

# Топографо-анатомические и функциональные изменения органов грудной полости после хирургического лечения заболеваний легких

М.Н.Васюков<sup>1</sup>, И.И.Каган<sup>2</sup>

1 – Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Оренбургский областной онкологический диспансер»: 460021, Оренбург, проспект Гагарина, 11;

2 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации: 460000, Оренбург, ул. Советская, 6

## Информация об авторах

**Васюков Михаил Николаевич** – к. м. н., врач торакального хирургического отделения Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Оренбургский областной онкологический диспансер»; тел.: (903) 360-02-45; e-mail: miki1789@mail.ru

**Каган Илья Иосифович** – д. м. н., профессор кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии им. С.С.Михайлова Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел.: (3532) 23-72-38; e-mail: kaganil@mail.ru

## Резюме

Обзор посвящен топографо-анатомическим изменениям органов грудной клетки после пневмонэктомии и лобэктомии. Представлены основные сведения по изменению анатомии средостения, оперированного и контрлатерального легкого, скелета груди. Хронологически рассмотрены результаты исследований отечественных и зарубежных работ, посвященных исследованию данного вопроса. На основе анализа показано, что наиболее интенсивно исследования стали проводиться с внедрением в практическую медицину компьютерной томографии. Обозначены перспективы данного направления. Отмечено, что работ, в которых наряду с качественными, исследовались бы и количественные характеристики изменений, недостаточно. При использовании современных методов прижизненной визуализации возможно получение подробной картины количественных изменений, которые происходят после такого рода хирургических вмешательств. Возможности 3D-моделирования позволяют более подробно раскрыть механизмы смещения не только сердца, но и бифуркации трахеи, пищевода, крупных сосудов средостения, однако достоверные отличия топографо-анатомических изменений в зависимости от пола и типа телосложения не раскрыты. Таким образом, показана необходимость дальнейшего изучения вопросов топографо-анатомических изменений органов грудной и брюшной полостей после операций на легких.

**Ключевые слова:** пневмонэктомия, лобэктомия, компьютерная томография, топографо-анатомические изменения.

Для цитирования: Васюков М.Н., Каган И.И. Топографо-анатомические и функциональные изменения органов грудной полости после хирургического лечения заболеваний легких. *Пульмонология*. 2017; 27 (1): 71–79. DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-1-71-79

# Topographic, anatomical and functional post-surgery chest abnormalities

Mikhail N. Vasyukov<sup>1</sup>, Ilya I. Kagan<sup>2</sup>

1 – Orenburg Regional Clinical Oncological Dispensary: pr. Gagarina 11, Orenburg, 460021, Russia;

2 – Orenburg State Medical University, Healthcare Ministry of Russia: ul. Sovetskaya 6, Orenburg, 460000, Russia;

## Author information

**Mikhail N. Vasyukov**, Candidate of Medicine, physician at Thoracic Surgery Department, Orenburg Regional Clinical Oncological Dispensary; tel.: (903) 360-02-45; e-mail: miki1789@mail.ru

**Ilya I. Kagan**, Doctor of Medicine, Professor at S.S.Mikhaylov Department of Operative Surgery and Clinical Anatomy, Orenburg State Medical University, Healthcare Ministry of Russia; tel.: (3532)-23-72-38; e-mail: kaganil@mail.ru

## Abstract

Topographic and anatomical thoracic changes after pneumonectomy and lobectomy have been reviewed in this article including anatomic changes of the mediastinum, the diaphragm, the chest skeleton, operated and contralateral lungs. Results of Russian and foreign studies have been analyzed. This problem has been investigated more actively after wide implementation of computer tomography in the clinical practice. Certain trends in topographic and anatomical thoracic changes could be noted after pneumonectomy or lung resection. The most typical changes are the mediastinum displacement, diaphragm elevation and thoracic skeletal changes. A few data were published about quantitative postoperative changes. Current lifetime imaging is able to characterize postoperative changes quantitatively. 3D-modelling can comprehensively describe mechanisms of displacement of the heart, the tracheal bifurcation, the esophagus and large mediastinal vessels. Small number of studies precludes a detailed analysis of gender and constitutional differences and correlational analysis with post-operative ventilation changes. Thus, postoperative topographic and anatomical thoracic and abdominal changes after pulmonary surgery need further investigation.

**Key words:** pneumonectomy, lobectomy, computer tomography, topographic and anatomic changes.

For citation: Vasyukov M.N., Kagan I.I. Topographic, anatomical and functional post-surgery chest abnormalities. *Russian Pulmonology*. 2017; 27 (1): 71–79 (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-1-71-79

Вопрос топографо-анатомических и функциональных изменений в организме в торакальной хирургии и пульмонологии после операций на легких остается

актуальным. По данным Всемирной организации здравоохранения и статистики европейских стран, число лиц, которым выполнены оперативные вме-

шательства на органах грудной полости, с каждым годом увеличивается [1]. Любая из этих операций приводит к возникновению ряда морфологических и функциональных изменений как в легких, так и в окружающих органах, часто развиваются стойкие нарушения функций, обусловленные внешними и внутренними анатомическими изменениями легких [2]. Топографо-анатомические изменения затрагивают не только оперированное легкое, но и плевральную полость, скелет груди, органы средостения, брюшной полости. По результатам работы [3] показано, что изучение топографо-анатомических изменений грудной клетки, функционального состояния органов дыхания и кровообращения – приоритетные вопросы в изучении результатов хирургического лечения заболеваний легких.

Послеоперационные анатомо-функциональные изменения, связанные с операциями на легких, стали интересовать исследователей с тех пор, как появились первые сообщения о такого рода вмешательствах.

Результатом наиболее фундаментального научного исследования начала XX в., касающейся этой темы, явилась монография *Ф.Р.Киевского* «К учению о резекциях легких» (1905) [4]. Экспериментальная часть работы состояла из приблизительно 200 операций по удалению легкого или его части на животных (собаках, кроликах, морских свинках и голубях). Автор писал: «Можно удалять животным целое легкое на одной стороне, т. е. уменьшить дыхательную поверхность и малый круг кровообращения наполовину и даже более, так как правое легкое несколько больше левого. После такого удаления легкого животные живут довольно долгое время, в течение которого растут, развиваются и размножаются. Образовавшееся после одностороннего удаления легкого в грудной клетке свободное пространство уничтожается спадением грудной клетки, а также перемещением долей другого, неоперированного легкого и сердца. Резекция легкого вызывает изменения в дыхании, кровообращении и теплоте». Эти выводы проверены временем, они остаются верными и в наше время.

Наиболее бурно грудная хирургия стала развиваться в середине XX в. Это связано с достижениями в области анестезиологии, реанимации, а также техническим прогрессом, который позволил широко внедрить в практику рентгенологические методы исследования: рентгенографию, рентгеноскопию, томографию, бронхографию. Именно на основе указанных методов визуализации продолжает изучаться проблема оперированного легкого, а также состояние гемиторакса после пневмонэктомии (ПЭ) и резекции легкого. После операций на легких почти всегда встречаются рентгенологические изменения. Некоторые из них отражают обычное послеоперационное течение и не имеют клинического значения,

в то время как другие могут предвещать развитие серьезных осложнений. В отдаленные сроки некоторые изменения сохраняются, а некоторые следует расценивать как хирургическое осложнение. Поэтому знакомство с этими изменениями имеет большое значение [5].

Характер научных работ [6] в основном является описательным, в них чаще отражаются рентгенологические проявления послеоперационных осложнений, таких как бронхоплевральная фистула, эмпиема, формирование остаточных полостей оперированного гемиторакса [7]. В работе *К.Н.Christiansen et al.* [8] при изучении историй болезни пациентов ( $n = 163$ ), перенесших ПЭ, указано на основные изменения, которые происходят в грудной клетке после удаления легкого и особенности послеоперационных осложнений.

В монографии *В.И.Стручкова и соавт.* (1969) [3] изложены результаты обследования больных ( $n = 126$ ), перенесших операции на легких в сроки от 5 мес. до 11 лет. В исследовании использовались методы рентгеноскопии, рентгенографии, томографии, бронхографии. Проведен детальный анализ топографо-анатомических изменений органов грудной клетки после различных видов резекции легких. В монографии *А.С.Бартусевичене* обобщены и проанализированы топографо-анатомические изменения органов грудной полости и нарушения функции внешнего дыхания после ПЭ, резекций легкого, повторных операций на оперированном и контрлатеральном легком [9].

Неоценимый вклад в изучение оперированного гемиторакса после ПЭ и резекции легкого, бесспорно, внесли методы традиционной рентгенологии, однако сроки получения информации ими ограничены временем присутствия в остаточной плевральной полости воздуха, а выраженное уплотнение плевры, вплоть до массивной ее кальцинации, значительно затрудняет изучение содержимого полости и состояние культи бронха<sup>1</sup>.

С развитием оптики и электроники во второй половине XX в. сделан большой шаг в клинической рентгенологии, а при исследовании органов грудной полости стал широко использоваться такой лучевой метод, как компьютерная томография (КТ)<sup>2</sup>. Метод позволяет получить тонкий поперечный срез, сохранив структуру и топографию внутренних органов. Преимущества КТ по сравнению с другими методами заключается в высокой денситометрической чувствительности и более точной пространственной ориентации. При этом получается изображение органов в поперечной проекции, лишенной суперпозиции тканей [9]. Именно после внедрения в практику КТ появились работы, в которых на основе этого метода изучались вопросы топографо-анатомических изменений органов грудной полости после операций на легких [10–13]. Учитывая, что

<sup>1</sup> Прилуцкая М.А. Компьютерно-томографическая оценка оперированного гемиторакса после пневмонэктомии: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М.; 1997.

<sup>2</sup> Балицкая Н.В. Лучевая диагностика изменений органов грудной полости после различных видов оперативных вмешательств на легких: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2006.

при КТ грудной клетки хорошо визуализируются органы средостения, бронхи, кости скелета, появились работы, в которых отражены послеоперационные изменения не только средостения в целом или постпневмонэктомического пространства (ППЭП), но и сердца, деформаций бронхов и даже переднего медиастинального жира [14–19].

В последние годы в практику стал внедряться современный метод визуализации – магнитно-резонансная томография (МРТ) – диагностический метод получения изображения на основе эффекта ядерно-магнитного резонанса. Основными преимуществами метода в сравнении с традиционным рентгенологическим исследованием и КТ являются большая контрастная разрешающая способность, возможность получения изображения в любой произвольно выбранной плоскости и отсутствие ионизирующего излучения [20]. Метод также стал применяться в изучении топографо-анатомических изменений органов грудной полости после операций на легких [21–23].

### Анатомические изменения в грудной клетке после пневмонэктомии

Несмотря на успехи легочной хирургии, ПЭ остается одной из распространенных, сложных и травматичных операций и часто является единственно возможной в лечении местнораспространенных форм рака легкого. Удаление легкого влечет за собой значительные анатомические изменения в грудной полости [24]. В работах [25–28] описаны топографо-анатомические изменения органов грудной клетки после ПЭ. В ближайшем послеоперационном периоде ППЭП содержит воздух и жидкость. После ПЭ воздух в плевральной полости постепенно поглощается и заменяется экссудатом со скоростью приблизительно 2 межреберья в день. В результате происходит ипсилатеральное смещение средостения, подъем купола диафрагмы и перерастяжение оставшегося легкого [29]. В ближайшие 2 нед. заполняется 90 % ППЭП [30]. Продолжающееся смещение органов средостения в оперированную сторону свидетельствует о резорбции жидкости, которая может поглощаться полностью, организовываться или сохраняться в течение 1 года после операции [31]. *W.Adams et al.* указано на разную скорость заполнения плевральной полости, хотя никаких конкретных цифр не сообщается [32]. *K.Christiansen et al.* [8] изучены рентгенограммы пациентов ( $n = 60$ ), перенесших ПЭ. В исследовании изучена динамика объема жидкости в оперированном гемитораке. Средняя продолжительность до полного рассасывания жидкости составила 3,9 мес. (от 3 нед. до 7 мес.). Отмечено также, что у больных, оперированных по поводу рака, полная резорбция жидкости по неясным причинам происходит на 1 мес. дольше. Изменения, происходящие в грудной клетке после ПЭ, ведут к уменьшению пустой плевральной полости: кроме сдвига средостения и изменения высоты диафрагмы возникает уменьшение размера межреберных про-

межутков и развитие различной степени сколиоза шейного и грудного отделов позвоночника.

В работе *R.Wechler et. al.* [31] изучены вариации в положении средостения и уровня жидкости после ПЭ относительно дыхательного цикла. Показано, что уровень жидкости на рентгенограмме грудной клетки меняется в среднем на 5 мм между вдохом и выдохом, а смещение средостения – от 20 до 35 мм. Изменения указанных значений может быть признаком развития эмпиемы при бронхоплевральном свище.

При изучении результатов 37 вскрытий *J.Suarez et. al.* [33] (1969) сообщается об анатомическом исследовании изменений, которые происходят в плевральной полости после ПЭ. Только в 27 % случаев ППЭП было полностью облитерировано, т. е. мест, которые содержали бы жидкость или воздух, не идентифицировано, в остальных 73 % случаев полость была частично заполнена воздухом или жидкостью, содержащихся в простом или разделенном спайками пространстве. По мнению автора, продолжительность периода после ПЭ не коррелирует ни с полной облитерацией пространства, ни с количеством и характером жидкости. Жидкость определялась в количестве от 50 до 1 200 мл, а цвет жидкости изменялся от коричневого до янтарного.

Подробные сведения об анатомо-функциональных изменениях грудной клетки, легкого, органов средостения после ПЭ описаны в монографии *А.С.Бартусевичене* «Оперированное легкое» [9]. В работе использованы рентгеноскопические, рентгенографические методы исследования.

Диафрагма после удаления легкого сразу же поднимается на 1–1,5 межреберья, слева выше, чем справа. В процессе облитерации полости диафрагма перемещается еще на 1–1,5 межреберья выше. При подъеме купол ее становится более выпуклым и сужается, что в свою очередь вызывает уменьшение объема плевральной полости, смещение сердца и органов брюшной полости. По результатам работы утверждается, что растяжение здорового легкого вторично, оно определяется степенью смещения органов средостения. Легкое расширяется в поперечнике, переднезаднем и вертикальном направлениях. Увеличение объема оставшегося легкого обычно сильнее выражено после левосторонней ПЭ. У значительного числа больных оставшееся легкое проникает чаще всего через верхнепередний и гораздо реже – через нижнезадний отделы средостения в оперированную часть грудной полости, образуя т. н. медиастинальную грыжу, которая встречается у 67,3 % больных. У большинства оперированных отмечается значительное сужение межреберных промежутков между задними и передними отрезками ребер. У некоторых больных при сужении задних отрезков межреберных промежутков сужаются передние, иногда наблюдается обратная картина. На противоположной стороне выявляется расширение межреберных промежутков [9]. У большинства больных фиксируется незначительно выраженный верхнегрудной сколиоз. Изменения позвоночного столба

особенно выражены у больных, оперированных в период роста [34].

Первичное наблюдение больных после операций на легких состоит в основном из рутинных рентгенологических исследований, вместе с тем КТ позволяет выполнить подробный анализ анатомических изменений [35]. В середине XX в. опубликованы результаты исследований по топографо-анатомическим изменениям органов грудной клетки после ПЭ с использованием КТ. Наибольшее число таких публикаций приходится на 1990-е гг. и 1-е десятилетие XXI в.

*R. Biondetti et al.* [36] с помощью КТ впервые изучено ППЭП у пациентов ( $n = 22$ ) в сроки от 8 до 99 мес. после ПЭ. Отмечено, что наличие и количество жидкости в плевральной полости индивидуально. Описаны наблюдения, когда через 8 мес. полость была облитерирована, и наоборот, наличие жидкости в оперированном гемитораксе спустя 8 лет. Отмечено, что жидкость не организуется, а только резорбируется. Из 3 механизмов редукции оперированного гемиторакса наиболее важен механизм смещения средостения в сторону операции, что определяется способностью оставшегося легкого к растяжению и формированию передней и задней легочных грыж. По мнению *R. Biondetti et al.*, отсутствие задней легочной грыжи после правосторонней ПЭ связано с позицией аорты. Механизм смещения средостения также различен. Справа налево средостение смещается в основном за счет вращения, в то время как слева направо дистопия происходит за счет обычного смещения.

*H. Kobayashi et al.* [37] изучены данные КТ больных раком легких ( $n = 28$ : у 13 – справа, у 15 – слева), которым была выполнена ПЭ. Изучались размеры грудной клетки оперированной стороны (TS) и противоположной (CTS) на 3 уровнях: брахиоцефальных сосудов, бифуркации трахеи и нижних легочных вен. Значительной разницы в соотношении TS / CTS между правосторонней и левосторонней ПЭ не выявлено.

При изучении КТ ( $n = 22$ ) *J. Laissy et al.* [38] в 9 наблюдениях установлено отсутствие ППЭП. Облитерация ППЭП – это ситуация, которая в значительной степени определяется степенью растяжения оставшегося легкого и не зависит от сроков давности операции, дооперационной функции внешнего дыхания, высоты подъема диафрагмы, степени деформации оперированного гемиторакса. Жидкость, содержащаяся в ППЭП, не организуется, она сохраняется или поглощается. Медиастинальный сдвиг зависит от расширения единственного легкого. Анализ состояния ППЭП проводился с помощью МРТ; при этом получены аналогичные сведения. При изучении результатов МРТ ( $n = 32$ ) полное исчезновение жидкости отмечалось в 5 случаях, в 4 наблюдениях в ППЭП находился газ (видимо, имел место бронхиальный свищ), у остальных 23 больных сохранялась жидкость в различном объеме. Во всех случаях отмечено наличие фиброзной капсулы, окружающей жидкость. Средостение смещалось в сторону операции в основном передней частью. Заднее сре-

достение (аорта и непарная вена) оставалось в нормальном положении. Указывается, что в принципе при МРТ отображается информация, эквивалентная КТ, но с помощью МРТ хорошо визуализируются ППЭП, бронхи и культя сосудов, средостение, при этом введении контрастного вещества не требуется [22].

Смещение средостения после ПЭ многовекторно. Сердце смещается не только в сторону операции, но и кзади, как бы вращаясь вокруг легочных вен [7, 8]. После ПЭ справа смещение средостения происходит в основном путем перевода сердца в декстропозицию, дуга аорты смещается во фронтальной плоскости [15]. Напротив, после ПЭ слева сдвиг средостения происходит в основном за счет вращения, а дуга аорты смещается в сагиттальной плоскости [36]. В литературе встречаются сообщения о крайних формах анатомических изменений, которые происходят после ПЭ. *E. Abbas et al.* сообщает о смещении сердца после правосторонней ПЭ [26]. На МРТ диагностировано вращение сердца вдоль его оси на  $180^\circ$  с передним расположением левых камер сердца и направлением верхушки вправо. Отмечено, что смещение сердца вправо (*dextracardia*) может быть 2 видов: простое (*dextraposition*) и смещение с вращением (*dextraversion*). В тяжелых случаях после ПЭ может произойти поворот сердца на  $60-90^\circ$  против часовой стрелки [39]. Однако в большинстве случаев ориентация камер сердца остается неизменной.

Знание анатомических изменений, которые могут произойти после ПЭ, имеет первостепенное значение при лечении таких пациентов, особенно когда это лечение включает выполнение инвазивных диагностических процедур на стороне операции. Описано наблюдение, когда неосведомленность врача об анатомии ППЭП стала причиной фатального осложнения – перфорации правого желудочка при выполнении торакоцентеза [40]. В случае «слепого» выполнения пункции изменения в анатомии могут привести к повреждениям печени, селезенки или сердца. В таких ситуациях необходим визуальный УЗИ- или КТ-контроль [41].

### Анатомические изменения грудной клетки после лобэктомии

Судьба оперированного легкого зависит от многих факторов: вида патологического процесса, его распространенности и давности, объема и травматичности операции, особенностей послеоперационного периода. Представляет интерес вопрос о функциональном состоянии оперированного легкого. Ранее в некоторых исследованиях считалось, что оставшаяся часть легкого функционально неполноценна [42], однако с накоплением опыта и материала стало понятно, что функции оперированного легкого могут восстанавливаться.

Подробный анализ компенсаторно-восстановительных изменений в оставшемся легком проведен *Л.К. Романовой и соавт.* [43]. Экспериментальным путем исследовалась проблема допустимых пределов

резекции легких, вопросы взаимосвязи и различия между компенсаторными изменениями в легких и эмфиземой. Указано на определенный предел морфологической и функциональной компенсации органа. Так, при удалении до 50 % массы легких у взрослых экспериментальных животных и человека при отсутствии неблагоприятных факторов декомпенсация не развивается длительное время. При резекции 60–63 % массы легких преобладают процессы, характерные для истинной гипертрофии. При более обширных резекциях (70–85 %) развиваются склеротические изменения и признаки декомпенсации проявляются очень быстро.

При резекции легкого возникает несоответствие между объемом грудной полости и оставшихся отделов легкого. В заполнении свободного пространства принимают участие органы средостения, диафрагма, грудная стенка и само легкое.

Резекции долей всегда вызывают смещение средостения в сторону операции, причем степень смещения различна. Верхние лобэктомии сопровождаются обычно дугообразным изгибом трахеи, а нижние приводят к смещению сердца. Смещение сердца больше выражено после удаления нижней доли левого легкого, иногда оно сопровождается поворотом сердца вокруг вертикальной оси против часовой стрелки слева направо: это подтверждается появлением на левом контуре сердечной тени конуса легочной артерии в более значительной степени, чем в норме. После удаления нижней доли правого легкого смещению и повороту сердца препятствует приподнимающаяся с диафрагмой печень. В большинстве наблюдений следствием лобэктомии является смещение диафрагмы кверху. Билобэктомии вызывают те же изменения, но выраженные в большей степени. Имеются различия и в смещении диафрагмы: более высокое ее положение отмечается после верхних билобэктомий; верхние лобэктомии, наоборот, вызывают меньшее смещение диафрагмы, чем нижние. Это различие объясняется большим объемом резекции. По этой же причине и в связи со значительной распространенностью спаек верхние билобэктомии приводят к преимущественному смещению передневнутренних отделов диафрагмы, нижние – задненааружных. После лобэктомий такие различия не видны. В связи с перемещениями средостения и диафрагмы, западением грудной стенки и развитием спаек формируется новый по величине гемиторакс, форму которого и приобретает оставшаяся часть оперированного легкого. По величине и положению «рентгенологического» корня легкого возможно определение объема резекции: так, после верхних лобэктомий корень смещается кверху и кпереди, после нижних – книзу и кзади. С помощью бронхографии получено полное объемное представление о состоянии бронхов. По результатам анализа показано, что поворот или перемещение оставшихся долей и сегментов при расправлении оперированного легкого отображается изменением топографии соответствующих долевым и сегментарным бронхов, а увеличение объема или изменение формы – раз-

движением или перегибами субсегментарных бронхиальных ветвей, что приводит к возникновению новой архитектоники бронхиального дерева [3].

Расправление оперированного легкого приводит к типичному, предсказуемому для каждого вида объема и локализации резекции расположению сохраненных долей и сегментов [5]. В зависимости от скорости расправления легкого, наличия или отсутствия осложнений могут возникать варианты новой сегментарной структуры, способствующие максимальному сохранению анатомической и функциональной полноценности оперированного легкого. Вследствие неполного и неравномерного расправления могут возникать варианты, при которых возможны перегибы и деформации долевым и сегментарным бронхов – в этих случаях функциональные возможности оперированного легкого снижаются. Величина, форма, расположение долей при различных объемах и видах резекции неодинаковы [3].

*Choo-Won Kim et al.* [44] показано, что наиболее характерным изменением после лобэктомий является смещение средостения как основного компенсаторного механизма. Другими изменениями названы ипсилатеральное повышение диафрагмы и уменьшение объема грудной полости. Исследование акцентировано на изучении постлобэктомических изменений и их сравнении с изменениями у пациентов, которым ранее выполнялась операция на открытом сердце из стернотомического доступа. Ширина оперированного гемиторакса уменьшалась на 2 %, а уменьшение краниокаудального размера (косвенное отображение подъема диафрагмы) – на 7 %. Удаление доли вызывало значительное смещение средостения: верхнего – на 30 %, нижнего – на 21 %. Наименьшая степень смещения средостения отмечена после нижней лобэктомии слева. При этом виде операции основным компенсаторным механизмом был подъем диафрагмы. После верхней лобэктомии слева – наоборот, смещение средостения более выражено, подъем диафрагмы минимален, если он вообще был. Лобэктомии справа ведут к более выраженному смещению средостения и уменьшению краниокаудального размера гемиторакса. При нижней лобэктомии справа наиболее сильно смещалось нижнее средостение, при верхней лобэктомии – верхнее. Установлено также, что в течение 12 мес. происходит некоторое усиление смещения средостения и подъема диафрагмы. При анализе постлобэктомических изменений никакой разницы в изменениях с точки зрения снижения ипсилатерального объема половин грудной клетки и краниокаудальных размеров между пациентами с предварительной стернотомией и без таковой не показано; таким образом, рубцовая ткань вокруг сердца и за грудиной существенно не препятствуют смещению средостения.

*J. Michael Holbert et al.* [45] изучены КТ и рентгенограммы пациентов ( $n = 56$ ) после лобэктомий, выполненных в сроки от 2 нед. до 5 лет. Отмечено, что кроме изменения анатомии оставшихся долей, легочных сосудов, бронхов и междолевых щелей, существуют анатомические изменения средостения.

Рентгенологическая анатомия средостения после лобэктомий изучалась *Y. Kurihara et al.* [11]. Средостение всегда смещается в сторону операции (в среднем на 2,7 см) с вращением (в среднем  $10^\circ$ ). Граница средостения на снимках в прямой проекции стиралась на стороне операции. Анатомические изменения средостения после лобэктомий, по мнению *Y. Kurihara et al.*, состоят из 3 факторов: вращения и смещения, перераспределения жировой ткани средостения и вторичных изменений, связанных с первыми 2 факторами. Эти факторы оказывают влияние на изменение границ средостения. Отмечается больший сдвиг средостения на уровне дуги аорты после верхней лобэктомии слева, чем после нижней. Лобэктомии справа ведут к большему смещению верхнего средостения.

Органы средостения окружены жировой тканью, достаточно мобильной и пластичной. Форма средостения легко адаптируется к изменениям в грудной клетке и при легочной патологии [46]. Изменения средостения зарегистрированы при различных патологических состояниях: новообразованиях средостения и легких, туберкулезе и эмпиеме, хронических фиброзных заболеваний легких и плевры, пневмонии, после операций на легких и облучения средостения [16, 47, 48]. Наиболее вариабельны размеры и форма т. н. переднего медиастинального жира (*the anterior mediastinal fat* – AMF). Выделяются вогнутая, плоская и выпуклая формы, различные переднезадние и поперечные размеры AMF [14, 16]. *H. Toei et al.* изучены КТ-сканы состояния AMF после лобэктомий. Показано, что форма и размеры переднего средостенного жира действительно изменяются после лобэктомий, причем после верхней лобэктомии слева эти изменения выражены наиболее отчетливо [48, 49].

*M. Nonaka et al.* [23] при использовании МРТ проведен анализ анатомических изменений в грудной клетке после резекции легкого ( $n = 39$ ). Оценивались угол левого желудочка, угол восходящей аорты, смещение средостения, продольная длина грудной клетки, высота диафрагмы. Установлено, что после правой нижней лобэктомии средостение смещается в сторону операции в большей степени, чем после правосторонней верхней лобэктомии. Подъем диафрагмы более выражен после верхней лобэктомии справа, чем после нижней лобэктомии. После левой верхней лобэктомии степень медиастинального сдвига больше, чем после нижней лобэктомии. Отмечено также, что смещение средостения и сердца сопровождается изменением электрической оси сердца. Несмотря на простоту метода, изменение электрической оси сердца не позволяет оценить характер смещения сердца. В этом плане метод МРТ наиболее информативен, чем КТ, в связи с тем, что он позволяет выполнить синхронизацию с работой сердца. Показано, что после верхней лобэктомии справа верхнее средостение смещается вправо и краниально, а левый желудочек – вниз, придавая сердцу краниокаудальную ориентацию. Нижняя лобэктомия справа приводит к горизонтальному смещению верхнего и нижнего средостения. Левосторонняя

верхняя лобэктомия слева приводит к смещению верхнего средостения, верхушка сердца смещается вниз и вправо, придавая сердцу более вертикальное положение.

Интересными с точки зрения постлобэктомических анатомических изменений представляются исследования деформации бронхов. Это особенно актуально после верхних лобэктомий. У большинства таких пациентов имеется восходящее перемещение нижней доли, что ведет к деформации промежуточного или нижнедолевого бронхов. Степень деформации бронхов зависит от разделения легочной связки и смещения средостения [50, 51] и может достигать U-образной формы, что приводит к нарушению функции легкого вплоть до развития пневмоний и ателектазов [17–19, 52]. Для количественной оценки степени бронхиальной деформации использовался метод Мацуока [53]. Под бронхиальным углом подразумевается угол, который образуется между осями главного и промежуточного справа или нижнедолевого слева бронхами. Преимущество этого метода в том, что он предлагает простой и быстрый метод измерения, используя рентгенограммы или КТ грудной клетки. *Y. Seoka et al.* [19] изучена деформация бронхов у больных ( $n = 99$ ), перенесших верхние лобэктомии. У 32 (64 %) пациентов, перенесших верхнюю лобэктомию слева, отмечено увеличение бронхиального угла, у 13 (26 %) – его уменьшение; у 5 (10 %) пациентов изменения угла не отмечено. У 27 (55 %) пациентов, перенесших верхнюю лобэктомию справа, установлено увеличение бронхиального угла, у 20 (41 %) угол уменьшался; у 2 (4 %) пациентов изменения угла не отмечено. У пациентов, перенесших операции слева и справа, среднее увеличение угла составило  $9,9$  и  $9,7^\circ$  соответственно [54]. В этом исследовании также отмечена статистически достоверная положительная зависимость между степенью увеличения угла у больных с пониженной легочной функцией и степенью снижения функции легких.

*K. Ueda et al.* [55] обследованы пациенты ( $n = 50$ ), перенесшие верхнюю лобэктомию. На основе данных КТ и 3D-бронхографии изучена частота послеоперационных бронхиальных перегибов и его влияние на функции легких. В 41 % случаев наблюдались бронхиальные перегибы, снижались функциональные объемы легких. Указано также, что бронхиальные перегибы могут быть связаны с наличием у больных упорного кашля и одышки. Тем не менее степень изменения бронхиального угла и изменение функции легких коррелировали не у всех пациентов. Это может быть связано с тем, что увеличение угла – не единственная причина послеоперационной легочной дисфункции.

## Заключение

Таким образом, полученные из литературы данные позволяют утверждать, что после удаления всего легкого или его части существуют определенные закономерности топографо-анатомических изменений

органов грудной полости. Самые характерные из них – смещение средостения, элевация диафрагмы и изменения скелета груди. Однако в литературе в основном указывается на качественные изменения. Работы, в которых наряду с качественными, исследуются и количественные характеристики изменений, единичны. При использовании современных методов прижизненной визуализации возможно получение подробной картины количественных изменений, которые происходят после такого рода хирургических вмешательств, а возможности 3D-моделирования могут более подробно раскрыть механизмы смещения не только сердца, но и бифуркации трахеи, пищевода, крупных сосудов средостения. В небольшом числе наблюдений достоверные отличия топографо-анатомических изменений в зависимости от пола, типа телосложения не раскрыты. После операций на легких в организме также происходят функциональные изменения дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Безусловно, они более выражены после ПЭ. Отмечено отсутствие работ, где бы проводился корреляционный анализ топографо-анатомических и функциональных изменений после операций на легких. Поэтому вопросы топографо-анатомических изменений органов грудной и брюшной полостей после операций на легких требуют дальнейшего изучения.

#### Конфликт интересов

Конфликт интересов отсутствует. Публикация подготовлена без участия спонсоров.

#### Conflict of interest

There is no conflict of interest. The study was performed without any sponsorship.

## Литература

- Трахтенберг А.Х., Чиссов В.И. Клиническая онкопульмонология. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2000.
- Пилипчук Н.С. Медицинская реабилитация после операций на легких. Киев: «Здоров'я»; 1978.
- Стручков В.И., Григорян А.В., Воль-Эпштейн Г.Л., Альшулер Ю.В. Легкое после частичных резекций. М.: Медицина; 1969.
- Киевский Ф.Р. К учению о резекции легкого. Варшава; 1905.
- Goodman L. Postoperative chest radiograph. *Am. J. Roentgenol.* 1980; 134 (4): 803–813.
- Rienhoff W.F. Intrathoracic anatomical readjustments following complete ablation of one lung. *J. Thorac. Surg.* 1937; 6: 254–277.
- Barker W., Langston H., Neffah E. Post-resectional thoracic spaces. *Ann. Thorac. Surg.* 1966; 2: 299–310.
- Christiansen K., Morgan S., Karich A. et al. The pleural space following pneumonectomy. *Ann. Thorac. Surg.* 1965; 1: 298–304.
- Бартусевичене А.С. Оперированное легкое. М.: Медицина; 1989.
- Hanna W., Paul N., Darling G. et al. Minimal-dose computed tomography is superior to chest x-ray for the follow-up and treatment of patients with resected lung cancer. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2014; 147 (1): 30–33. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.08.060.
- Kurihara Y. Radiological and anatomical analysis of the mediastinum after lobectomy. *Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi.* 1990; 50 (11): 1387–1395.
- Barlonesi P., Cilotti A., Bimbi M. et al. Computerized tomography in post-operative recurrence of bronchial of bronchial carcinoma. *Radiol. Med.* 1990; 80 (6): 853–858.
- Chae E., Seo J., Kin S. et al. Radiographic and CT findings of thorac complications after pneumonectomy. *Radio Graphics.* 2006; 26 (5): 1449–1468. DOI: 10.1148/rg.2650.55156.
- Lee C., Lee H., Son K. et al. CT Analysis of the anterior mediastinum in idiopathic pulmonary fibrosis and nonspecific interstitial pneumonia. *Korean J. Radiol.* 2006; 7 (3): 173–179.
- Ghotkar S., Aerra V., Mediratta N. Cardiac surgery in patients with previous pneumonectomy. *J. Cardiothorac. Surg.* 2008; 3: 11. DOI: 10.1186/1749-8090-3-11.
- Hassan W., Elhamd E. Anterior mediastinal fat changes in idiopathic pulmonary fibrosis: A preliminary study. *J. Respir. Dis.* 2014; 4 (1): 18–21. DOI: 10.4236/ojrd.2014.41003.
- Van Leuven M., Clayman J., Snow N. Bronchial obstruction after upper lobectomy: kinked bronchus relieved by stenting. *Ann. Thorac. Surg.* 1999; 68 (1): 235–237.
- Mueller D., Foiles S. Right Mainstem bronchial kink after right upper lobectomy. *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 84 (4): 1401. DOI: 10.1016/j.athoracsurg.2006.11.074.
- Seok Y., Cho S., Lee J.Y. et al. The effect of postoperative change in bronchial angle on postoperative pulmonary function after upper lobectomy in lung cancer patients. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2014; 18 (2): 183–188. DOI: 10.1093/icvts/ivt463.
- Ищенко Б.И., Бисенков Л.Н., Тюрин И.Е. Лучевая диагностика для торакальных хирургов. СПб: ДЕАН; 2001.
- Heelan R.T., Panicek D.M., Burt M.E. et al. Magnetic Resonance Imaging of the postpneumonectomy chest: Normal and abnormal findings. *J. Thoracic. Imaging.* 1997; 12 (3): 200–208.
- Laissy J.P., Rebibo G., Iba-Zizen M.T. et al. MR appearance of the normal chest after pneumonectomy. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1989; 13 (2): 248–252.
- Nonaka M., Kadokura M., Yamamoto S. et al. Analysis of the anatomic changes in the thoracic cage after a lung resection using magnetic resonance imaging. *Surg. Today.* 2000; 30: 879–885. DOI: 10.1007/s005950070038.
- Ghotkar S.V., Aerra V., Mediratta N. Cardiac surgery in patients with previous pneumonectomy. *J. Cardiothorac. Surg.* 2008; 3: 11. DOI: 10.1186/1749-8090-3-11.
- Shepard J.A., Grillo H.C., McLound T.C. et al. Right-pneumonectomy syndrome: radiologic findings and CT correlation. *Radiology.* 1986; 161 (3): 661–664. DOI: 10.1148/radiology.161.3.3786715.
- Abbas A.E., Liu P., Lee R.W. Acquired post-pneumonectomy dextrocardia. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2004; 3 (1): 25–27. DOI: 10.1016/S1569-9293(03)00146-4.
- Fraser R.B., Pare J.P., Pare P.D. Diseases of the thorax caused by external physical agent. In: Fraser R.B., Pare J.P., Pare P.D. et al., eds. *Diagnosis of Diseases of the Chest* (vol. 4). Philadelphia: WB Sanders; 1991: 2523–2527.
- Spirm P.W., Gross G.W., Wechsler R.J., Steiner R.M. Radiology of the chest after thoracic surgery. *Semin. Roentgenol.* 1988; 23 (1): 9–11.
- Chandrasekhara S., Bhalla A., Sharma R. et al. Imaging in postpneumonectomy complications: A pictorial review. *J. Cancer Res. Ther.* 2011; 7 (1): 3–10. DOI: 10.4103/0973-1482.80426.
- Kopec S.E., Irwin R.S., Umali-Torres C.B. et al. The post-pneumonectomy state. *Chest.* 1998; 114 (4): 1158–1184.
- Wechsler R.J., Goodman L.R. Mediastinal position after pneumonectomy. *Am. J. Roentgenol.* 1985; 145 (6): 1173–1176. DOI: 10.2214/ajr.145.6.1173.

32. Adams W., Thornton T., Carlton L. The use of blood plasma for filling the pleural space following total pneumonectomy. *Ann. Surg.* 1945; 122: 905.
33. Suarez J., Clagett O., Brown A. The postpneumonectomy space: factors influencing its obliteration. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1969; 57: 539–542.
34. Абарбанель Е.Э. Рентгенологические наблюдения после радикальных операций на легких. М.: Медгиз; 1962.
35. Boyer B., Le Vot J., Solacroup J.C. et al. Radiologic aspects of pneumonectomies. *Ann. Radiol* (Paris). 1989; 32 (3): 201–207.
36. Biondetti P.R., Fiore D., Sartori F. et al. Evaluation of post-pneumonectomy space by computed tomography. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1982; 6 (2): 238–242.
37. Kobayashi H., Matsuoka R., Mieno T. et al. CT findings of post-pneumonectomy patients. *Nihon Kyobu Shikkan Gakkai Zasshi.* 1989; 27 (9): 1046–1052.
38. Laissy J., Rebibo G., Trotot P. et al. Post-pneumonectomy evaluation of the chest: a prospective comparative study of MRI with CT. *Magn. Reson Imaging.* 1989; 7 (1): 55–60.
39. Patel D., Shrivastav R., Sabety A. Cardiac torsion following intrapericardial pneumonectomy. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1973; 65: 626–628.
40. Копец С.Е., Conlan A.A., Irwin R.S. Perforation of the right ventricle a complication of blind placement of a chest tube into the postpneumonectomy space. *Chest.* 1998; 114 (4): 1213–1215.
41. Smulders S.A., van den Bosch H.C., Post J.C. et al. Where is the heart after left-sided pneumonectomy? *J. Thorac. Oncol.* 2006; 1 (1): 69–70.
42. Садофьев А.И. Рентгенологические показатели для оценки трудоспособности после резекций легкого. М.: Медицина; 1964.
43. Романова Л.К. Регенерация легких в эксперименте и клинике. М.: Медицина; 1971.
44. Kim C., Godelman A., Vineet R. et al. Postlobectomy chest radiographic changes: a quantitative analysis. *Can. Ass. Radiol. J.* 2011; 62 (4): 280–287. DOI: 10.1016/j.carj.2010.12.005.
45. Holbert J.M., Chasen M.H., Libshitz H.I., Mountain C.F. The postlobectomy chest: anatomic considerations. *Radiographics.* 1987; 7 (5): 889–911. DOI: 10.1148/radiographics.7.5.3454033.
46. Fisher E.R., Godwin J.D. Extrapleural fat collections: pseudotumors and other confusing manifestation. *Am. J. Roentgenol.* 1993; 161 (1): 47–52. DOI: 10.2214/ajr.161.1.8517319.
47. Im J.G., Webb W.R., Han M.C., Park J.H. Apical opacity associated with pulmonary tuberculosis: high-resolution CT findings. *Radiology.* 1991; 178 (3): 727–731. DOI: 10.1148/radiology.178.3.1994409.
48. Toei H., Furuse M., Shinozaki T., Sohara Y. CT analysis of the anterior mediastinal fat: before and after lobectomy. *Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi.* 1997; 57 (8): 493–498.
49. Toei H., Furuse M., Shinozaki T., Sohara Y. Computed tomography analysis of the anterior mediastinal fat after upper lobectomy. *Invest. Radiol.* 1997; 32 (3): 174–179.
50. Usuda K., Sagawa M., Aikawa H. et al. Do Japanese thoracic surgeons think that dissection of the pulmonary ligament is necessary after an upper lobectomy? *Surg. Today.* 2010; 40 (11): 1097–1099. DOI: 10.1007/s00595-009-4173-8.
51. Regnard J., Perrotin C., Giovanetti R. et al. Resection for tumors with carinal involvement: technical aspects, results, and prognostic factors. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 80 (5): 1841–1846. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2005.04.032.
52. Sundaramorthi T., Hashin S., Dilon P. et al. An unusual cause of breathlessness after lobectomy for lung cancer. *Ann. Thorac. Surg.* 2004; 78 (1): e13–14. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2003.10.097.
53. Matsuoka H., Nakamura H., Nishio W. et al. Division of the pulmonary ligament after upper lobectomy is less effective for the obliteration of dead space than leaving it intact. *Surg. Today.* 2004; 34 (6): 498–500. DOI: 10.1007/s00595-004-2752-2.
54. Sone S., Nakayama T., Honda T. et al. Long-term follow-up study of a population-based 1996–1998 mass screening programme for lung cancer using mobile low-dose spiral computed tomography. *Lung Cancer.* 2007; 58 (3): 329–341. DOI: 10.1016/j.lungcan.2007.06.022.
55. Ueda K., Tanaka T., Hayashi M. et al. Clinical ramifications of bronchial kink after upper lobectomy. *Ann. Thorac. Surg.* 2012; 93 (1): 259–265. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2011.08.065.

Поступила 11.03.16

## References

1. Trakhtenberg A.Kh., Chissov V.I. Clinical Oncological Pulmonology. Moscow: GEOTAR-Media; 2000 (in Russian).
2. Pilipchuk N.S. Medical Rehabilitation After Lung Surgery. Kiev: Zdorov'ja; 1978 (in Russian).
3. Struchkov V.I., Grigoryan A.V., Vol'-Epshteyn G.L., and Al'tshuler Yu.V. The Lungs after Surgical Resections. Moscow: Meditsina; 1969 (in Russian).
4. Kievskiy F.R. About Pulmonary Resection. Varshava; 1905 (in Russian).
5. Goodman L. Postoperative chest radiograph. *Am. J. Roentgenol.* 1980; 134 (4): 803–813.
6. Rienhoff W.F. Intrathoracic anatomical readjustments following complete ablation of one lung. *J. Thorac. Surg.* 1937; 6: 254–277.
7. Barker W., Langston H., Neffah E. Post-resectional thoracic spaces. *Ann. Thorac. Surg.* 1966; 2: 299–310.
8. Christiansen K., Morgan S., Karich A. et al. The pleural space following pneumonectomy. *Ann. Thorac. Surg.* 1965; 1: 298–304.
9. Bartusevichene A.S. Postoperative lung. Moscow: Meditsina; 1989 (in Russian).
10. Hanna W., Paul N., Darling G. et al. Minimal-dose computed tomography is superior to chest x-ray for the follow-up and treatment of patients with resected lung cancer. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2014; 147 (1): 30–33. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.08.060.
11. Kurihara Y. Radiological and anatomical analysis of the mediastinum after lobectomy. *Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi.* 1990; 50 (11): 1387–1395.
12. Barlonesi P., Cilotti A., Bimbi M. et al. Computerized tomography in post-operative recurrence of bronchial of bronchial carcinoma. *Radiol. Med.* 1990; 80 (6): 853–858.
13. Chae E., Seo J., Kin S. et al. Radiographic and CT findings of thorac complications after pneumonectomy. *Radio Graphics.* 2006; 26 (5): 1449–1468. DOI: 10.1148/rg.2650.55156.
14. Lee C., Lee H., Son K. et al. CT Analysis of the anterior mediastinum in idiopathic pulmonary fibrosis and nonspecific interstitial pneumonia. *Korean J. Radiol.* 2006; 7 (3): 173–179.
15. Ghotkar S., Aerra V., Mediratta N. Cardiac surgery in patients with previous pneumonectomy. *J. Cardiothorac. Surg.* 2008; 3: 11. DOI: 10.1186/1749-8090-3-11.
16. Hassan W., Elhamd E. Anterior mediastinal fat changes in idiopathic pulmonary fibrosis: A preliminary study. *J. Respir. Dis.* 2014; 4 (1): 18–21. DOI: 10.4236/ojrd.2014.41003.
17. Van Leuven M., Clayman J., Snow N. Bronchial obstruction after upper lobectomy: kinked bronchus relieved by stenting. *Ann. Thorac. Surg.* 1999; 68 (1): 235–237.
18. Mueller D., Foiles S. Right Mainstem bronchial kink after right upper lobectomy. *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 84 (4): 1401. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2006.11.074.

19. Seok Y., Cho S., Lee J.Y. et al. The effect of postoperative change in bronchial angle on postoperative pulmonary function after upper lobectomy in lung cancer patients. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2014; 18 (2): 183–188. DOI: 10.1093/icvts/ivt463.
20. Ishchenko B.I., Bisenkov L.N., Tyurin I.E. Image diagnostics for thoracic surgeons. Saint Petersburg: DEAN; 2001 (in Russian).
21. Heelan R.T., Panicek D.M., Burt M.E. et al. Magnetic Resonance Imaging of the postpneumonectomy chest: Normal and abnormal findings. *J. Thoracic. Imaging.* 1997; 12 (3): 200–208.
22. Laissy J.P., Rebibo G., Iba-Zizen M.T. et al. MR appearance of the normal chest after pneumonectomy. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1989; 13 (2): 248–252.
23. Nonaka M., Kadokura M., Yamamoto S. et al. Analysis of the anatomic changes in the thoracic cage after a lung resection using magnetic resonance imaging. *Surg. Today.* 2000; 30: 879–885. DOI: 10.1007/s005950070038.
24. Ghotkar S.V., Aerra V., Mediratta N. Cardiac surgery in patients with previous pneumonectomy. *J. Cardiothorac. Surg.* 2008; 3: 11. DOI: 10.1186/1749-8090-3-11.
25. Shepard J.A., Grillo H.C., McLound T.C. et al. Right-pneumonectomy syndrome: radiologic findings and CT correlation. *Radiology.* 1986; 161 (3): 661–664. DOI: 10.1148/radiology.161.3.3786715.
26. Abbas A.E., Liu P., Lee R.W. Acquired post-pneumonectomy dextrocardia. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2004; 3 (1): 25–27. DOI: 10.1016/S1569-9293(03)00146-4.
27. Fraser R.B., Pare J.P., Pare P.D. Diseases of the thorax caused by external physical agent. In: Fraser R.B., Pare J.P., Pare P.D. et al., eds. *Diagnosis of Diseases of the Chest* (vol. 4). Philadelphia: WB Sanders; 1991: 2523–2527.
28. Spirn P.W., Gross G.W., Wechsler R.J., Steiner R.M. Radiology of the chest after thoracic surgery. *Semin. Roentgenol.* 1988; 23 (1): 9–11.
29. Chandrashekhara S., Bhalla A., Sharma R. et al. Imaging in postpneumonectomy complications: A pictorial review. *J. Cancer Res. Ther.* 2011; 7 (1): 3–10. DOI: 10.4103/0973-1482.80426.
30. Kopec S.E., Irwin R.S., Umali-Torres C.B. et al. The postpneumonectomy state. *Chest.* 1998; 114 (4): 1158–1184.
31. Wechsler R.J., Goodman L.R. Mediastinal position after pneumonectomy. *Am. J. Roentgenol.* 1985; 145 (6): 1173–1176. DOI: 10.2214/ajr.145.6.1173.
32. Adams W., Thornton T., Carlton L. The use of blood plasma for filling the pleural space following total pneumonectomy. *Ann. Surg.* 1945; 122: 905.
33. Suarez J., Clagett O., Brown A. The postpneumonectomy space: factors influencing its obliteration. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1969; 57: 539–542.
34. Abarbanel' E.E. Radiological follow-up after radical lung surgery. Moscow: Medgiz; 1962 (in Russian).
35. Boyer B., Le Vot J., Solacroup J.C. et al. Radiologic aspects of pneumonectomies. *Ann. Radiol. (Paris).* 1989; 32 (3): 201–207.
36. Biondetti P.R., Fiore D., Sartori F. et al. Evaluation of post-pneumonectomy space by computed tomography. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1982; 6 (2): 238–242.
37. Kobayashi H., Matsuoka R., Mieno T. et al. CT findings of post-pneumonectomy patients. *Nihon Kyobu Shikkan Gakkai Zasshi.* 1989; 27 (9): 1046–1052.
38. Laissy J., Rebibo G., Trotot P. et al. Post-pneumonectomy evaluation of the chest: a prospective comparative study of MRI with CT. *Magn. Reson Imaging.* 1989; 7 (1): 55–60.
39. Patel D., Shrivastav R., Sabety A. Cardiac torsion following intrapericardial pneumonectomy. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1973; 65: 626–628.
40. Kopec S.E., Conlan A.A., Irwin R.S. Perforation of the right ventricle a complication of blind placement of a chest tube into the postpneumonectomy space. *Chest.* 1998; 114 (4): 1213–1215.
41. Smulders S.A., van den Bosch H.C., Post J.C. et al. Where is the heart after left-sided pneumonectomy? *J. Thorac. Oncol.* 2006; 1 (1): 69–70.
42. Sadof'ev A.I. Radiological Parameters Used for Disability Assessment after Lung Resections. Moscow: Meditsina; 1964 (in Russian).
43. Romanova L.K. Experimental and Clinical Investigation of the Lung Regeneration. Moscow: Meditsina; 1971 (in Russian).
44. Kim C., Godelman A., Vineet R. et al. Postlobectomy chest radiographic changes: a quantitative analysis. *Can. Ass. Radiol. J.* 2011; 62 (4): 280–287. DOI: 10.1016/j.carj.2010.12.005.
45. Holbert J.M., Chasen M.H., Libshitz H.I., Mountain C.F. The postlobectomy chest: anatomic considerations. *Radiographics.* 1987; 7 (5): 889–911. DOI: 10.1148/radiographics.7.5.3454033.
46. Fisher E.R., Godwin J.D. Extrapleural fat collections: pseudotumors and other confusing manifestation. *Am. J. Roentgenol.* 1993; 161 (1): 47–52. DOI: 10.2214/ajr.161.1.8517319.
47. Im J.G., Webb W.R., Han M.C., Park J.H. Apical opacity associated with pulmonary tuberculosis: high-resolution CT findings. *Radiology.* 1991; 178 (3): 727–731. DOI: 10.1148/radiology.178.3.1994409.
48. Toei H., Furuse M., Shinozaki T., Sohara Y. CT analysis of the anterior mediastinal fat: before and after lobectomy. *Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi.* 1997; 57 (8): 493–498.
49. Toei H., Furuse M., Shinozaki T., Sohara Y. Computed tomography analysis of the anterior mediastinal fat after upper lobectomy. *Invest. Radiol.* 1997; 32 (3): 174–179.
50. Usuda K., Sagawa M., Aikawa H. et al. Do Japanese thoracic surgeons think that dissection of the pulmonary ligament is necessary after an upper lobectomy? *Surg. Today.* 2010; 40 (11): 1097–1099. DOI: 10.1007/s00595-009-4173-8.
51. Regnard J., Perrotin C., Giovanetti R. et al. Resection for tumors with carinal involvement: technical aspects, results, and prognostic factors. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 80 (5): 1841–1846. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2005.04.032.
52. Sundaramorthi T., Hashin S., Dilon P. et al. An unusual cause of breathlessness after lobectomy for lung cancer. *Ann. Thorac. Surg.* 2004; 78 (1): e13–14. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2003.10.097.
53. Matsuoka H., Nakamura H., Nishio W. et al. Division of the pulmonary ligament after upper lobectomy is less effective for the obliteration of dead space than leaving it intact. *Surg. Today.* 2004; 34 (6): 498–500. DOI: 10.1007/s00595-004-2752-2.
54. Sone S., Nakayama T., Honda T. et al. Long-term follow-up study of a population-based 1996–1998 mass screening programme for lung cancer using mobile low-dose spiral computed tomography. *Lung Cancer.* 2007; 58 (3): 329–341. DOI: 10.1016/j.lungcan.2007.06.022.
55. Ueda K., Tanaka T., Hayashi M. et al. Clinical ramifications of bronchial kink after upper lobectomy. *Ann. Thorac. Surg.* 2012; 93 (1): 259–265. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2011.08.065.

Received March 11, 2016