

УДК 616-071-073.75

А.В.Леншин

**РАЗРАБОТКА И КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ
РЕНТГЕНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕГКИХ***Амурская Государственная медицинская академия***РЕЗЮМЕ**

Для исследования регионарной вентиляционной функции легких предложен метод зональной рентгеноденситометрии с помощью компьютеризированного прибора "Денсиграф-2". Метод может быть использован в режиме просвечивания, как на рентгенодиагностических комплексах различного профиля, так и при флюорофункциональном скрининге. По чувствительности метод превосходит традиционную (интегральную) спирографию за счет регистрации регионарных (селективных) нарушений вентиляционной функции легких и повышает выявляемость заболеваний легких при рентгено-флюорографическом исследовании более, чем в 13 раз.

SUMMARY

A.V.Lenshin

**ROENTGEN AND FUNCTIONAL EXAMINATION
OF THE LUNGS**

To study regional ventilation lung function we suggested zone roentgen- densitometry with the help of computerized device "Densigraph-2". This device can be used for examination in roentgen-diagnostic complexes as well as in fluorofunctional screening. This method sensitivity surpasses those of conventional (integral) spirometry due to registration of regional (selected) lung ventilation function disturbances and improves diagnostics of lung diseases more than by 13 times with roentgen-fluorographic examination.

Традиционные методы так называемой морфологической рентгенологии легких не могут в полной мере удовлетворять потребностям современной клиники. Многие патологические процессы не находят какого-либо существенного, а тем более патогномичного отражения на рентгенограммах, так как имеют преимущественно функциональный, а не структурный характер патологических проявлений [5, 13, 14].

Классические методы исследования вентиляцион-

ной функции легких (ВФЛ – например, спирография и др.) не всегда позволяют решить весь комплекс диагностических проблем в современной клинике, вследствие интегральной оценки показателей параметров дыхания. Часто процесс диагностики завершается грубой синдромальной констатацией отклонений от нормы легочного рисунка, структуры корней легких и т.д. Да и пресловутые понятия "усиление легочного рисунка" и "эмфизематозность легочных полей" крайне индивидуализированы и не поддаются количественной оценке, сопоставимой с клинической симптоматикой. Исключение составляет далеко не полный перечень заболеваний, таких как: пневмония, туберкулез, опухоли, пневмоторакс, плеврит, травма и ряд других, проявляющиеся синдромом затемнения или просветления легочной ткани. Данная группа рентген-положительных болезней довольно эффективно диагностируется не только в разгар заболевания, но, зачастую, и в доклинической стадии развития процесса, например, при профилактической флюорографии. Но, к сожалению, удельный вес выявляемой патологии, условно ранних стадий, не велик.

Из сказанного выше напрашивается вывод, что логично объединить в единый диагностический комплекс рентгеноморфологические и рентгенофункциональные методики диагностики легочных заболеваний. Почему предлагаются именно рентгенофункциональные методы, а не, скажем, спирография, одним из достоинств которой является лучевая безопасность? Во-первых, интегрируются профессионально родственные методы и, следовательно, создаются условия для взаимосвязанной (одним специалистом) интерпретации как структурных, так и функциональных проявлений конкретного заболевания. Во-вторых, достоинством функциональной рентгенологии является возможность селективной, "прицельной" оценки наступившим функциональным сдвигам, что, несомненно, создает предпосылки для более точной и ранней диагностики, так как спирография не улавливает многие локальные дисфункции, которые эффективно перекрываются нормально функционирующими участками легких, обладающими хорошими компенсаторными возможностями. Безусловно, спирографические и рентгенофункциональные

методы не только не противопоставляются, а, дополняя друг друга и решая вполне конкретные задачи, создают предпосылки для более точной комплексной диагностики как диффузных, так и локализованных бронхолегочных заболеваний.

Рентгенофункциональные методы исследования легких, сердца и сосудов малого круга кровообращения стали широко применяться в клинической практике, начиная с 50 годов. В последние десятилетия получили свое развитие два основных метода регистрации плотности легочной ткани: прямые и не прямые. В обоих случаях в качестве измерительного устройства используется денситометр, рентгеновский или оптический (от лат. density – плотность и ... метр), т.е. прибор для измерения плотности легочной ткани. С помощью прямых методов измеряют, по сути дела, колебания выходной мощности дозы пучка рентгеновского излучения, адекватные изменениям удельной плотности легких на протяжении дыхательного цикла, а не прямых – фотометрируют колебания почернения рентгеновской пленки. К прямым относится, например, получившая очень широкое распространение у нас в стране в 60-х, 70-х гг. электрокимография, позволяющая изучать как вентиляцию, так и кровоток. К непрямым – достаточно популярная в 80-х гг. методика рентгенопневмополиграфии и флюоропневмополиграфии. Каждый из этих методов, наряду с несомненными достоинствами, обладает и целым рядом существенных недостатков, основными из которых являются: высокая доза излучения, невозможность эффективного использования при профилактических обследованиях, сложность обработки полученной информации и др. Все это нами учитывалось при конструировании более совершенных приборов, основанных на использовании компьютерной техники и высокочувствительных детекторов излучения.

Разработкой, усовершенствованием и внедрением в клиническую практику методов рентгенофункционального исследования легких мы занимаемся более 15 лет. За этот период удалось сконструировать не-

сколько поколений приборов для позиционной и зональной рентгеноденситометрии (РДМ), внедрить в практику достаточно большое число методов денситометрии [4, 5, 6].

В Амурской государственной медицинской академии, в диагностическом центре областной клинической больницы, совместно с инженерным товариществом "Элин" (г. Владивосток) разработан и апробирован компьютеризированный шестиканальный рентгеноденситометр "ДЕНСИГРАФ-2" (патент на изобретение № 2068233 от 27.10.96). Прибор, благодаря удобству эксплуатации, скорости получения информации и низкой дозе облучения, может быть эффективно использован для анализа регионарного вентиляционного статуса, как в уточняющей диагностике заболеваний легких, так и в качестве флюорофункционального скрининга (ФФС) при профилактических обследованиях.

На рисунке. 1 представлена блок-схема шестиканального компьютеризированного прибора для зональной рентгеноденситометрии легких "Денсиграф-2".

В состав рентгеноденситометра "Денсиграф-2" входят аппаратные и программные средства. Аппаратные средства включают в себя: управляющую персональную ЭВМ, плату контроллера интерфейса, шестиканальный, высокочувствительный детектор (ионизационная камера), собственной разработки. Достоинством последнего является высокая чувствительность, возможность аналоговых измерений, "прозрачность" для рентгеновского излучения (на рентгенограммах нет отображения деталей детектора), простота системы закрепления, что создает возможность работы в составе любого рентгеновского или флюорографического аппарата, не оказывая при этом мешающего влияния на их основные функции.

В программные средства входят средства калибровки аппаратуры; средства заполнения карт обследования, их хранения и поиска в базе данных; средства управления работой оператора при обследовании пациентов и регистрации результатов обследования; средства обработки результатов обследования,



Рис. 1. Блок-схема компьютеризированного зонального рентгеноденситометра "Денсиграф-2".

их хранения, поиска и сортировки в базе данных; средства настройки системы на программируемые параметры; средства статистической обработки данных (рис. 2). Исследование завершается распечаткой протокола, в котором регистрируются, как цифровые результаты автоматических расчетов по 34 РДМ-параметрам, так и графики, характеризующие раздельную суммарную и зональную ВФЛ, а также отображается круговая диаграмма с секторальными показателями удельных значений ВФЛ (рис. 3).

Основные технические характеристики денсиграфа: суммарное время углубленного рентгенофункционального обследования одного пациента, включающее заполнение карты, установку больного, выполнение собственно исследования (включение "высокого" – 15 сек), автоматизированный расчет РДМ-параметров, просмотр данных на экране видеоадаптера и распечатку протокола – 3.5 мин. Время выполнения скрининг-обследования (включение "высокого" – 7 сек.) составляет 30–45 сек. Высокая чувствительность детектора излучения позволяет проводить РДМ исследования при минимальных физико-технических условиях работы рентгеновского (флюорографического) аппарата: 65 кВ, 0,5 мА, Эффективная экспозиционная доза (ЭЭД) при выполнении углубленного исследования составляет 0,079 мЗв., скринг-исследования – 0,037 мЗв. Для сравнения ЭЭД при выполнении одной рентгенопневмографии составляет – 1,6 мЗв (доза больше, чем в 40 раз). При флюорофункциональном скрининге доза увеличивается всего на 4% (при условии, что выполняется только 1 флюорограмма в прямой проекции), при флюоропневмографии – на 200%.

Многозональный рентгеноденситометр "Денсиграф-2" может функционировать в составе любого рентгенодиагностического комплекса и флюорографического аппарата, эффективен также при использовании на передвижных флюороустановках. Он широко апробирован при флюорографических обследованиях сельских и городских жителей Юга и Севера Амурской области и Чукотского автономного округа. Всего обследовано более 60 тыс. пациентов.

Высокая чувствительность и специфичность метода позволяют увеличить выявляемость заболеваний легких, по сравнению с традиционной флюорографией, более чем в 13 раз, в первую очередь за счет регистрации диффузных и локальных функциональных изменений, сопровождающих многие патологические процессы бронхолегочной системы, не видимые на рентгенограммах (при возросшей дозовой нагрузке всего на 4%).

Статистической обработке подвергнуты результаты обследования группы здоровых пациентов ($n=800$). Полученные результаты легли в основу определения должных значений основных РДМ-параметров в каждой зоне в зависимости от пола, возраста и антропометрических данных.

С целью объективизации диагностических возможностей метода зональной рентгеноденситометрии на аппарате "Денсиграф-2", проанализированы результаты обследований 1886 пациентов с различными патологическими процессами в легких. Пра-

вильно-положительные результаты были зарегистрированы у 1539, ложно-положительные – у 38, правильно-отрицательные – у 207, ложно-отрицательные – у 151. Чувствительность метода составила 91,06%, специфичность – 84,48%, точность – 97,59%, позитивный предположительный индекс – 97,33%, негативный предположительный индекс – 58,97%.

С целью идентификации РДМ-параметров для диагностики функционального дыхательного статуса, проведен регрессивный анализ (пошаговая регрессия) показателей рентгеноденситометрии и спирографии. Выявлена тесная положительная корреляция между ними ($R=0.82$) и высокая (99.97%) значимость регрессии (критерий Фишера значимости регрессии – 24.81).

Для объективизации выбора наиболее чувствительных диагностических методов, разграничивавших две выборки (здоровые и больные) по совокупности функциональных параметров (суммарная РДМ-амплитуда, ЖЕЛ, ОФВ₁, МОС_{-75,50,25}), применен пошаговый дискриминантный анализ, с помощью которого приоритет определен рентгеноденситометрии, с вероятностью ошибочной классификации 11.873%. Следует отметить, что диагностическая значимость рентгеноденситометрии еще более возрастает с учетом многозональных (селективных) измерений.

Данным прибором и его модификациями выполнен достаточно большой комплекс экспедиционных исследований на мобильных флюорографических установках. Работа проводилась совместно с сотрудниками Российского НИИ фтизиопульмонологии, Санкт-Петербург (Г.З.Абрамсон, Г.Я.Степанова) и Института физиологии и патологии дыхания СО АМН СССР, Благовещенск, (В.П.Колосов, Н.Н.Лазуткин, П.А.Леншин). Изучено влияние климатических и производственных факторов на дестабилизацию суммарной и регионарной ВФЛ, оказывающей несомненное влияние на развитие заболеваний легких. Получены результаты, свидетельствующие о том, что фактическая распространенность НЗЛ среди работников сельскохозяйственного производства значительно превышает официальные статистические показатели: 267,8 на 1000 осмотренных, против 129 ($p<0.05$). Распространенность НЗЛ среди животноводов еще выше – 328,8. Подобные результаты получены рядом авторов по подсчетам с использованием эпидемиологических маркеров [2, 3, 8]. Актуальность проблемы подтверждается и международными исследованиями, которые показали, что за последние 10 лет число больных хроническими заболеваниями органов дыхания увеличилось более чем в 2 раза [9, 12, 15].

Рентгенофункциональные данные, заслуживающие внимания, нами получены при флюорофункциональном скрининге ($n=15000$) населения в северных регионах Дальнего Востока (северные районы Амурской области, Чукотский автономный округ). У северян и пришлых жителей, зарегистрировано не только существенное снижение средних показателей ВФЛ (Асум), по сравнению с жителями южных районов Амурской области (в среднем более чем на 55%), но



Рис. 2. Основные параметры ("меню") работы рентгеноденситометра "Денсиграф-2" – система обработки рентгеноденситометрических данных.

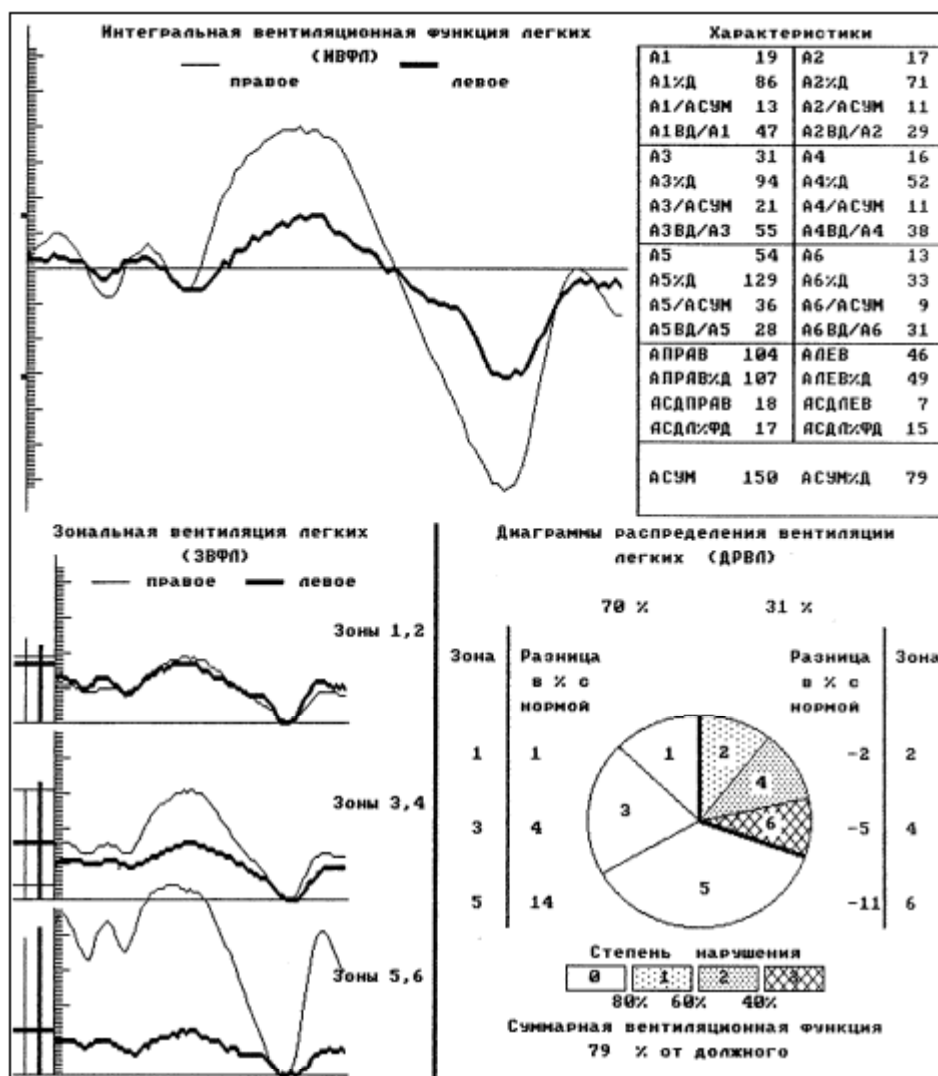


Рис. 3. Протокол РДМ исследования больного с локальными нарушениями вентиляционной функции в левом легком (преимущественно в средней и нижней зонах). Суммарная вентиляционная функция обоих легких (Асум) составляет 79%D; правого легкого - 107%D; левого - 49%D. Удельный объем вентиляции правого легкого 70%, левого - 30%. В верхней зоне левого легкого - нарушение вентиляционной функции I ст., в средней - II ст., в нижней - III ст. При КТ выявлена смешанная (буллезно-кистозная) дисплазия в нижней доле и частично в языковых сегментах левого легкого.

и отмечено удельное перераспределение зональных показателей в апикальном направлении (выравнивание вертикального апикально-каудального градиента). Этот факт следует интерпретировать через призму компенсаторных проявлений в ответ на экстремальные условия проживания. Ряд исследователей [2, 10] комплекс изменений в бронхолегочной системе у жителей северных широт обозначают термином "северная пневмопатия". Патологические изменения на 1000 северян зарегистрированы у 209,8 (в южных районах Амурской области – у 135,2). Из них: активный туберкулез выявлен у 1,2 (0,6), неактивный туберкулез – у 2,8 (0,9), онкозаболевания – у 1,3 (0,7), пневмонии – у 3,3 (2,5), врожденные заболевания – у 13,7 (7,2), ХОБЛ – у 167,8 (111,2), прочие нарушения ВФЛ – у 15,7 (8,9), прочие заболевания – у 4,0 (3,2).

В клинических условиях проведены комплексные исследования большой группы (свыше 900) пациентов с различными заболеваниями, проявляющимися диффузными и локальными нарушениями вентиляции.

Обследовано (совместно с О.Н.Брусник) 157 пациентов с заболеваниями сердца, которые распределены следующим образом: 45 больных митральными пороками сердца, 37 – аортальными пороками, 39 – ИБС, 22 – постинфарктным кардиосклерозом. Полученные данные позволяют сделать следующие выводы: 1) при заболеваниях сердца, сопровождающихся нарушениями гемодинамики в малом круге кровообращения (преимущественно у пациентов с митральными пороками), наблюдаются адекватные изменения вентиляционной функции легких; 2) имеет место тесная прямая корреляционная ($r=0,76$) связь между показателями, характеризующими вентиляционную способность легких, растяжимость легочной ткани и гемодинамику; 3) для косвенного определения степени селективных и общих кардиогенных гемодинамических расстройств в малом круге кровообращения, возможно использование зональной рентгеноденситометрии, которая вследствие простоты исполнения и безопасности, может быть предпочтительней, чем другие, широко распространенные, но инвазивные методы; 4) одним из компенсаторных механизмов, балансирующих кардиореспираторную систему при заболеваниях сердца, является перераспределение вентиляции в вышележащие зоны и увеличение резервного объема вдоха.

Таким образом, еще раз доказано, что адекватное функционирование кардиореспираторной системы возможно только при согласованном взаимодействии всех ее звеньев. Нарушения гемодинамики в малом круге кровообращения, несомненно, приводят к функциональным расстройствам внешнего дыхания и, следовательно, способствуют развитию легочных осложнений. Точно также большинство заболеваний легких, особенно хронических и, в первую очередь, диффузных, сопровождаются функциональными и, зачастую, необратимыми гемодинамическими расстройствами. Следовательно, ранняя диагностика нарушений вентиляции и легочного кровотока, особенно селективных или зональных дисфункций, количественный и качественный их анализ, позволяют осуществлять эффективные лечебные и реабилита-

ционные мероприятия, прогнозировать течение основного заболевания [11].

Нами, (совместно с Н.Н.Гавриловой и В.Л.Литковой) обследована группа больных бронхиальной астмой (БА, $n=346$). Следует подчеркнуть, что рентгенологическое исследование легких у больных БА имеет свои достаточно ограниченные задачи. Это связано с тем, что, как отмечают большинство исследователей [13, 14], только у 25-30% пациентов на обзорных рентгенограммах наблюдаются морфологические изменения в виде утолщения стенок бронхов, ограниченного или распространенного уплотнения легочной ткани, эмфиземы. В связи с этим, проведение рентгенофункционального тестирования больных БА, позволяет значительно обогатить рентгеносемиотику у данного контингента больных.

Всем пациентам было проведено комплексное лучевое обследование, включая РДМ, КТ, в том числе с функциональными программами, эхокардиографию и доплеркардиографию.

Как известно, в легких, в так называемых функциональных зонах Веста, имеет место физиологическая неравномерность вентиляционно-гемодинамического функционирования. В частности, закономерным является усиление кровотока и вентиляции по зонам в направлении сверху вниз. В результате гидростатической составляющей, кровотоки в нижних зонах, где сосуды более растянуты, значительно выше, чем в средних и особенно верхних зонах. Считается, что ведущим фактором, влияющим на подобное распределение кровотока, является гравитация. Вентиляционно-перфузионный баланс определяет и аналогичную направленность регионарной неравномерности легочной вентиляции. Так, по нашим данным, верхние зоны берут на себя 25% суммарной вентиляции, средние зоны – 32%, нижние зоны – 43%. Более того, нами установлено, что каждая из зон имеет индивидуальные функциональные характеристики.

У больных с легким течением БА сохраняется зональное распределение вентиляции в апикально-базальном направлении (вертикальный градиент), характерное для здоровых лиц, при незначительном снижении вентиляционных показателей до 1 степени. Особенности РДМ-показателей были следующими: верхние зоны 75,63%Д, средние – 82,09%Д, нижние – 103,0%Д, интегральный показатель – Асу% составил 87,45%Д.

При среднетяжелом течении БА, у всех больных наблюдаются признаки нарушения регионарной вентиляции, проявляющиеся в уменьшении разницы оптической плотности на всем протяжении легочных полей, отсутствием закономерности нарастания вентиляции сверху вниз. Наибольшие изменения РДМ показателей наблюдаются в средних отделах, при относительном их снижении в нижних зонах. Показатели РДМ были следующими: верхние зоны – 74,40%Д, средние зоны – 56,57%Д, нижние – 70,46%Д, суммарная вентиляция – 71,39%Д.

При тяжелом течении БА отмечается резкое снижение вентиляционных показателей во всех зонах (до 2-3 степени), в основном за счет снижения вентиляции в средних зонах. При этом наблюдается перерас-

пределение вентиляции в верхние отделы легких. В верхних зонах РДМ-показатель был равен 45,16%Д, в средних – 34,00%Д, в нижних – 40,00%Д и суммарная вентиляция составила лишь 39,96%Д.

Совместно с Т.А.Савиновой [7] обследована группа больных (n=184) пневмокониозами, из них силикоз был у 77, пневмокониоз от смешанной пыли – у 75, антракоз – у 18, прочие – у 14. Применение методики РДМ позволило уверенно отличать милиарную диссеминацию, обусловленную профзаболеванием, от диссеминированного туберкулеза, т.к. среднестатистические параметры суммарной РДМ-амплитуды при туберкулезе достоверно выше, чем при пневмокониозе ($p < 0,05$).

Обследована группа пациентов с так называемыми локальными патологическими процессами в легких. Так, совместно с Н.Я.Розенфельд и В.А.Былиной проанализированы результаты РДМ у 164 больных с деструктивными формами туберкулеза легких (ДТЛ). Совместно с С.Ю.Ландышевым, О.П.Коротич, И.В.Вохминцевой и соавт. – 85 пациентов с затяжными пневмониями (ЗП). Изучались РДМ показатели в зоне поражения, в пораженном легком в целом и в контралатеральном легком.

Установлено, что в качестве одного из критериев, определяющего развитие ДТЛ и ЗП, является сопутствующая врожденная структурно-функциональная несостоятельность легочной ткани (у 79% больных). Среди наиболее типичных пороков развития легких у больных ДТЛ и ЗП следует отметить простую и кистозную гипоплазию, синдром Мунье-Куна, локальную и распространенную буллезно-кистозную дистрофию и др. Доминирующими методами диагностики пороков развития легких следует считать зональную рентгеноденситометрию, структурно-функциональную компьютерную томографию и фибробронхографию. Определены рентгеноденситометрические константы для ДТЛ и ЗП (%Д) в зоне поражения, пораженном и контралатеральном легком (соответственно, 44, 57 и 79%), наиболее типичные компенсаторно-адаптивные реакции сердечно-сосудистой системы. Полученные данные легли в основу разработки адекватных лечебных и реабилитационных мероприятий у этой группы пациентов.

На основе накопленного опыта обследования пациентов с различными заболеваниями легких, определены закономерности интегральных и локальных ЗРДМ параметров, позволяющие в дальнейшем использовать их для разработки программ по автоматизированной диагностике заболеваний, в зависимости от обнаруженных изменений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г., Милованов А.П. Патология человека на севере.-М.: Медицина, 1985.-415 с.

2. Государственный доклад о состоянии здоровья населения Российской Федерации в 1997 году//Здравоохран. Рос. Федерации.-1999.-№1.-С.13-18.

3. Гусейнов Х.Ю. Распространенность хронического бронхита (по материалам эпидемиологических исследований)//Пробл. туберкулеза.-2000.-№5.-С.54-56.

4. Ландышев Ю.С., Леншин А.В. Руководство по пульмонологии.-Благовещенск: ООО Издательская компания «РИО», 2003.-184 с.

5. Леншин А.В. Зональная рентгеноденситометрия вентиляционных нарушений при флюороскрининге и в уточняющей диагностике заболеваний легких//Вестник рентгенологии и радиологии.-1992.-№1.-С.17.

6. Леншин А.В., Вознесенский С.С. Опыт использования зонального рентгеноденситометра "Денсиграф-2" для оценки регионарной вентиляции легких//Материалы Дальневосточной науч.-практ. конф., посвященной столетию открытия рентгеновских лучей.-Владивосток, 1995.-С.87-90.

7. Савинова Т.А. Клинико-патогенетическая и морфологическая характеристика заболеваний органов дыхания у работников открытых разработок бурого угля (клинико-экспериментальные исследования): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук.-Благовещенск, 2002.-40 с.

8. Щепин О.П., Тишук Е.А. Современное состояние и тенденции заболеваемости населения Российской Федерации//Здравоохран. Рос. Федерации.-2001.-№6.-С.3-8.

9. Bankier A., Gevenois P.A., Sibille Y. Why a series on imaging in the, ERJ?//Eur. Respir. J.-2001.-Vol.17.-P.328.

10. Gibson G.J., MacNee W. Chronic obstructive pulmonary disease investigations and assessment of severity//Management of chronic obstructive pulmonary disease/Eds. D.S.Posma, N.M.Siafakas.-The European Respiratory Society Monograph, 7 May 1998.-P.25-41.

11. Goechenig E. Cor pulmonale. Treatment of pulmonary hypertension.-Berlin; Vienna: Blackwell Science, 1999.-146 p.

12. Goodman S.N. Toward evidence-based medical statistics. 2. The Baues factor//Ann Intern. Med.-1999.-Vol.130, №12.-P.1005-1013.

13. King G.G., Müller N.L., Paré P.D. Evaluation of airways in obstructive pulmonary disease using high-resolution computed tomography//Am. J. Respir. Crit. Care Med.-1999.-Vol.159.-P.992-1004.

14. Park C.S., Müller N.L., Worthy S.A. et al. Airway obstruction in asthmatic and healthy individuals: inspiratory and expiratory thin-section CT findings//Radiology.-2003.-P.361-367.

15. Rijcken B., Britton J. Epidemiology of chronic obstructive pulmonary disease//Management of chronic obstructive pulmonary disease/Eds. D.S.Posma, N.M.Siafakas.-The European Respiratory Society Monograph, 7 May 1998.-P.1-24.

