ЛИТЕРАТУРА

1. Пневмонии: сложные и нерешенные вопросы диагностики и лечения [Текст]/Ю.К.Новиков//РМЖ.-2004.-Т.12, №21.-С.1226-1232.
2. О диагнозе и современных классификациях пневмонии [Текст]/В.П.Сильвестров//Рос. мед. журнал.-2004.-№5.-С.40-43.
3. Методология изучения пневмонии (опыт двух столетий) [Текст]/Б.М.Ариэль, Ю.А.Барштейн//Пульмонология.-1991.-№1.-С.56-58.
4. Основы диагностики и частной патологии (пропедевтика) внутренних болезней [Текст]/А.Л.Мясников.-М.: Медгиз, 1951.
5. Пространственный слух [Текст]/Й.Блауэрт: пер. с нем. И.Д. Гудвица.-М.: Энергия, 1978.-222 с.
6. Новые акустические методы в диагностике заболеваний легких [Текст]/Ю.В.Кулаков, В.И.Коренбаум//Тихоокеанский мед. журнал.-2002.-№3.-С.63-64.
7. Что такое ежегодный справочник «Доказа-

тельная медицина» и как им пользоваться? [Текст]/В.В.Власов //Международн. журн. мед. практики.-2002.-№1.-С.5-7.

8. Основы цифровой обработки данных в информационно-измерительной системе SpectraLAB [Текст]/Коренбаум В.И. [и др.]/Владивосток: Дальнаука, 2003.-46 с.

9. An acoustic model of the respiratory tract [Text]/P.Harper [et al.]/IEEE transactions on biomedical engineering.-2001.-Vol.48, №5.-P.543-550.

10. Diagnosing pneumonia by physical examination: relevant or relic? [Text]/Wipf J.E. [et al.]/Arch. Intern. Med.-1999.-Vol.24.-P.1082-1097.

11. Are minidisk recorders adequate for the study of respiratory sounds? [Text]/S.S.Kraman [et al.]/Biomed. Instrum. Technol.-2002.-Vol.36.-P.177-182.

12. Respiratory sounds. Advances beyond the stethoscopes [Text]/H.Pastercamp, S.Kraman, G.Wodicka//Amer. J. Respir. Crit. Care Med.-1997.-Vol.156, №3.-P.974-987.

Поступила 18.10.2006

УДК 616.248-08:612.22

А.Г.Гребенник

**РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ
ИЗМЕНЕНИЙ РЕГИОНАРНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ЛЕГКИХ
И РЕАКТИВНОСТИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ У БОЛЬНЫХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ**

ГУ Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания СО РАМН

РЕЗЮМЕ

Представлен обзор отечественных и зарубежных литературных данных о регионарной вентиляционной функции легких и реактивности дыхательных путей у больных бронхиальной астмой. Описана роль различных методов компьютерно-томографической диагностики.

SUMMARY

A.G.Grebennik

**THE ROLE OF COMPUTED TOMOGRAPHY
IN THE DIAGNOSIS OF CHANGES IN LUNG
REGIONAL VENTILATION AND AIRWAY
REACTIVITY IN PATIENTS WITH BRONCHIAL
ASTHMA**

The paper reviews Russian and foreign literature data on regional lung ventilation function and airway reactivity in patients with bronchial asthma. The role of various computed tomography diagnostic techniques has also been described.

За последние десятилетия отмечается практически глобальный рост частоты болезней органов дыхания во всех без исключения странах мира [2]. Отягощенная наследственность, курение, а также экологические изменения, обуславливающие загрязнение воздушной среды, и "урбанизированный" образ жизни являются основными экзо- и

эндоэтиологическими факторами, способствующими развитию многих заболеваний органов дыхания. В современном обществе бронхиальная астма (БА) относится к числу наиболее распространенных заболеваний среди всех возрастных групп [2, 9]. Так среди взрослого населения БА регистрируется более чем в 5% случаев, а среди детей достигла уровня 10% [2, 12, 13]. Среди прочих хронических неспецифических заболеваний легких БА встречается в 20-46% случаев. Установлен высокий уровень заболеваемости БА и хроническим бронхитом (ХБ) на Дальнем Востоке, распространенность которых в 5 раз превышает этот показатель в других регионах страны [7]. БА у лиц, проживающих в Дальневосточном регионе, в 90% случаев носит инфекционно зависимую форму и, как правило, развитию астмы предшествует длительно текущий ХБ. Поэтому, в климато-географических условиях Приамурья клиника БА отличается более тяжелым течением и ранним развитием легочно-сердечной недостаточности [8].

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в последние годы в диагностике и лечении БА, во многих странах мира отмечается рост смертности от этого заболевания [12, 13]. Нередким явлением стали тяжелые осложнения – развитие угрожающих жизни состояний и инвалидизация [39]. Современная концепция БА исходит из постулата, что в основе ее возникновения и развития лежит

хронический воспалительный процесс в слизистой дыхательных путей. Основным методом диагностики БА в практике пульмонологов остается исследование объема форсированного выдоха за 1 секунду и его прироста после ингаляции бронхолитиков. Таким образом, диагноз БА основан на доказательстве обструкции дыхательных путей и ее обратимости под воздействием бронхорасширяющего лекарственного средства - феномен обратимой обструкции и гиперреактивности дыхательных путей. Однако в настоящее время нет четких представлений о том, можно ли на основании спирометрических показателей и особенностей клинической картины болезни прогнозировать ее дальнейшее течение. Не определена также группа пациентов с высоким риском неблагоприятного исхода астмы для проведения среди них активных мер вторичной профилактики [2]. Большинство признаков, отражающих тяжесть БА, таких как частота приступов удушья, выраженность обструктивных расстройств внешнего дыхания, результаты физического обследования, реакция на терапию и потребность в ней, не позволяют с достаточной степенью надежности выделить пациентов с дальнейшим быстро прогрессирующим течением болезни [13]. Одновременно, есть основания полагать, что причиной утяжеления БА является структурная перестройка тканевых образований стенки бронхов различного калибра, особенно на фоне длительно протекающего ХБ. Следствием таких структурных изменений бронхиального дерева является отклонение от нормы индекса вентиляция/кровоток и нарушение микроциркуляции на уровне функционирования капиллярного звена. В связи с вышеизложенным, на современном этапе существует необходимость дальнейшего изучения патогенетических механизмов формирования неблагоприятного течения БА, усовершенствования методов ее диагностики, профилактики и лечения [2].

Исследования по проблеме БА не столь многочисленны, как при некоторых других заболеваниях органов дыхания, например, пневмонии или хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ). Это связано, прежде всего, с клиническим полиморфизмом БА, а среди ее субъективных и объективных проявлений мало определенных критериев, которые можно измерить [6]. Степень тяжести заболевания также является непостоянной величиной и изменяется в зависимости от многих причин, в том числе от поведения пациента, а также от времени ответа на терапию.

Известно, что функциональные нарушения нередко являются первыми и единственными симптомами патологического состояния [1, 5]. Увидеть и проанализировать в рамках единого информационного поля рентгеноструктурную и рентгенофункциональную информацию, тем более с регистрацией локальных (регионарных) функциональных изменений и, в последующем, ретроспективно, "прицельно" оценить структурные изменения на графическом носителе - задача крайне важная и многообещающая [6]. Вся проблема стано-

вится, таким образом, комплексной: рентгеноанатомической, физиологической, клинической и одновременно рентгенофизической и рентгентехнической. Требованием времени является возможность как можно более точного изучения динамики, прежде всего, локального функционального статуса, как правило, существенно повышающего чувствительность методов интегральной оценки вентиляционной функции легких.

Среди современных методов диагностики заболеваний легких особое место приобрела компьютерная томография (КТ), чувствительность которой в выявлении структурных изменений легких достигает 90-94% [14]. Метод КТ высокого разрешения (КТВР) в исследовании структуры и функции дыхательных путей у здоровых и больных пациентов обладает огромным потенциалом, обеспеченным цифровыми данными, на которых эта методика основана. КТВР позволяет визуализировать дыхательные пути и паренхиму значительно подробнее, чем последовательная КТ или рутинная рентгенография.

Возможности для изучения структурного состояния бронхолегочного аппарата при КТ и, особенно, КТВР, практически безграничны, о чем свидетельствует многочисленность публикаций за последнее десятилетие. В отечественной и зарубежной печати публикуются работы, свидетельствующие о высокой эффективности КТ-исследования легких в выявлении и определении тяжести БА. Отмечается, что структурные изменения легочной ткани выявляются при КТ у более чем 90% пациентов с БА, показана роль КТ в исследовании пациентов с легким интермиттирующим течением БА [15], обнаружена достоверно определяемая разница ширины просвета мелких дыхательных путей у здоровых людей и пациентов с БА различной степени тяжести [26], определена связь между изменениями толщины стенок различных отделов трахеобронхиального дерева и тяжестью течения БА [27], выявлены закономерности изменений геометрии терминальных дыхательных путей у пациентов БА [30], обнаружена характерная картина патологических изменений легочной ткани при сочетании БА с различными заболеваниями [38].

Высокая диагностическая значимость КТ определяется при выявлении эмфиземы легких, показаны количественные изменения легочной структуры и функции у пациентов с эмфиземой [28], работа по изучению влияния курения табака у пациентов с эмфиземой [32] позволила выявить значительную разницу функциональных показателей курильщиков и некурящих пациентов, масштабные исследования взаимосвязи между количественными данными КТВР и бронхопульмональных функциональных тестов [40] подтвердили достоверность получаемых при КТ данных для анализа эмфиземы.

Превосходно показал себя метод КТВР в исследовании пациентов с ХОБЛ: показано проведение сравнительного анализа данных инспираторно-экспираторной КТВР и показателей тестов исследования функции внешнего дыхания у больных ХБ

и БА [10], дана физиологическая и рентгенологическая характеристика данных КТ у пациентов со впервые выявленной ХОБЛ [33], проведены измерения толщины стенок дыхательных путей и уменьшения дыхательной функции легких при проведении тонкосекционной КТВР у пациентов с ХОБЛ [34], что дает возможность эффективного применения КТВР для улучшения понимания функциональных и структурных изменений при ХОБЛ [36].

Показана роль КТ в определении альвеолярного наполнения в фазу максимального выдоха при остром респираторном дистресс-синдроме [29]. С помощью КТВР изучались интерстициальные легочные заболевания [4, 24], дана их характеристика при использовании денситометрического и планиметрического анализа КТ-картины легочной структуры в сравнении с показателями функциональными показателями легких. При исследовании роли КТ в диагностике бронхоэктазов [35] показана тесная корреляция между клиническими и функциональными показателями. Исследования в области изучения кистозной гипоплазии при проведении спирометрически-индуцированной КТВР [37] позволили определить параметры КТ-картины и выявить выраженную корреляцию между данными КТ и функциональных тестов.

В последнее время в нашей стране и за рубежом КТ используется в диагностике тромбоза легочной артерии, метод позволяет получать высококачественные изображения легочных сосудов в оптимальную фазу контрастирования с высоким пространственным разрешением, без артефактов от дыхания и движения пациентов, и дает возможность определения точной локализации и протяженности тромботических масс, отчетливо видимых внутри заполненных контрастным веществом сосудов [41].

Пространственное разрешение КТВР позволяет исследовать структуру малых дыхательных путей. Предпринимаются изыскания в области исследования легочной паренхимы при помощи мультислайсовой КТ [19, 31], тонких структур трахеобронхиального дерева, в том числе, с помощью трехмерного моделирования [30, 31], в бронхоскопической перспективе [20], и выявления взаимосвязи между структурными и функциональными изменениями легких [25]. Одновременно, есть основания полагать, что причиной утяжеления БА является структурная перестройка тканевых образований стенки бронхов различного калибра, особенно на фоне длительно протекающего ХБ. Особое внимание уделяется выявлению роли истончения стенок трахеобронхиального дерева в развитии БА [27, 34].

Показана возможность КТ в выявлении бронхообструктивного синдрома на самых ранних, клинически и спирометрически не диагностированных этапах развития вентиляционной недостаточности. Аргументирована значимость рентгеноморфологического признака воздушных «ловушек», взаимосвязанного с выраженностью инфильтративных изменений стенок бронхов [16] и име-

ющего огромное значение в ранней диагностике бронхообструктивного синдрома у больных БА и ХОБЛ, и выявляемого при бессимптомной астме только тонкими методиками КТ-исследования [22]. Выявлена взаимосвязь между наличием «воздушных ловушек», выраженностью структурных, в том числе, воспалительных, изменений бронхов и бронхиол и изменениями функциональных спирометрических тестов [27, 34].

Регионарные функции легких заслуживают самого пристального внимания и осмысливания. В эксперименте и клинической практике уже давно были накоплены факты, свидетельствующие о том, что легкие являются функционально неоднородным органом, что неравномерность вентиляционно-перфузионных соотношений в них является физиологическим состоянием в условиях нормальной жизнедеятельности организма, а при патологии эти изменения могут либо возрастать, искажая присутствующую им закономерность, либо практически полностью нивелироваться [6]. Под регионарной неравномерностью подразумевается различная функциональная нагрузка участков легкого, имеющих одинаковое морфологическое строение. Нередко локальные функциональные расстройства, еще не имеющие морфологических проявлений и не скорректированные своевременно, служат началом морфологических, зачастую необратимых повреждений [21]. Изучение регионарной топографии функций легких необходимо для решения следующих проблем клинической физиологии дыхания: 1) познания интимных механизмов общей неравномерности вентиляции и перфузии; 2) выявления физиологических пределов функций легкого в его различных зонах; 3) объяснения преимущественной локализации некоторых патологических процессов в определенных зонах легких; 4) создания методов активной локальной коррекции нарушенных легочных функций [6]. Ответ на указанные важнейшие вопросы теории и практики пульмонологии должен базироваться на знаниях топографии легочных функций в условиях нормы и патологии. Знание регионарной топографии (распределения) вентиляции и перфузии легких, а также познание механизмов, обеспечивающих ее, помогут использовать эти знания не только для ранней функциональной диагностики заболеваний легких, но и для патогенетической терапии. Отсюда вытекает, что эффективная коррекция патологии газообмена должна быть связана с познанием характера и локализации неравномерности легочных функций.

Таким образом, исследование регионарных функций легких при локальных поражениях позволяет не только определить функциональное состояние вентиляции и кровотока, но и в ряде случаев найти характерные признаки болезни [9, 25, 40]. При этом наиболее полную картину изменений макроструктуры легочной паренхимы, бронхов, и особенно их терминальных отделов, дает методика КТВР. Значительную дополнительную информацию о структурных и особенно функциональных нарушениях, позволяет получить инспираторно-

экспираторная компьютерная томография (ИЭКТ) [9, 10, 11]. КТВР с применением ИЭКТ обладает высокой диагностической эффективностью в определении как структурных, так и функциональных изменений легочной ткани при различных заболеваниях легких [1, 5, 6, 40], в том числе, сопровождающихся нарушением функции внешнего дыхания [23, 28]. Проведенные [10] исследования роли ИЭКТ в диагностике обструктивного синдрома показали, что утяжеление степени вентиляционной недостаточности статистически достоверно ведет к уменьшению инспираторно-экспираторных показателей, у больных ХБ выявлены более выраженные и грубые морфологические изменения легочной паренхимы, исключая случаи, когда заболевание ХБ предшествовало заболеванию БА. Данные об интегральном и регионарном снижении ВФЛ и структурных изменениях легочной ткани, выявленных при ИЭКТ [6], позволили своевременно решать вопросы топической диагностики профессиональной патологии.

В последнее время появились работы, устанавливающие характер корреляции ИЭКТ, КТВР и функциональных показателей при спирографии у больных БА и ХОБЛ с нарушением функции внешнего дыхания в зависимости от степени вентиляционной недостаточности [3, 5, 6, 7]. Наилучшие показатели получены при сопоставлении объема форсированного выдоха за 1 сек. и выраженности симптома "мозаичной перфузии" [6]. Как при локализованных, так и при диффузных поражениях легких данные ИЭКТ и бронхо-спирометрического исследований совпадают, однако отмечается как отчетливая корреляция между спирографическими и ИЭКТ данными [18, 25, 32], так и более высокая чувствительность ИЭКТ к изменениям состояния вентиляционной функции легких у пациентов с бронхообструктивным синдромом [17, 37, 40], так как тесты исследования внешнего дыхания дают интегральное представление о функциональном состоянии обоих легких, в то время как локально или незначительно выраженные морфологические изменения легочной паренхимы остаются не выявленными. Методы диагностики функции внешнего дыхания, дополненные ИЭКТ, позволяют своевременно, на ранних этапах заболевания, выявлять степень гиперреактивности бронхов и изменения регионарной вентиляции у больных бронхиальной астмой. В любом случае, исследование регионарных функций легких в процессе патогенетической терапии позволяет оценить динамику патологического процесса и эффективность лечения.

В то же время, к сожалению, число работ, отражающих изменение функционального статуса при различных патологических состояниях с использованием, в частности, инспираторно-экспираторной пробы, довольно ограничено [6]. Перспективной задачей является выявление патофизиологических детерминант измененной реактивности дыхательных путей и нарушений регионарной вентиляционной функции легких, что создаст основу для разработки взаимосвязанных ал-

горитмов их диагностики и для решения сложного комплекса задач в рамках изучаемой проблемы. Для этого необходимо использование новых методических подходов, приводящих к более полному получению информации. Поэтому, для этих целей и до настоящего времени интенсивно ведутся поиски новых диагностических приемов, технологий и технических средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спиральная компьютерная томография с функциональными пробами в диагностике хронических обструктивных болезней легких [Текст]/Васильев А.Ю. [и др.]/Клиническая медицина.-2003.- №8.-С.29-31.
2. Глобальная стратегия диагностики, лечения и профилактики бронхиальной астмы. Пересмотр 2002 [Текст]/под редакцией А.Г.Чучалина.-М.: Атмосфера, 2002.-160 с.
3. Хроническая обструктивная болезнь легких: распространенность и смертность [Текст]/И.А.Зарембо//Аллергология.-2006.-№1.-С.39-43.
4. Новые технологии и прогресс лучевой диагностики диффузных заболеваний легких [Текст]/П.М.Котляров, С.Г.Георгиади//Пульмонология.-2005.-№6.-С.61-69.
5. Разработка и клиническое применение методов рентгенофункционального исследования легких [Текст]/А.В.Леншин//Бюл. физиол. и патол. дыхания.-2004.-Вып.16.-С.6-11.
6. Клиническое обоснование методов этапной диагностики регионарной вентиляции легких при заболеваниях органов дыхания [Текст]/А.В.Леншин: автореф. дис. ... д-ра мед. наук.-Благовещенск, 2004.-38 с.
7. Этиопатогенетические аспекты бронхиальной астмы в Дальневосточном регионе [Текст]/М.Т.Луценко, Б.Е.Бабцев//Бюл. физиол. и патол. дыхания.-1999.-Вып.4.-С.6-11.
8. Распространенность бронхиальной астмы [Текст]/Лютин Е.И. [и др.]/Здравоохранение РФ.-2004.-№2.-С.35-37.
9. Инспираторно-экспираторная компьютерная томография высокого разрешения в диагностике хронической обструктивной болезни легких [Текст]/О.В.Родионова: автореф. дис. ... канд. мед. наук.-Томск, 2005.-27 с.
10. Инспираторно-экспираторная HRCT в диагностике обструктивного синдрома легких [Текст]/Родионова О.В. [и др.]/Невский радиологический форум "Из будущего в настоящее".-СПб., 2003.-С.140-141.
11. Новые технологии лучевой диагностики [Текст]/С.Терновой, В.Синицын//Врач.-2005.-№4.-С.28-32.
12. Актуальные вопросы пульмонологии [Текст]/А.Г.Чучалин//Русский мед. журнал.-2000.-Т.8, №17.-С.727-730.
13. Тяжелые формы бронхиальной астмы [Текст]/А.Г.Чучалин//Тер. архив.-2000.-№17.-С.5-9.
14. Air trapping on expiratory high-resolution CT

- scans in the absence of inspiratory scan abnormalities: correlation with pulmonary function tests and differential diagnosis [Text]/H.Arakawa, W.R.Webb//Am. J. Radiol.-1998.-Vol.170.-P.1349-1353.
15. Mild intermittent asthma: CT assessment of bronchial cross-sectional area and lung attenuation at controlled lung volume [Text]/Beigelman-Aubry C. [et al.]//Radiology.-2002.-Vol.223.-P.181-187.
17. Structure and function of small airways in smokers: relationship between Air Trapping at CT and airway inflammation [Text]/Berger P. [et al.]//Radiology.-2003.-Vol.228.-P.85-94.
18. High-resolution CT is more sensitive to longitudinal decline in lung status in young children with CF than pulmonary function tests [Text]/A.S.Brody//Pediatr. Pulmonol.-2003.-Vol.36.-P.388.
19. Spirometrically Gated High-Resolution CT findings in COPD: lung attenuation vs lung function and dyspnea severity [Text]/Camiciottoli G. [et al.]//Chest.-2006.-Vol.129 (3).-P.558-564.
20. High resolution volume imaging of airways and lung parenchyma with multislice CT [Text]/W.K. Chooi, S.K.Morcos//Br. J. Radiol.-2004.-Vol.77.-P.98-105.
21. Tracheobronchial tree: three-dimensional spiral CT with bronchoscopic perspective [Text]/Ferretti G.R. [et al.]//J. Comput. Assist. Tomogr.-1996.-Vol.20.-P.777-781.
22. Patient selection for lung volume reduction surgery: an objective model based on prior clinical decisions and quantitative CT analysis [Text]/Gierada D.S. [et al.]//Chest.-2000.-Vol.117.-P.991-998.
23. Evaluation of airway wall thickness and air trapping by HRCT in asymptomatic asthma [Text]/Gono H. [et al.]//Eur. Respir. J.-2003.-Vol.22.-P.965-971.
24. Low-dose dynamic expiratory thin-section CT of the lungs using a spiral CT scanner [Text]/Gotway M.B. [et al.]//J. Thorac. Imaging.-2000.-Vol.15.-P.168-172.
25. Characterization of the interstitial lung diseases via density-based and texture-based analysis of computed tomography images of lung structure and function [Text]/Hoffman E.A. [et al.]//Acad. Radiol.-2003.-Vol.10.-P.1104-1118.
26. Computed tomographic imaging of the airways: relationship to structure and function [Text]/de Jong P.A. [et al.]//Eur. Respir. J.-2005.-Vol.26.-P.140-152.
27. Heterogeneity of narrowing in normal and asthmatic airways measured by HRCT [Text]/King G.G. [et al.]//Eur. Respir. J.-2004.-Vol.24.-P.211-218.
28. High resolution computed tomographic assessment of airway wall thickness in chronic asthma: reproducibility and relationship with lung function and severity [Text]/Little S.A. [et al.]//Thorax.-2002.-Vol.57.-P.247-253.
29. Quantitative computed tomography assessment of lung structure and function in pulmonary emphysema [Text]/Madani A. [et al.]//Eur. Respir. J.-2001.-Vol.18 (4).-P.720-730.
30. The CT Scan ARDS Study Group. Computed tomography assessment of positive end-expiratory pressure-induced alveolar recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome [Text]/Malbouisson L. [et al.]//Am. J. Respir. Crit. Care Med.-2001.-Vol.163.-P.1444-1450.
31. Complexity of terminal airspace geometry assessed by computed tomography in asthma [Text]/Mitsunobu F. [et al.]//Am. J. Respir. Crit. Care Med.-2003.-Vol.167.-P.411-417.
32. Quantitative assessment of airway remodeling using high-resolution CT [Text]/Nakano Y. [et al.]//Chest.-2002.-Vol.122.-P.271-275.
33. Computed tomographic measurements of airway dimensions and emphysema in smokers: correlation with lung function [Text]/Nakano Y. [et al.]//Am. J. Respir. Crit. Care Med.-2000.-Vol.162.-P.1102-1108.
34. Physiological and radiological characterisation of patients diagnosed with chronic obstructive pulmonary disease in primary care [Text]/O'Brien C. [et al.]//Thorax.-2000.-Vol.55.-P.635-642.
35. Chronic obstructive pulmonary disease: thin-section CT measurement of airway wall thickness and lung attenuation [Text]/Orlandi I. [et al.]//Radiology.-2005.-Vol.234.-P.604-610.
36. High-resolution CT quantification of bronchiectasis: clinical and functional correlation [Text]/Ooi G.C. [et al.]//Radiology.-2002.-Vol.225.-P.663-672.
37. Using computed tomographic scanning to advance understanding of chronic obstructive pulmonary disease [Text]/J.Reilly//The Proceedings of the Am. Thorac. Society.-2006.-Vol.3.-P.450-455.
38. Spirometer-triggered high-resolution computed tomography and pulmonary function measurements during an acute exacerbation in patients with cystic fibrosis [Text]/Robinson T.E. [et al.]//J. Pediatr.-2001.-Vol.138.-P.553-559.
39. Asthma and associated conditions: high-resolution CT and pathologic findings [Text]/Silva C.I. [et al.]//Am. J. Roentgenol.-2004.-Vol.183.-P.817-824.
40. Asthma and COPD [Text]/T.Welte//Exp. Toxicol. Pathol.-2006.-Vol.57.-P.35-40.
41. Paired inspiratory/expiratory volumetric thin-slice CT scan for emphysema analysis: comparison of different quantitative evaluations and pulmonary function test [Text]/Zaporozhan J. [et al.]//Chest.-2005.-Vol.128 (5).-P.3212-3220.
42. The role of spiral volumetric computed tomography in the diagnosis of pulmonary embolism [Text]/Mullins M.D. [et al.]//Arch. Intern. Med.-2000.-Vol.160.-P.293-298.