспираторное и экспираторное изменение объема помимо действия сил со стороны грудной клетки и диафрагмы. В наших исследованиях извращения регионарной дыхательной петли встречались у 50% здоровых людей. У пациентов ХОБЛ отрицательный регионарный гистерезис встречался в 23,8% случаев, что в два раза меньше, чем у здоровых людей. Вероятно, большая частота встречаемости отрицательного регионарного гистерезиса у здоровых лиц говорит о больших функциональных возможностях легких, а также, что в нормальных условиях при спонтанном дыхании возможно большее или меньшее участие легких в

механике дыхания, что выражается в неравномерности механических свойств легких по регионам.

У пациентов ХОБЛ, в отличие от здоровых лиц, было выявлено выравнивание неравномерности механических характеристик легких по зонам, что отражалось в уменьшении количества встречаемости отрицательного регионарного гистерезиса у данной группы исследуемых и уменьшении механических различий между регионами легких. Вероятно, это связано с тем, что при патологии, когда увеличивается нагрузка на аппарат внешнего дыхания, степень неравномерности участия отдельных регионов в механике дыхания не увеличивается, как предполагается в литературе [Гриппи М.А., 2000], а уменьшается, что рассматривается нами как проявление механизма поддержания регионарного гомеостаза легких. Напряжение системы, поддерживающей механический гомеостазис, приводит к выравниванию механической характеристики легких по зонам, механическая неравномерность их уменьшается, соответственно уменьшается количество извращенных регионарных петель.

Подтверждением этой гипотезы является тот факт, что через 20 минут после ингаляции адекватной дозы бронхолитика (беротек) процент встречаемости феномена извращения регионарной дыхательной петли увеличился с 23,8% до 38%. Вероятно, это связано с улучшением механических характеристик легких по регионам. При использовании β_2 -агониста уменьшается нагрузка на аппарат внешнего дыхания и напряжение системы, поддерживающей механический гомеостазис, что приводит к увеличению неравномерности участия отдельных регионов в механике дыхания, соответственно, увеличивается частота встречаемости извращений дыхательных петель по зонам легких. О том же говорит факт, что в горизонтальном положении тела до применения беротека отрицательный легочный гистерезис не встречался у пациентов ХОБЛ, а после ингаляции беротека этот феномен обнаруживался в 4,8 % случаев. Значит, несмотря на кажущееся сходство регионарных механических свойств легких у пациентов ХОБЛ до применения препарата в ортостатическом положении тела и после его применения в клиностатическом положении тела, имеет место улучшение механических характеристик легких после ингаляции препарата.

Сам факт извращения дыхательной петли является признаком проявления регионарной механической активности легких. Другого объяснения этому явлению дать невозможно. Количественно степень извращения дыхательной петли в настоящей работе не рассматривалась, тем не менее, обращает на себя внимание следующий аспект: извращения интегральной дыхательной петли, в предшествующих исследованиях, отмечались лишь у единичных больных острой пневмонией, прогрессирующей мышечной дистрофией, но не обнаруживались у больных с хронической обструктивной патологией легких. Эластический гистерезис был извращен у 60% здоровых лиц, а при патологии извращения эластического гистерезиса встречались реже. Извращения эластического гистерезиса обнаруживались при прерывании воздушного

потока, то есть в нефизиологических условиях [Тетенев Ф.Ф., 1981]. При исследовании регионарной механики дыхания отмечалось извращение регионарных петель, то есть неэластического гистерезиса, что было обнаружено впервые.

ВЫВОДЫ

1. Полученные показатели интегральной механики дыхания у здоровых лиц и пациентов ХОБЛ соответствуют данным литературы.

2. У здоровых лиц имеется неравномерность механических свойств легких по регионам, заключающаяся в снижении неэластического и эластического сопротивления легких сверху вниз и сохраняющаяся в клиностатическом положении тела в правом легком и, в меньшей степени, в левом легком. Эта особенность регионарных свойств легких названа регионарным механическим гомеостазисом.

3. В клиностатическом положении тела у здоровых лиц в правом легком полностью сохраняется сбалансированность показателей регионарной механики дыхания по направлению от верхушек к основанию, а в левом наблюдается выравнивание механических свойств по регионам. При хронической обструктивной болезни легких механические характеристики различных регионов легких выравниваются, зоны легких становятся идентичными по своим механическим характеристикам, исчезает сбалансированность показателей по направлению от апикальных участков к базальным в левом легком полностью, в правом – сохраняется увеличение только неэластической работы дыхания за счет ее фракции на выдохе по направлению сверху вниз.

4. Под влиянием ингаляции беротека регионарные показатели механики дыхания у больных хронической обструктивной болезнью легких I и II стадии изменяются в направлении их нормализации только в ортостатическом положении тела. В клиностатическом положении изменения регионарных показателей механики дыхания не происходит.

5. Над верхними зонами легких у здоровых лиц и при хронической обструктивной болезни легких имеет место «избыточное» транспульмональное давление, физиологическое значение которого на данном этапе остается неизвестным.

6. У половины здоровых лиц и у трети пациентов хронической обструктивной болезнью легких обнаружен ранее неизвестный феномен отрицательного регионарного гистерезиса легких, который является проявлением регионарной механической активности легких и инструментом, поддерживающим их механический гомеостазис в норме и при патологии.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Использование, созданной нами программы по обработке результатов исследования интегральной и регионарной механики дыхания, исключает трудоемкие расчеты, делает их более точными, исключает погрешности, связанные с ручным построением дыхательных петель и планиметрическими измерениями, погрешности вычислений, а также субъективный компонент

обработки измерений. Это позволяет оптимизировать оценку состояния функции аппарата внешнего дыхания, в том числе, для ранней диагностики ее нарушений у пациентов с патологией органов дыхания.

Использование методики исследования регионарных свойств легких в ортостатическом положении тела, является актуальным для пациента, особенно при выраженной недостаточности внешнего дыхания и позволяет сопоставлять показатели регионарной и интегральной механики дыхания, которая в классическом варианте также исследуется в положении сидя.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Регионарный гистерезис легких при хроническом обструктивном бронхите / Н.В. Ардашева, **А.Ю. Кашута** // Вестник СГМУ. – 2000. – №2. – С.4-5.

2. Влияние стиля мышления на оценку результатов клинических исследований в биомеханике дыхания / **А.Ю. Кашута** // Вестник СГМУ. – 2000. – №2. – С.15-16.

3. Отношение эластической фракции работы дыхания к общей по зонам легких при хроническом обструктивном бронхите / Т.Н. Бодрова, Ф.Ф. Тетенев, А.В. Левченко, **А.Ю. Кашута** // 10 Национальный Конгресс по болезням органов дыхания. Материалы. – С-Петербург, 2000. – С.309.

4. Регионарный гистерезис легких при хроническом обструктивном бронхите / **А.Ю. Кашута**, Т.Н. Бодрова, А.В. Левченко, Ф.Ф. Тетенев // 10 Национальный Конгресс по болезням органов дыхания. Материалы. – С-Петербург, 2000. – С.310.

5. Распределение общей работы дыхания по регионам при хроническом обструктивном бронхите / Ф.Ф. Тетенев, Т.Н. Бодрова, А.В. Левченко, **А.Ю. Кашута** // 10 Национальный Конгресс по болезням органов дыхания. Материалы. – С-Петербург, 2000. – С.313.

6. Влияние стиля мышления на оценку результатов экспериментальных и клинических исследований биомеханики дыхания / Ф.Ф. Тетенев, **А.Ю. Кашута** // Сибирский медицинский журнал. – Томск, 2001. – № 3. – С. 24-25.

7. Влияние ингаляции атровента на общий и регионарный гистерезис легких при хроническом обструктивном бронхите / А.В. Левченко, **А.Ю. Кашута** // 11 Национальный Конгресс по болезням органов дыхания. Материалы. М., – 2001. – С.218.

8. Направления поиска способа измерения механической активности легких / **А.Ю. Кашута** // Сборник статей по результатам Всероссийской 61-ой итоговой научной студенческой конференции им. Н.И. Пирогова. – Томск, 2002. – С. 165-166.

9. Влияние положения тела на показатели механики дыхания у здоровых людей и больных обструктивными заболеваниями легких / А.В. Левченко, **А.Ю. Кашута**, Т.Н. Бодрова, Ф.Ф. Тетенев // Сибирский медицинский журнал. – Иркутск, 2005. – №3. – Т 52. – С. 23-27.

10. Показатели интегральной механики дыхания у здоровых лиц в ортостатическом и клиностатическом положении тела / Ф.Ф. Тетенев, Т.Н. Бодрова, А.В. Левченко, **А.Ю. Кашута**, Т.С. Агеева, В.В. Ларченко, В.Ю. Даниленко // 16 Национальный Конгресс по болезням органов дыхания. II Конгресс Евроазиатского Респираторного Общества. Материалы – С-Петербург, 2006. – С. 147.

11. Биомеханический гомеостазис аппарата внешнего дыхания у здоровых и больных с патологией легких / А.И. Карзилов, Ф.Ф. Тетенев, Т.Н. Бодрова, **А.Ю. Кашута**, В.В.Ларченко // Материалы одиннадцатой Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: экология, надежность, безопасность». – Томск, 2006. – С. 461-462.

12. Регионарный отрицательный гистерезис легких у здоровых лиц и при бронхолегочной патологии / Ф.Ф. Тетенев, А.В. Левченко, Т.С. Агеева, **А.Ю. Кашута** // Актуальные вопросы медицинского обеспечения войск, подготовки и усовершенствования военно-медицинских кадров. Выпуск X: Материалы научно-практических конференций 2006-2007 гг. – Томск, 2007. – С. 155-156.

13. Тканевое неэластическое сопротивление у больных хронической обструктивной болезнью легких при спонтанном дыхании / В.В.Ларченко, **А.Ю. Кашута**, О.В. Калинина, П.Е. Месько // Науки о человеке. Сборник статей молодых ученых и специалистов / Сибирский гос. мед. ун-т. – Томск, 2007. – С. 14-15.

14. Механика дыхания у пациентов хронической обструктивной болезнью легких до и после применения β_2 -агониста (беротек) / К.Ф. Тетенев, Т.Н. Бодрова, А.В. Левченко, Т.С. Агеева, **А.Ю. Кашута**, В.В. Ларченко, Ф.Ф. Тетенев // Вестник Российской военно-медицинской академии. Приложение 1(17) – С-Петербург, 2007. – С. 394-395.

ИЗОБРЕТЕНИЯ

1.Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007611787. Компьютерная обработка результатов исследования интегральной механики дыхания / Ф.Ф. Тетенев, О.А. Покровская, Т.Н. Бодрова, А.В. Левченко, **А.Ю. Кашута**, В.В. Ларченко, заявл. 16.03.07; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 27.04.07.

2.Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007610880. Компьютерная обработка результатов исследования регионарной механики дыхания / Ф.Ф. Тетенев, О.А. Покровская, Т.Н. Бодрова, А.В. Левченко, **А.Ю. Кашута**, В.В. Ларченко, заявл. 16.03.07; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 27.04.07.

3.Пат. № 22744117. Россия, МПК А61В 5/08. Способ определения тканевого неэластического сопротивления легких / Ф.Ф. Тетенев, Т.Н. Бодрова, А.В. Левченко, **А.Ю. Кашута**, М.В. Мальцева, В.В. Ларченко, № 2004129413/14. Заявлено 05.10.2004; опубл. 20.04.2006, Бюл. № 11. – 5 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДО	дыхательный объем
ДО _р	реографический дыхательный объем
ЖЕЛ	жизненная емкость легких
МОД	минутный объем дыхания
МОВ _р	минутный объем вентиляции
МОС _{25,50,75}	мгновенная объемная скорость на уровне 25%, 50%, 75% форсированной жизненной емкости легких выдоха
НРД	неэластическая фракция работы дыхания
НРД _р	неэластическая фракция работы дыхания (реографическая)
НРДвд	неэластическая фракция работы дыхания на вдохе
НРДвыд	неэластическая фракция работы дыхания на выдохе
НРДвд _р	неэластическая фракция работы дыхания на вдохе (реографическая)
НРДвыд _р	неэластическая фракция работы дыхания на выдохе (реографическая)
ООЛ	остаточный объем легких
ОЕЛ	остаточная емкость легких
ОНСвд	общее неэластическое сопротивление на вдохе
ОНСвыд	общее неэластическое сопротивление на выдохе
ОНСвд _р	общее неэластическое сопротивление на вдохе (реографическое)
ОНСвыд _р	общее неэластическое сопротивление на выдохе (реографическое)
ОРД	общая работа дыхания
ОРД _р	общая работа дыхания (реографическая)
ОФВ ₁	объем форсированного выдоха за 1 секунду
ПОС	пиковая объемная скорость
Сдин	динамическая растяжимость легких
Сдин _р	динамическая растяжимость легких (реографическая)
УРД	удельная работа дыхания
ФЖЕЛ	форсированная жизненная емкость легких
ХОБЛ	хроническая обструктивная болезнь легких
ЭРД	эластическая фракция работы дыхания
ЭРД _р	эластическая фракция работы дыхания (реографическая)
ЭРД/ОРД	процентное соотношение эластической фракции работы дыхания к общей работе дыхания
ЭРД _р /ОРД _р	процентное соотношение эластической фракции работы дыхания (реографической) к общей работе дыхания (реографической)
ЭРД _р	эластическая фракция работы дыхания (реографическая)