



ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОЛОСТЯХ ТЕЛА ПОСЛЕ ПНЕВМОНЭКТОМИИ

И. И. Каган¹, М. Н. Васюков^{2✉}, А. А. Третьяков¹

1. Оренбургский государственный медицинский университет, г. Оренбург, Российская Федерация

2. Оренбургский областной клинический онкологический диспансер, г. Оренбург, Российская Федерация

✉ Mikl789@mail.ru

Резюме

Цель исследования. Изучить и описать общие закономерности топографо-анатомических изменений после пневмонэктомии на основе настоящего исследования.

Материалы и методы. Проведен анализ до- и послеоперационных компьютерных томограмм 53 пациентов, больных раком легкого, которым была выполнена пневмонэктомия. Среди пациентов 50 мужчин и 3 женщины, возраст оперированных от 39 до 75 лет. 26-и из них была выполнена левосторонняя, а 27-и – правосторонняя пневмонэктомия. Послеоперационную компьютерную томографию выполняли на 10–12-е сутки после операции, через 6 и 12 мес. после вмешательства. Изучались поперечные, передне-задние и угловые смещения органов и структур средостения, грудной стенки, живота. Оценивались изменения их скелетотопических и голотопических характеристик. Выполнены расчеты объемов постпневмонэктомической полости, оставшегося легкого.

Результаты. Пневмонэктомия вызывает закономерные, причинно-обусловленные топографо-анатомические изменения в грудной и брюшной полостях и забрюшинном пространстве. Смещения органов и крупных сосудов средостения после пневмонэктомии носит многовекторный характер разной степени выраженности. Среди органов средостения наиболее выраженным изменениям после пневмонэктомии подвергается сердце, которое смещается латерально, кзади, совершая поворот и вверх. Изменения грудной стенки после пневмонэктомии на стороне операции выражаются в изменении углов наклона ребер, сколиотической деформации грудного отдела позвоночника. Пневмонэктомия приводит к подъему купола диафрагмы на стороне операции на высоту 1–5 ребер с соответствующими топографо-анатомическими изменениями в брюшной полости и забрюшинном пространстве. Анатомические изменения оставшегося легкого выражаются в частичном уменьшении его объема в раннем послеоперационном периоде с последующим увеличением объема в отдаленные сроки и постепенным формированием преимущественно передней медиастинальной грыжи. Постпневмонэктомическая полость уменьшается в послеоперационном периоде, изменяя свою форму. Общая динамика изменений после пневмонэктомии состоит в их возникновении в раннем послеоперационном периоде, постепенном прогрессировании в течение года и последующей стабилизации.

Заключение. Закономерные постпневмонэктомические изменения со стороны органов грудной клетки и живота необходимо учитывать при выполнении оперативных вмешательств и инвазивных методов исследования. Они могут служить базой для клинко-функциональных исследований со стороны абдоминальных органов в послеоперационном периоде. Их необходимо использовать при разработке послеоперационных методов диагностики и лечения.

Ключевые слова:

пневмонэктомия, компьютерная томография, послеоперационные изменения.

Для корреспонденции:

Васюков Михаил Николаевич – к.м.н., врач торакального хирургического отделения, ГБУЗ «Оренбургский областной онкологический диспансер», г. Оренбург, Российская Федерация.

Адрес: 460021, Российская Федерация, г. Оренбург, пр-т Гагарина, д. 11

E-mail: Mikl789@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3989-0472>

SPIN: 3285-2140, AuthorID: 933340

ResearcherID: W-2727-2017

Scopus Author ID: 57201763688

Финансирование: финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования:

Каган И. И., Васюков М. Н., Третьяков А. А. Закономерности топографо-анатомических изменений в полостях тела после пневмонэктомии. Исследования и практика в медицине. 2022; 9(3): 10–24. <https://doi.org/10.17709/2410-1893-2022-9-3-1>

Статья поступила в редакцию 10.11.2021; одобрена после рецензирования 01.08.2022; принята к публикации 12.09.2022.

© Каган И. И., Васюков М. Н., Третьяков А. А., 2022.

PATTERNS OF TOPOGRAPHIC AND ANATOMICAL CHANGES IN BODY CAVITIES AFTER PNEUMONECTOMY

I. I. Kagan¹, M. N. Vasyukov^{2✉}, A. A. Tretyakov¹

1. Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation

2. Orenburg Regional Clinical Oncology Dispensary, Orenburg, Russian Federation

✉ Mikl789@mail.ru

Abstract

Purpose of the study. To study and describe the general patterns of topographic and anatomical changes after pneumonectomies on the basis of this study.

Materials and methods. Computed tomograms of the chest of 53 patients (50 men and 3 women) aged 39 to 75 years before and after pneumonectomy (26 on the left, 27 on the right) were examined. Postoperative computed tomography was performed on the 10–12th day after the operation, 6 and 12 months after the intervention. The transverse, anteroposterior and angular displacements of organs and structures of the mediastinum, chest wall, and abdomen were studied. Changes in their skeletotopic and holotopic characteristics were assessed. Calculations of the volumes of the postpneumonectomy space and the remaining lung were performed.

Results. Pneumonectomy causes regular, causal topographic and anatomical changes in the abdominal cavity and retroperitoneal space. Displacement of organs and large vessels of the mediastinum after pneumonectomy has a multi-vector character of varying severity. Among the mediastinal organs, the most pronounced changes after pneumonectomy are the heart, which is displaced laterally, posteriorly and upward. Changes in the chest wall after pneumonectomy on the side of the operation are expressed in it, changes in the angles of inclination of the ribs, scoliotic deformity of the thoracic spine. Pneumonectomy leads to the rise of the dome of the diaphragm on the side of the operation to a height of 1–5 ribs with the corresponding topographic and anatomical changes in the abdominal cavity and retroperitoneal space. Anatomical changes in the remaining lung are expressed in a partial decrease in its volume in the early postoperative period, followed by an increase in volume in the long term and the gradual formation of predominantly anterior mediastinal hernia. Postpneumonectomy cavity is reduced in the postoperative period by changing its shape. The general dynamics of changes after pneumonectomies is their occurrence in the early postoperative period, gradual progression during the year and subsequent stabilization.

Conclusion. Regular post-pneumonectomic changes in the chest and abdomen must be taken into account when performing surgical interventions and invasive research methods. They can serve as a basis for clinical and functional studies of the abdominal organs in the postoperative period. They should be used in the development of postoperative diagnostic and treatment methods.

Keywords:

pneumonectomy, computed tomography, postoperative changes

For correspondence:

Michail N. Vasyukov – Cand. Sci. (Med.), surgeon of the department of the thoracic surgery of the Orenburg Regional Clinical Oncology Dispensary, Orenburg, Russian Federation.

Address: 11 Gagarin ave., Orenburg 460021, Russian Federation

E-mail: Mikl789@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3989-0472>

SPIN: 3285-2140, AuthorID: 933340

ResearcherID: W-2727-2017

Scopus Author ID: 57201763688

Funding: this work was not funded.

Conflict of interest: authors report no conflict of interest.

For citation:

Vasyukov M. N., Kagan I. I., Tretyakov A. A. Patterns of topographic and anatomical changes in body cavities after pneumonectomy. Research and Practical Medicine Journal (Issled. prakt. med.). 2022; 9(3): 10-24. (In Russ.). <https://doi.org/10.17709/2410-1893-2022-9-3-1>

The article was submitted 10.11.2021; approved after reviewing 01.08.2022; accepted for publication 12.09.2022.

ВВЕДЕНИЕ

Об анатомических изменениях после удаления легкого было известно еще до того, как такого рода вмешательства стали регулярно выполняться на людях. Экспериментальные исследования Киевского Ф. Р., которые выполнялись на животных, показали, что после удаления легкого возникает триада изменений: смещение средостения в сторону операции, подъем купола диафрагмы и уплощение грудной стенки на стороне вмешательства [1]. Далее, в первой половине XX столетия, когда легочная хирургия стала развиваться наряду с внедрением рентгенологических методов исследования, появилась возможность более детально изучать характер постпневмонэктомических изменений [2–4]. Научные работы носили в основном описательный характер. Подходы и возможности дальнейшего изучения такого рода изменений значительно поменялись в 1980–90-е годы, когда в практическую медицину стали широко внедряться методы компьютерной томографии [5–7]. Эти методы создали возможности проводить направленные послеоперационные исследования на принципиально иной методической и содержательной основе: значительном клиническом материале, применении количественной и вариационно-статистической оценки изучаемых параметров, изучении топографо-анатомических и анатомо-функциональных изменений.

Изучение данных литературы, посвященных проблеме топографо-анатомических изменений после операций на легких, показало отсутствие современных комплексных работ по этой тематике. Анализ литературы показывает, что современной задачей изучения послеоперационных изменений является проведение комплексных прижизненных исследований с выходом на выявление общих закономерностей постпневмонэктомических изменений и определением их теоретического, фундаментального значения и практического, клинического использования.

Проведенное нами исследование, выполненное с применением метода компьютерной томографии, позволило сформулировать ряд закономерных анатомических изменений в грудной и брюшной полостях после пневмонэктомии. Нами выделено восемь закономерностей. Среди них имеются закономерности, которые подтверждают уже имеющиеся в литературе. В нашей работе оказалось возможным уточнить и развить сведения о них, им дана количественная анатомометрическая характеристика в различные сроки послеоперационного периода. Некоторые закономерности в нашей работе представлены впервые. Отдельные части нашего исследования уже были опубликованы в журналах [8–12], некоторые публикации готовятся к печати.

Цель исследования: изучить и описать общие закономерности топографо-анатомических изменений после пневмонэктомии на основе настоящего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования явились до- и послеоперационные компьютерные томограммы 53 пациентов, которым по показаниям (рак легкого) была выполнена пневмонэктомия. Среди пациентов 50 мужчин и 3 женщины, возраст оперированных – от 39 до 75 лет. 26-и из них была выполнена левосторонняя, а 27-и – правосторонняя пневмонэктомия. Послеоперационный период протекал без осложнений, ведение постпневмонэктомической полости было пассивным.

Послеоперационную компьютерную томографию выполняли на 10–12-е сутки после операции, через 6 и 12 мес. после вмешательства. Исследования выполнялись с письменного согласия пациента, по медицинским показаниям, согласно стандартам диспансерного наблюдения онкологических больных. КТ выполнялись на спиральных многосрезовых томографах в положении больного лежа на спине с задержкой дыхания на вдохе. Толщина среза – 5 мм, шаг стола – 5 мм, индекс реконструкции – 1,25 мм. Анализ выполнялся на срезах в аксиальной, фронтальной и сагиттальной проекциях. Изучались поперечные, передне-задние и угловые смещения органов и структур средостения, грудной стенки, живота. Линейные смещения измерялись относительно двух линий отсчета: вертикальной и горизонтальной, проведенных соответственно через середину тела и передний край грудного позвонка. Угловые смещения измерялись относительно вертикальной или горизонтальной линией отсчета и линией, проведенной через вершину угла в точке пересечения с передним краем тела позвонка. Оценивались изменения скелетотопических и голотопических характеристик. Выполнены расчеты объемов постпневмонэктомической полости, оставшегося легкого. Все количественные характеристики, полученные в ходе исследования, анализировались в динамике.

Статистический анализ проводился с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0. Для количественного параметра были определены: среднее значение ($\bar{X}$), стандартная ошибка среднего ($S\bar{x}$). Различия между показателями оценивали непараметрическим методом статистики. В зависимых группах использовали Sign test, Wilcoxon test. В независимых группах – Mann-Whitney test. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первая закономерность

После операции пневмонэктомии в грудной и брюшной полостях происходят 5 закономерных топографо-анатомических изменений: смещение средостения и его органов, изменения со стороны грудной клетки, увеличение оставшегося легкого с формированием медиастинальных грыж, поднятие купола диафрагмы на стороне операции и изменение топографии органов брюшной полости вследствие элевации купола диафрагмы.

К известной триаде топографо-анатомических изменений после пневмонэктомии, с накоплением рентгенологических данных в литературе появились работы, которые к изменениям после удаления органа относили состояние постпневмонэктомической полости и оставшегося легкого [13–15]. Мы включили их в эту закономерность, т.к. это явное следствие удаления пораженного легкого. Что касается изменения топографии органов брюшной полости после пневмонэктомии, то это было очень слабо изученным последствием пневмонэктомии. В наших исследованиях этому явлению было уделено значительное внимание, показано их закономерное включение в состав топографо-анатомических последствий пневмонэктомии.

Наше исследование показало, что механизм компенсации после пневмонэктомии – это сложный, динамичный, многовекторный процесс, включающий в себя протекающих синхронно смещение средостения и его органов в сторону операции, изменения со стороны скелета груди, элевацию ипсилатерального купола диафрагмы, растяжение

«оставшегося» легкого, редукцию постпневмонэктомической полости, изменение топографии со стороны органов живота.

Вторая закономерность

Смещения органов и крупных сосудов средостения после пневмонэктомии носит многовекторный характер разной выраженности.

Органы и крупные сосуды средостения после вмешательства смещаются не только в сторону операции, но и кзади, совершая при этом поворот. В литературе имеются противоречивые сведения о такого рода изменениях, они часто носят описательный характер. Так, Biondetti P. и соавт. при анализе компьютерных томограмм пациентов после пневмонэктомии утверждал, что после удаления левого легкого средостение в основном смещается латерально, тогда как после правосторонней пневмонэктомии средостение больше подвержено вращению [16]. Напротив, Ghotkar S. и соавт. утверждали об обратном, т.е. вращение средостения более выражено после пневмонэктомии слева [17].

В нашей работе оказалось возможным получить данные, которые дают полную количественную характеристику послеоперационных изменений, их динамику со стороны не только средостения в целом, но и его органов и крупных сосудов. В результате, поперечное смещение восходящего отдела аорты в сторону операции оказалось достоверно большим при левосторонней пневмонэктомии, передне-задние смещения от стороны вмешательства при этом статистически не отличались (табл. 1).

Поперечное смещение нисходящего отдела аорты достоверно больше при левосторонней пневмонэктомии только на уровне ThV–VII, на более каудальных

Таблица 1. Смещения крупных сосудов и органов средостения через 12 мес. после пневмонэктомий
Table 1. Displacement of large vessels and mediastinal organs 12 months after pneumonectomy

	Смещение / Displacement	Уровень / Level Th	Пневмонэктомия / Pneumonectomy	
			Слева / Left	Справа / Right
Восходящая аорта / Ascending aorta	Поперечное / Transverse	VI	49,7 ± 9,3*	31,5 ± 4,5
Грудная аорта / Thoracic aorta	Поперечное / Transverse	VII	20,4 ± 2,1*	12,6 ± 2,6
Верхняя полая вена / Superior vena cava	Передне-заднее / Anterior-posterior	VI	11,2 ± 1,9	27,9* ± 4,7
Трахея / Trachea	Передне-заднее / Anterior-posterior	V	25,5* ± 3,1	17,8 ± 2,5
Пищевод / Esophagus	Поперечное / Transverse	VII	20,5 ± 2,8	26,1 ± 3,0

Примечание: * – $p < 0,05$. Note: * – $p < 0,05$.

уровнях существенных отличий в смещениях нет. Отмечается существенная разница при смещении грудного отдела нисходящей аорты в передне-заднем направлении: значения такого рода смещений значительно меньше при правосторонних пневмонэктомиях. Это связано с тем, что при смещении структуры в сторону операции (вправо), передне-заднему сдвигу препятствуют тела грудных позвонков (рис. 1). На рисунке видно, что у пациента С. через 12 мес. после пневмонэктомии слева нисходящий отдел грудной аорты сместился влево на 32 мм и дорсально, а у пациента Б. через 12 мес. после пневмонэктомии справа нисходящий отдел грудной аорты находится почти по срединной линии.

Достоверной разницы значений поперечных смещений верхней полой вены в случаях лево- и правосторонних пневмонэктомий не выявлено (табл. 1). Однако значения передне-задних смещений заметно больше при правосторонних операциях, причем разница увеличивается от более краниальных уровней к более каудальным.

Оценивая изменение трахеи следует отметить о достоверно большем поперечном смещении органа при левосторонней операции, а её отклонение в передне-заднем направлении было практически идентичным. Характерными являются формы изгибов трахеи. После левосторонней пневмонэктомии каудально трахея отклоняется влево и кзади поступательно и без изгибов. После пневмонэктомии справа трахея в поперечном направлении трахея делает «С»-образный изгиб, а в передне-заднем направлении смещение прямолинейно и каудально увеличивается.

При сравнении количественных значений поперечных и передне-задних смещений пищевода оказалось, что достоверная разница в зависимости от стороны операции отсутствует.

Поперечные и передне-задние смещения в аксиальной плоскости сопровождаются поворотом органов и структур средостения и смещением вверх. Дуга аорты после пневмонэктомии слева поворачивается в аксиальной плоскости (при виде снизу) по часовой

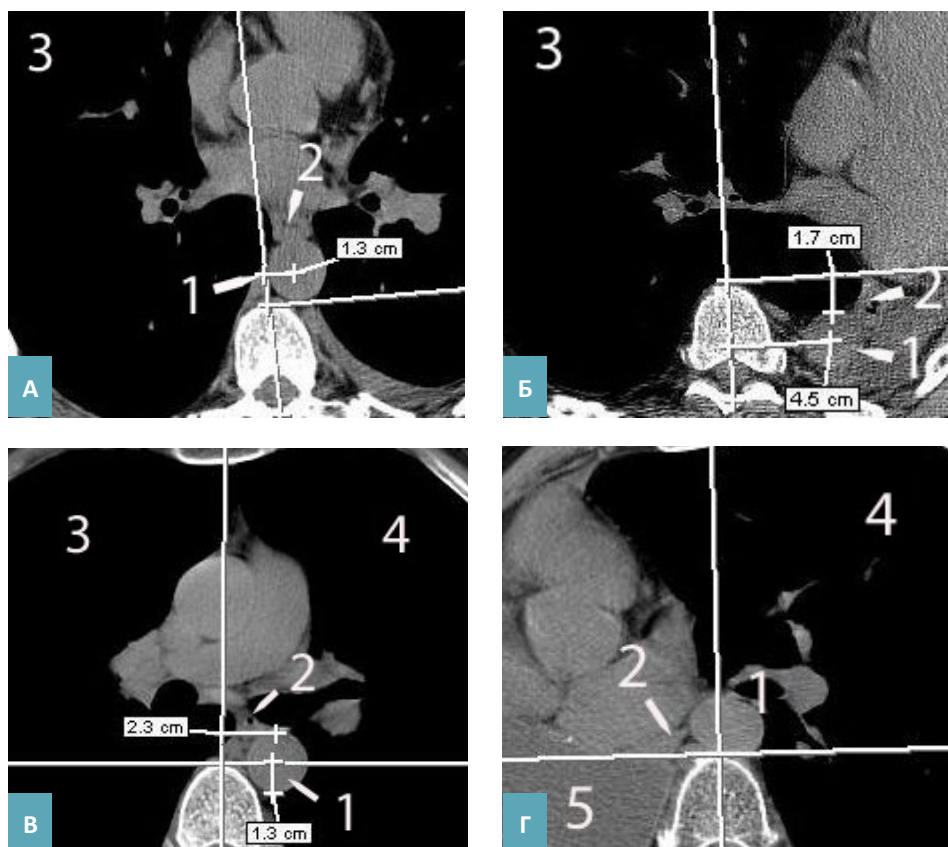


Рис. 1. Аксиальные КТ – граммы пациентов до – (А, В) и через 12 мес. после пневмонэктомии слева (Б) и справа (Г). А, Б – пациент С. 1964 г.р., В, Г – пациент Б. 1958 г.р. 1 – нисходящий отдел грудной аорты, 2 – пищевод, 3 – правое легкое, 4 – левое легкое, 5 – постпневмонэктомическая полость.

Fig. 1. Axial computed tomograms of patients before (A, C) and 12 months after pneumonectomy left (B) and right (D). A, B – patient S. born in 1964, C, D – patient B. born in 1958. 1 – descending aorta, 2 – esophagus, 3 – right lung, 4 – left lung, 5 – postpneumonectomy cavity.

стрелке в среднем на $7,4^\circ$, а после удаления правого легкого – в обратном направлении на $28,0^\circ$ (рис. 2). На рисунке 2А показано обычное положение дуги аорты, в данном случае смещение от срединной линии – 24° , через год после пневмонэктомии дуга поворачивается против часовой стрелки на 51° (рис. 2Б), а после пневмонэктомии слева – по часовой стрелке на 3° (рис. 2В).

В обоих случаях дуга аорты смещалась краниально примерно на высоту тела одного грудного позвонка независимо от стороны операции. Угловое смещение бифуркации трахеи больше выражено после удаления правого легкого: $28,6^\circ$ против $8,4^\circ$ после операции слева. Смещения по высоте при этом не выражены.

Третья закономерность

Среди органов средостения наиболее выраженным изменениям после пневмонэктомии подвергается сердце, которое смещается латерально, кзади и вверх, полностью изменяя свою голотопию и скелетотопию.

Смещение сердца после пневмонэктомии является закономерным и носит многовекторный характер. Сердце не только смещается в сторону операции и кзади, оно также подвержено угловым смещениям в аксиальной, фронтальной плоскости и по высоте.

В литературе есть данные об угловых смещениях сердца после удаления легкого [16; 18], которые носят противоречивый характер. Одни авторы говорят о более выраженном повороте органа после правосторонних пневмонэктомиях [19], другие [20] утверждали об обратном.

В нашей работе нам удалось получить данные, которые указывают на то, что поперечное смещение сердца после левосторонней пневмонэктомии достоверно больше, чем после операции справа. Причиной этого является печень, которая смещается вверх и слу-

жит преградой для поперечного смещения средостения в целом. Достоверной разницы в передне-задних смещениях сердца между операциями нет.

Оказалось, что угловые смещения органа в поперечной плоскости коррелируют со степенью поперечного смещения: чем больше сердце смещается в сторону операции, тем выраженной его угловое смещение в аксиальной плоскости. После пневмонэктомии слева сердце совершает поворот по часовой стрелке (при виде снизу) в среднем на $10,6^\circ$, а после пневмонэктомии справа – на $11,4^\circ$ ($p = 0,8864$). Следует отметить, что после операции слева диапазон угловых смещений составлял 55° , от -11° (т.е. сердце у некоторых пациентов в противоположную сторону), до 44° . После пневмонэктомии справа диапазон угловых смещений составил 29° , от -28° (когда сердце закономерно смещается против часовой стрелки при виде снизу), до 1° (т.е. сердце практически не смещалось).

Сердце подвержено угловому смещению во фронтальной плоскости. Орган совершает поворот против часовой стрелки (при виде спереди) независимо от стороны операции. После операции слева угол поворота в среднем составляет $9,5^\circ \pm 3,8$, после пневмонэктомии справа $5,6^\circ \pm 1,3$. В первом случае сердце, значительно смещенное влево «поднимается» куполом диафрагмы, во втором – сердце оказывается «лежащим» на внутреннем скате правого купола диафрагмы смещенным вверх правой долей печени (рис. 3).

После удаления легкого сердце смещается вверх. Независимо от стороны операции орган перемещается краниально в среднем на высоту тела одного грудного позвонка. Анализ показал, что отделы уровня «5-и камерного сердца» и его основание меняют свое положение асинхронно: более выраженный подъем отмечается у основания сердца, что подтверждает факт поворота сердца во фронтальной плоскости.

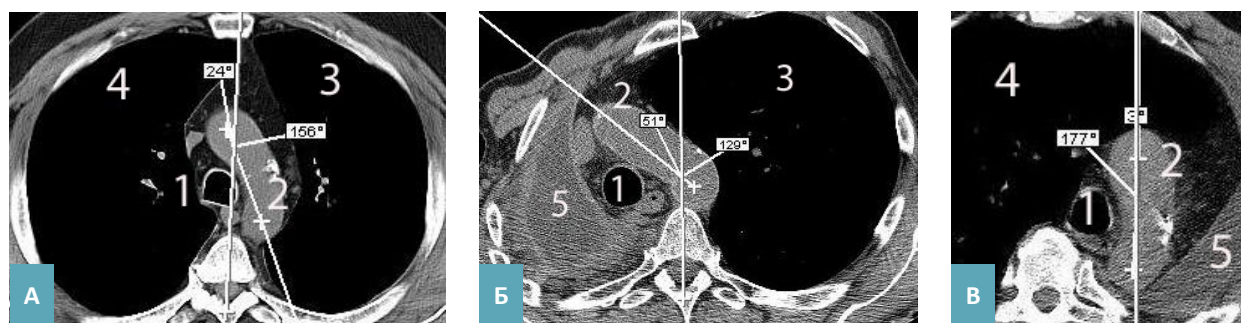


Рис. 2. Аксиальные КТ – граммы пациентов до операции (А) и через 12 мес. после пневмонэктомии справа (Б), через 12 мес. после пневмонэктомии слева (В). Уровень дуги аорты. 1 – трахея, 2 – дуга аорты, 3 – левое легкое, 4 – правое легкое, 5 – постпневмонэктомическая полость.

Fig. 2. Axial computed tomograms of patients before (A) and 12 months after pneumonectomy right (B) and left (C). 1 – trachea, 2 – aortic arch, 3 – left lung, 4 – right lung, 5 – postpneumonectomy cavity.

Четвертая закономерность

Изменения грудной стенки после пневмонэктомии на стороне операции выражаются в частичном уплощении грудной стенки, изменении углов наклона ребер, сколиотической деформации грудного отдела позвоночника.

Удаление легкого ведет к закономерному изменению со стороны скелета грудной клетки. В литературе имеются данные о такого рода изменениях в части западения грудной стенки, уменьшения межреберных промежутков, сколиотических деформациях позвоночника [3; 4; 21; 22]. В этих работах использовался рентгенологический метод и они носили описательный характер.

С помощью компьютерной томографии в нашей работе оказалось возможным не только описать послеоперационные изменения со стороны скелета грудной клетки, но и дать им количественную характеристику и оценить их динамику (рис. 4). На рисунке 4А хорошо заметно уплощение грудной стенки у пациента спустя 1 год после правосторонней пневмон-

эктомии. На рисунке 4Б произведено измерение угла сколиотической деформации, который составил 20°, а на рисунке 4В – 15°.

Через год после левосторонней пневмонэктомии уплощение бокового сегмента грудной стенки в среднем достигает $16,2 \pm 2,4$ мм на уровне ThV (максимально до 47 мм). Расположение ребер становится более вертикальным (угол наклона уменьшается на 4,6°). Появляется сколиотическая деформация позвоночника (угол деформации увеличивается в среднем на 4°, а максимально – на 12°).

Через 12 мес. после пневмонэктомии справа уплощение бокового сегмента грудной стенки в среднем достигает $27,4 \pm 4,9$ мм на уровне ThIV (максимально до 61 мм). Расположение ребер также становится более вертикальным (угол наклона уменьшается на 6,9°). Появляется сколиотическая деформация позвоночника: угол деформации увеличивается в среднем на 3,9° (максимальный – 14°).

Уплощение грудной стенки достоверно больше после пневмонэктомии справа. Различий степени

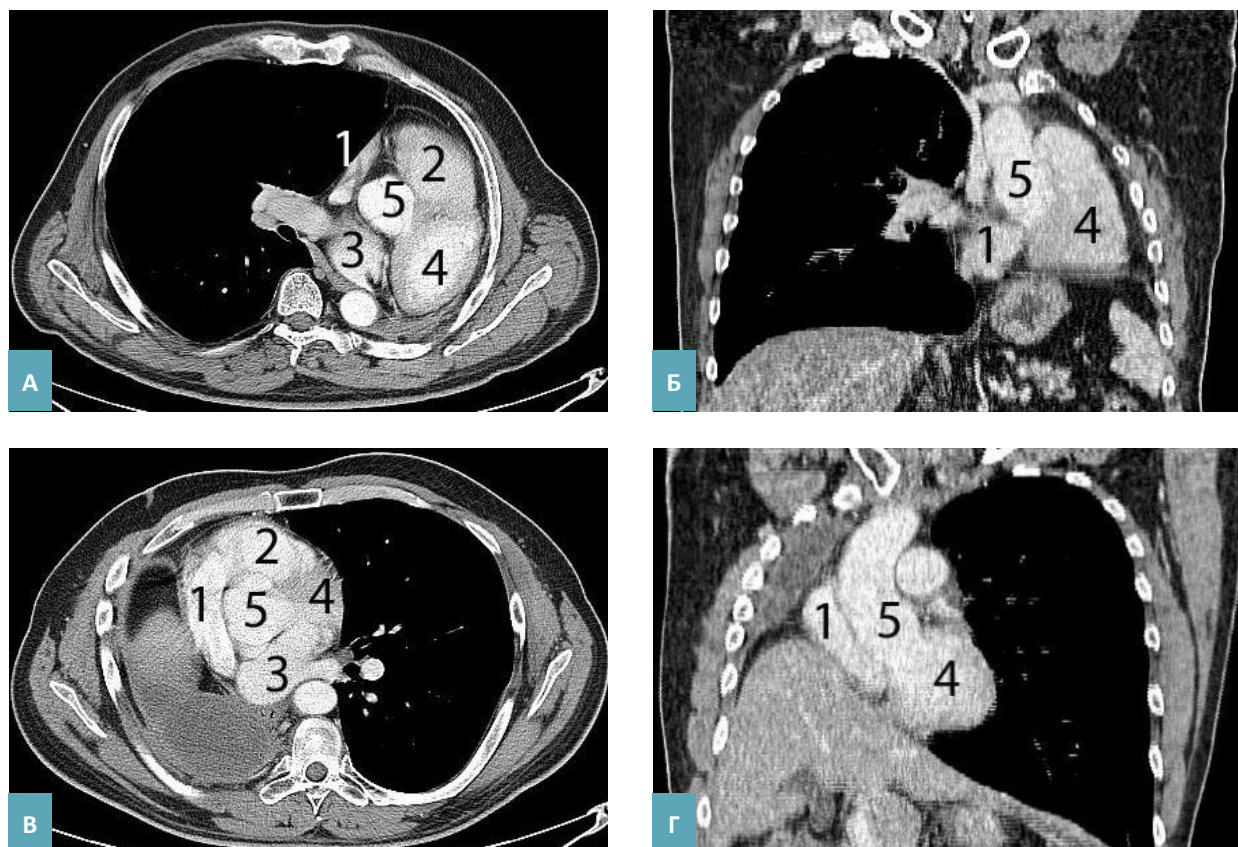


Рис. 3. КТ – граммы пациентов через 12 мес. после пневмонэктомии слева (А, Б), через 12 мес. после пневмонэктомии справа (В, Г). А, В – аксиальные сканы уровня «5-и камерного сердца». Б, Г – фронтальная проекция. 1 – правое предсердие, 2 – правый желудочек, 3 – левое предсердие, 4 – левый желудочек, 5 – аорта.

Fig. 3. Computed tomograms of patients 12 months after pneumonectomy left (A, B) and right (C, D). A, C – axial scans the level at which the "5-chamber heart" is visualized. B, D – frontal scans. 1 – right atrium, 2 – right ventricle, 3 – left atrium, 4 – left ventricle, 5 – aorta.

сколиотической деформации позвоночника и угла наклона ребер в зависимости от стороны операции не выявлено.

Пятая закономерность.

Анатомические изменения оставшегося легкого выражаются в частичном уменьшении его объема в раннем послеоперационном периоде с последующим увеличением объема в отдаленные сроки и постепенным формированием преимущественно передней медиастинальной грыжи.

После пневмонэктомии происходит изменение объема оставшегося легкого. В раннем послеоперационном периоде объем уменьшается, затем происходит его увеличение. В литературе есть данные о постпневмонэктомических изменениях со стороны неоперированного легкого. В подавляющем большинстве речь идет о том, что оставшееся легкое после пневмонэктомии увеличивается в размерах и при этом могут формироваться медиастинальные грыжи [16; 23; 24].

В нашей работе дана анатомометрическая характеристика оставшегося легкого после пневмонэктомии с расчетами объемов, показана динамика показателей в послеоперационном периоде, определены законо-

мерности формирования медиастинальных грыж.

В раннем послеоперационном периоде происходит уменьшение объема оставшегося легкого. Правое легкое (после левосторонней пневмонэктомии) уменьшается в среднем на 9,0 %, левое легкое – на 9,7 %. В дальнейшем легкое увеличивается. Через год после операции объем правого легкого в среднем увеличивается на 11,4 % (максимально до 44 %), объем левого легкого в среднем увеличивается на 12,3 % (максимально до 43 %) (рис. 5).

Увеличение объема сопровождается формированием медиастинальных грыж. Закономерность их образования предопределена топографо-анатомическими изменениями органов грудной клетки в послеоперационном периоде и зависит от стороны операции. Медиастинальные грыжи после пневмонэктомии формируются в раннем послеоперационном периоде и увеличиваются в течение года после операции. Через 10 дней после левосторонней пневмонэктомии передние и задние медиастинальные грыжи визуализируются у 80,8 % пациентов. Через год после операции слева передние грыжи наблюдались у 91,7 % пациентов, их средний размер составил $57,3 \pm 5,2$ мм на уровне ThV–VI. Задние медиастиналь-

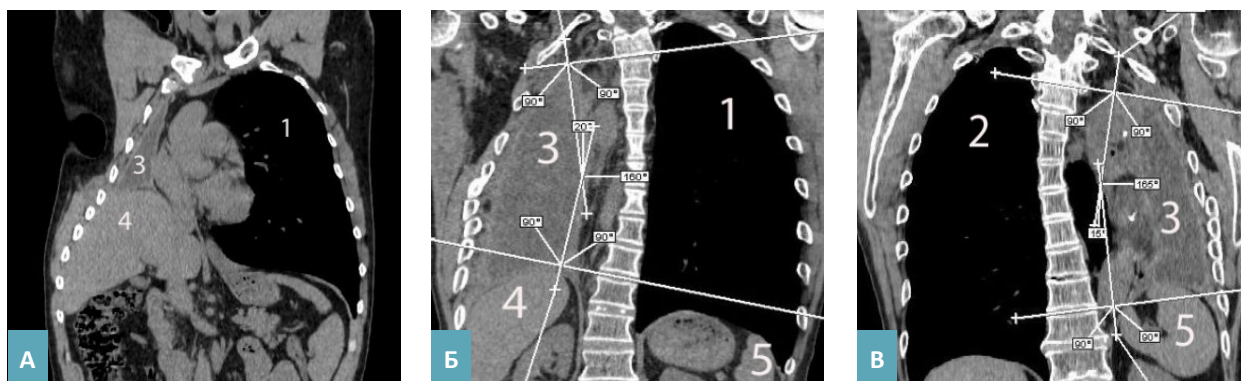


Рис. 4. Фронтальные КТ-граммы пациентов через 12 мес. после пневмонэктомии справа (А, Б) и слева (В). 1-левое легкое, 2- правое легкое, 3-постпневмонэктомическая полость, 4-печень, 5-селезенка.

Fig. 4. Frontal computed tomograms of patients 12 months after pneumonectomy right (B) and left (C). 1 – left lung, 2 – right lung, 3 – postpneumonectomy cavity, 4 – liver, 5 – spleen.

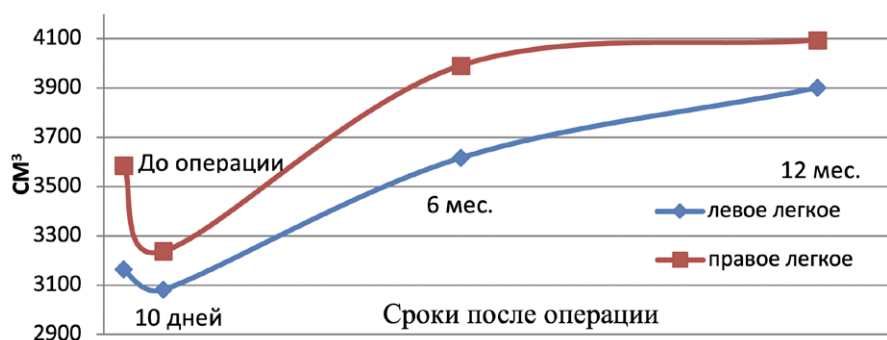


Рис. 5. Динамика изменений объема «оставшегося» легкого.

Fig. 5. Dynamics of changes in the volume of the preserved lung.

ные грыжи через 12 мес. после левосторонней пневмонэктомии встречались у 80,5 % пациентов, средний размер составил $34,9 \pm 5,2$ мм на уровне ThVIII. После правосторонней пневмонэктомии в раннем послеоперационном периоде передние медиастинальные грыжи встречались у 70,3 % пациентов, через год – у 88,2 %, средний размер составил $41,0 \pm 7,6$ мм на уровне Th V. Средние поперечные размеры передних медиастинальных грыж через 12 мес. после левосторонних и правосторонних пневмонэктомий достоверно не отличались ($p = 0,950$). Задние медиастинальные грыжи после операции справа встречались у 20,0 % пациентов, наибольший размер определялся на уровне ThIX и в среднем он составил $12,7 \pm 5,8$ мм. На рисунке 6 представлены 3D модели «оставшихся» легких пациентов через год после пневмонэктомий.

Шестая закономерность

Операция пневмонэктомия сопровождается поднятием купола диафрагмы на стороне операции на высоту 1–5 ребер и соответствующими закономерными топографо-анатомическими изменениями в брюшной полости (преимущественно органов верхнего этажа) и забрюшинном пространстве.

Подъем купола диафрагмы после удаления легкого является одним из механизмов компенсации. В литературе имеются сведения о степени её элевации, так как она достаточно хорошо визуализируется при рентгенографии грудной клетки [22].

Используя метод компьютерной томографии, нам удалось не только представить достоверную количественную характеристику степени элевации купола диафрагмы и динамику в послеоперационном периоде, но и дать описание изменений её формы.

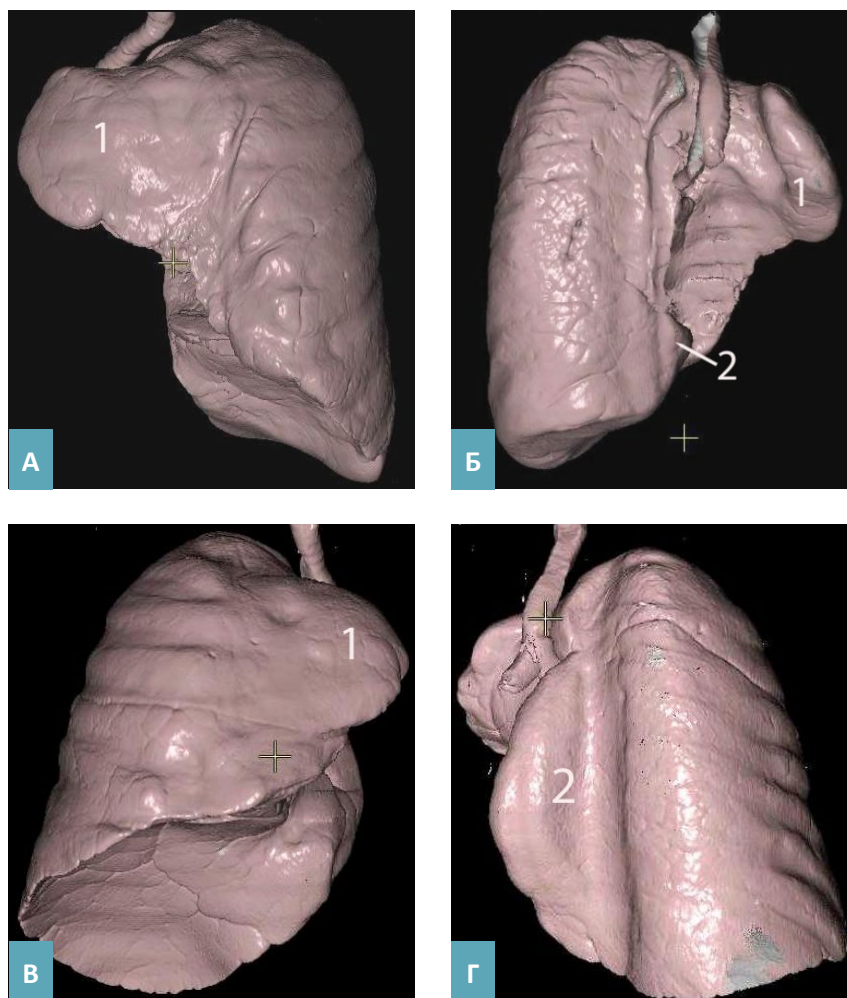


Рис. 6. 3D-модели «оставшихся» легких пациентов через 12 мес. после пневмонэктомии справа (А, Б), пневмонэктомии слева (В, Г). Вид спереди (А, В). Вид сзади (Б, Г). 1 – передняя медиастинальная грыжа, 2 – задняя медиастинальная грыжа.

Fig. 5. 3D model «remaining» lung 12 months after pneumonectomy right (A, B) and left (C, D). Front view (A, C). Back view (B, D). 1 – anterior mediastinal hernia, 2 – posterior mediastinal hernia.

Анализ показал, что через год после левосторонней пневмонэктомии купол диафрагмы перемещался краниально в среднем на высоту двух ребер, максимальный подъем составил 4 ребра. С повышением купола диафрагмы меняется его форма. Слева, до операции, в сагиттальной проекции купол диафрагмы расположен кпереди, в прямой проекции его форма правильная, ближе к округлой. После вмешательства купол смещается кнаружи и кзади. Он становится более узким и вытянутым.

Правый купол диафрагмы через год после правосторонней операции поднимается вверх в среднем на высоту трех ребер. Минимально купол поднимался на высоту одного, а максимально – пяти ребер. После правосторонней пневмонэктомии степень элевации купола диафрагмы больше, чем после операции слева.

Подъем купола диафрагмы после удаления легкого является первичным звеном в цепи возникновения

топографо-анатомических изменений со стороны органов живота. Ранее, с помощью рентгенологических методов, проводились исследования, касающиеся изменений со стороны желудка и ободочной кишки [3; 25; 26]. Также имеются публикации, прямо указывающие на изменение топографии со стороны желудка, печени, селезенки [27; 28]. Работы носили описательный характер или являлись публикациями из разряда «случаев из практики».

С помощью компьютерной томографии нам впервые удалось представить характер топографо-анатомических изменений со стороны печени, почек, поджелудочной железы, селезенки, оценить эти изменения количественно и в динамике.

Анализ полученных данных показал, что после пневмонэктомии возникают топографо-анатомические изменения со стороны печени, селезенки, почек и поджелудочной железы, которые

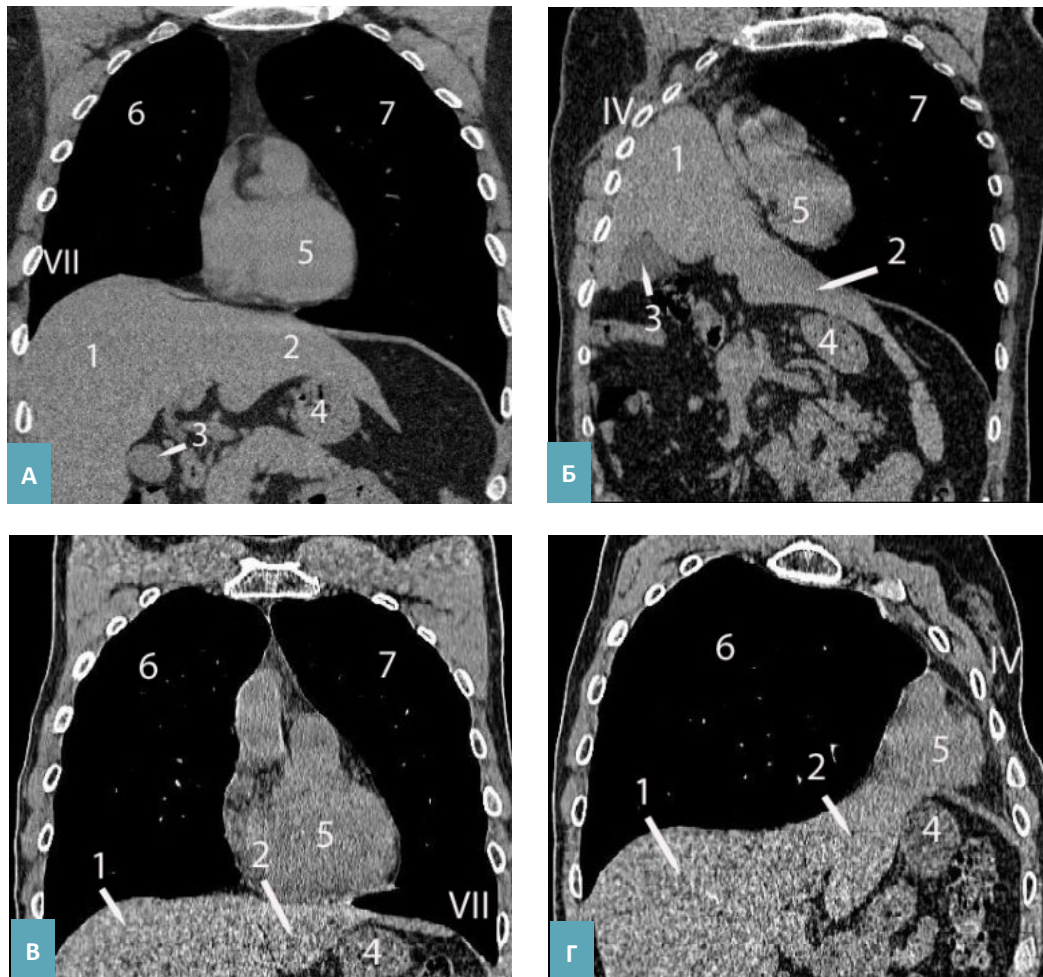


Рис. 7. Фронтальные томограммы пациентов через 12 мес. до и после пневмонэктомии справа (А, Б) и слева (В, Г). 1 – правая доля печени, 2 – левая доля печени, 3 – дно желчного пузыря, 4 – желудок, 5 – правый желудочек, 6 – правое легкое, 7 – левое легкое.

Fig. 7. Frontal computed tomograms of patients before and 12 months after pneumonectomy right (A, B) and left (C, D). 1 – right lobe of the liver, 2 – left lobe of the liver, 3 – bottom of the gallbladder, 4 – stomach, 5 – right ventricle, 6 – right lung, 7 – left lung.

заканчиваются в смещении органов или их отделов краниально, а также они подвержены латеральным и дорзальным смещениям в аксиальной плоскости.

Имеются четкие различия правосторонних и левосторонних изменений в брюшной полости и забрюшинном пространстве, соответствующих правосторонней или левосторонней пневмонэктомии, вызывающей смещения положения правого или левого куполов диафрагмы.

После левосторонней пневмонэктомии вверх перемещаются левая доля печени, селезенка, почка, хвост поджелудочной железы. Краниальные смещения левой доли печени и хвоста поджелудочной железы влекут за собой смещение влево всего органа. Левая доля печени перемещается вверх, в среднем на высоту тела одного грудного позвонка. Селезенка перемещается краниально на 1–2 позвонка и дорзально. Хвост поджелудочной железы может перемещаться вверх на высоту до 2 позвонков, при этом железа

смещается влево. Левая почка смещается вверх на высоту одного позвонка.

После правосторонней пневмонэктомии наибольшему перемещению вверх подвержена правая доля печени, в раннем послеоперационном периоде она перемещается вверх на высоту 1–3 тел позвонков, а через 12 мес. – на высоту до 5 тел позвонков. Печень – орган, принимающий ведущее значение в механизме компенсации после удаления правого легкого, он препятствует чрезмерному смещению органов средостения. Дно желчного пузыря перемещается вверх в раннем послеоперационном периоде в среднем на высоту одного позвонка, а через 12 мес. – на высоту 3 позвонков, а также вправо и кзади. Головка поджелудочной железы перемещается вверх на высоту до одного позвонка, при этом смещается влево. Правая почка перемещается краниально на высоту 1–2 грудных позвонков. На рисунке 7 представлены изменения органов живота через год после удаления

Таблица 2. Анатометрические характеристики постпневмонэктомической полости после пневмонэктомии, мм

Table 2. Anatomometric characteristics of the post-pneumonectomy cavity after pneumonectomy, mm

Сроки после операции / Time after surgery	Анатометрические характеристики ППЭП / Anatomometric characteristics of PPEC		
	Поперечный размер* / Transverse size*	Передне-задний размер* / Front-rear size*	Высота / Height
Пневмонэктомия справа / Pneumonectomy on the right			
До операции / Before surgery	125,8 ± 1,7	183,2 ± 3,1	279,8 ± 6,0
10–12 дней / 10-12 days	112,4 ± 2,4	170,4 ± 3,6	240,9 ± 5,5
6 мес. / 6 mon.	94,4 ± 3,2	153,6 ± 5,0	184,7 ± 7,6
12 мес. / 12 mon.	91,7 ± 4,8	146,3 ± 6,5	171,5 ± 12,8
Δ_1	–13,4	–12,8	–38,9
Δ_2	–34,1	–36,9	–108,3
Пневмонэктомия слева / Pneumonectomy on the left			
До операции / Before the surgery	118,0 ± 3,5	179,3 ± 3,5	265,1 ± 6,1
10–12 дней / 10-12 days	103,2 ± 1,9	156,8 ± 4,6	220,9 ± 5,3
6 мес. / 6 mon.	84,3 ± 3,3	120,3 ± 5,5	181,4 ± 5,3
12 мес. / 12 mon.	77,3 ± 2,5	111,2 ± 6,6	164,5 ± 7,8
Δ_1	–14,8	–22,5	–44,2
Δ_2	–40,7	–68,1	–100,6

Примечание: Δ_1 – разница между дооперационными показателями и показателями через 10–12 дней после вмешательства. Δ_2 – разница между дооперационными показателями и показателями через 12 мес. после вмешательства. * – определение передне-задних и поперечных размеров полости определялись на уровне бифуркации трахеи.

Note: Δ_1 is the difference between preoperative indicators and indicators 10–12 days after the intervention. Δ_2 is the difference between preoperative indicators and indicators 12 months after the intervention. * – determination of antero-posterior and transverse dimensions of the cavity were determined at the level of tracheal bifurcation.

правого и левого легких. На томограммах видно, что после пневмонэктомии диафрагма поднимается на высоту боковых отрезков 3 ребер, что влечет за собой изменения топографии органов брюшной полости.

Седьмая закономерность

Среди анатомических факторов, определяющих изменение формы и объема постпневмонэктомической полости, ведущее значение имеет смещение средостения, индивидуальная выраженность которого находится в зависимости от интенсивности накопления интраплевральной жидкости.

Постпневмонэктомическая полость – это динамически меняющееся анатомическое образование, участвующее в механизмах компенсации изменений после удаления легкого. Результаты, полученные в нашей работе в целом согласуются с данными литературы в части того, что полость накапливает экссудат в раннем послеоперационном периоде на фоне уменьшения содержания в ней воздуха, с последующим уменьшением её объема и резорбцией содержимого [16; 23; 29].

С помощью компьютерной томографии в нашем исследовании дана количественная характеристика анатометрических изменений со стороны постпневмонэктомической полости и их динамика в послеоперационном периоде. В работе имелись единичные наблюдения, когда объем постпневмонэктомической полости не уменьшался – это являлось фактором, препятствующим смещению средостения. Удалось показать, что скорость резорбции не зависит от индивидуальных особенностей пациентов, а коррелирует с клиническими факторами: стадией патологического процесса, видом послеоперационного лечения.

Редукция полости происходит в большей степени за счет уменьшения её высоты. В таблице 2 представлены анатометрические характеристики постпневмонэктомической полости в различные сроки послеоперационного периода.

Уменьшение полости – это длительный процесс, хотя через 12 мес. после операции ни у одного пациента нашего исследования не наблюдалось её полной облитерации.

Анализ изменений объемов постпневмонэктомической полости показал, что в раннем послеоперационном периоде её объем уменьшался в сравнении с дооперационным в среднем в 1,80 раза: справа с $3351,5 \pm 150,0 \text{ см}^3$ до $2112,1 \pm 152,6 \text{ см}^3$, слева – с $2674,3 \pm 125,2 \text{ см}^3$ до $1460,1 \pm 84,1 \text{ см}^3$. Через 12 мес. объем полости в сравнении с объемом полости в раннем послеоперационном периоде уменьшался в среднем в 3,68 раза: справа до $714,3 \pm 100,7 \text{ см}^3$, слева до $401,5 \pm 42,5 \text{ см}^3$. Изменение формы заключалось

в уплощении полости, уменьшении глубины синусов. Плотность экссудата в течение года не менялась.

Восьмая закономерность

Общая динамика изменений после пневмонэктомии состоит в их непосредственном возникновении в раннем послеоперационном периоде, постепенном прогрессировании в течение года и последующей стабилизации.

Постпневмонэктомические механизмы компенсации динамичны. Они возникают уже в раннем послеоперационном периоде и нарастают в течение года после вмешательства. Данные литературы, описывающие постпневмонэктомические изменения так или иначе затрагивают вопрос их динамики. Однако нередко эти данные носят противоречивый характер, например, это касается естественной истории развития постпневмонэктомической полости [16; 18; 23; 29].

Компьютерно-томографические исследования, выполненные пациентам в течение года после операции позволили нам оценить динамику всех топографо-анатомических изменений после удаления легкого.

Анализ показал, что основные топографо-анатомические изменения после удаления легкого фиксируются уже в раннем послеоперационном периоде, но на этом этапе изменения не столь выражены. Смещение средостения в среднем составляет 32,1 мм после левосторонней пневмонэктомии и 10,2 мм после операции справа, уплощение грудной стенки 9,5 мм и 11,6 мм соответственно. Купол диафрагмы поднимается в среднем на одно ребро. Оставшееся легкое независимо от стороны операции в раннем послеоперационном периоде уменьшается в объеме.

Статистический анализ показывает, что степень выраженности постпневмонэктомических изменений в первые 6 мес. значительно увеличиваются. Во втором полугодии происходит дальнейшее нарастание изменений, но их темп развития становится менее выраженным.

Через 12 мес. после левосторонней пневмонэктомии смещение средостения достигает 61,0 мм, после правосторонней – 33,6 мм. Увеличивается деформация грудной стенки. Её уплощение достигает 16,2 мм после операции слева и 27,4 мм после удаления правого легкого. Купол диафрагмы поднимается в первом случае в среднем на два ребра, во втором – на три ребра. Увеличиваются объемы «оставшихся» легких: правое легкое увеличивается в среднем на 11,4 %, левое – на 12,3 %. Отсутствие методичных контрольных исследований на более поздних сроках не позволяют нам однозначно утверждать о дальнейшем развитии постпневмонэктомических изменений. Мы предполагаем, что динамика изменений будет протекать синхронно с редукцией постпневмонэктомической полости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные закономерности описывают комплекс топографо-анатомических изменений, закономерно возникающих после пневмонэктомии в грудной полости и полости живота: смещение органов в сторону операции, деформация скелета груди, подъем купола диафрагмы, увеличение объема «здорового» легкого, редукция постпневмонэктомической

полости. Полученные данные имеют как фундаментальное, так и клиническое значение. Их необходимо учитывать при выполнении оперативных вмешательств или инвазивных методов исследования, они могут служить базой для клинко-функциональных исследований абдоминальных органов в послеоперационном периоде, их также необходимо использовать при разработке послеоперационных методов диагностики и лечения.

Список источников

1. Киевский Ф. Р. К учению о резекции легкого. М.: Медгиз, 1956, 220 с.
2. Кевеш Е. Л. Рентгенологические наблюдения после операции удаления легкого. Хирургия. 1950;(8):55–59.
3. Абарбанель Е. Э. Рентгенологические наблюдения после радикальных операций на легких. М.: Медгиз, 1962, 212 с.
4. Линденбратен Д. С., Калиниченко А. А. Рентгенологические наблюдения над больным после операции удаления легкого. Хирургия. 1950;(8):59–67.
5. Портнов Л. М., Петрова Г. А., Нефедова В. О. Компьютерная томография и легочная патология. Вестник рентгенологии и радиологии. 1995;(5):5–12.
6. Chasen MH, McCarthy MJ, Gilliland JD, Floyd JL. Concepts in computed tomography of the thorax. Radiographics. 1986 Sep;6(5):793–832. <https://doi.org/10.1148/radiographics.6.5.3317551>
7. Харченко В. П., Котляров П. М., Гуревич Л. А., Петрушевский А. Г. Компьютерная томография органов грудной клетки после хирургических вмешательств на легких. Вестник рентгенологии и радиологии. 2000;(4):17–19.
8. Васюков М. Н., Кagan И. И. Топографо-анатомические и функциональные изменения органов грудной полости после хирургического лечения заболеваний легких. Пульмонология. 2017;27(1):71–79. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2017-27-1-71-79>
9. Васюков М. Н. Положение купола диафрагмы и его форма после операций на легких. Морфологические ведомости. 2019;27(2):8–12. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.19\(27\).02.8-12](https://doi.org/10.20340/mv-mn.19(27).02.8-12)
10. Васюков М. Н., Кagan И. И., Третьяков А. А., Черкасова Э. А., Яковлева В. В. Методика эхокардиографии на основе изменений топографии сердца у пациентов после пневмонэктомии. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2020;13(6):510–516. <https://doi.org/10.17116/kardio202013061510>
11. Васюков М. Н., Кagan И. И., Третьяков А. А. Анатомо-метрическая характеристика и динамика изменений плевральной полости после пневмонэктомии. Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. 2021;(5):32–41. <https://doi.org/10.17116/hirurgia202105132>
12. Васюков М. Н., Кagan И. И., Третьяков А. А. Топографо-анатомическая и морфометрическая характеристика оставшегося легкого после пневмонэктомии. Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал им. академика Б. В. Петровского. 2021;9(1):14–22. <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2021-9-1-14-22>
13. Кевеш Е. Л. Отдаленные изменения органов грудной клетки после операции удаления легкого. Хирургия. 1953;(10):14–19.
14. Chae EJ, Seo JB, Kim SY, Do KH, Heo JN, Lee JS, et al. Radiographic and CT findings of thoracic complications after pneumonectomy. Radiographics. 2006 Oct;26(5):1449–1468. <https://doi.org/10.1148/rq.265055156>
15. Bazwinsky-Wutschke I, Paulsen F, Stövesandt D, Holzhausen HJ, Heine HJ, Peschke E. Anatomical changes after pneumonectomy. Ann Anat. 2011 Mar;193(2):168–172. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2011.01.002>
16. Biondetti PR, Fiore D, Sartori F, Colognato A, Ravasini R, Romani S. Evaluation of post-pneumonectomy space by computed tomography. J Comput Assist Tomogr. 1982 Apr;6(2):238–242. <https://doi.org/10.1097/00004728-198204000-00002>
17. Ghotkar SV, Aerra V, Mediratta N. Cardiac surgery in patients with previous pneumonectomy. J Cardiothorac Surg. 2008 Mar 1;3:11. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-3-11>
18. Christiansen KH, Morgan SW, Karich AF, Takaro T. Pleural space following pneumonectomy. Ann Thorac Surg. 1965 May;1:298–304. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)66757-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)66757-4)
19. Abbas AE, Liu P, Lee RW. Acquired post-pneumonectomy dextrocardia. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2004 Mar;3(1):25–27. [https://doi.org/10.1016/s1569-9293\(03\)00146-4](https://doi.org/10.1016/s1569-9293(03)00146-4)
20. Smulders SA, Holverda S, Vonk-Noordegraaf A, van den Bosch HCM, Post JC, Marcus JT, et al. Cardiac function and position more than 5 years after pneumonectomy. Ann Thorac Surg. 2007 Jun;83(6):1986–1992. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsurg.2007.01.036>
21. Орел С. Г. О клинике отдаленного периода после пневмонэктомии. Вестник хирургии им. Грекова. 1957;(9):48–54.
22. Бартусевичене А.С. Оперированное легкое. М.: Медицина, 1989, 240 с.
23. Laissy JP, Rebibo G, Iba-Zizen MT, Cabanis EA, Benozio M. MR appearance of the normal chest after pneumonectomy. J Comput Assist Tomogr. 1989 Apr;13(2):248–252. <https://doi.org/10.1097/00004728-198903000-00011>

24. Багиров М. А., Красникова Е. В., Эгрешова А. Э., Ловачева О. В., Карпина Н. Л., Пенаги Р. А. Пластика переднего средостения во время пневмонэктомии как профилактика и лечение медиастинальных грыж у больных фиброзно-кавернозным туберкулезом легких. Туберкулез и болезни легких. 2017;95(11):36–40. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2017-95-11-36-40>
25. Кевеш Е. Л., Кутушев Ф. Х. Клинико-рентгенологические данные о состоянии пищеварительного тракта после удаления легкого. Хирургия. 1954;(8):15–20.
26. Демидкин П. Н., Скрипниченко Д. Ф. Клинико-рентгенологические наблюдения за состоянием пищевода, желудка и толстого кишечника до и после радикальных легочных операций. Вестник рентгенологии и радиологии. 1957;32(4):56–61.
27. Farber BA, Lim HP, Murphy JM, Price AP, Abramson SJ, La Quaglia MP. Gastric Volvulus Following Left Pneumonectomy in an Adolescent Patient. J Pediatr Surg Case Rep. 2015 Oct 1;3(10):447–450. <https://doi.org/10.1016/j.epsc.2015.08.014>
28. Acharya MN, George RS, Loubani M. A rare case of occult splenic rupture after left pneumonectomy. J Surg Case Rep. 2016 May 17;2016(5):rjw091. <https://doi.org/10.1093/jscr/rjw091>
29. Suarez J, Clagett T, Brown AL. The postpneumonectomy space: factors influencing its obliteration. J Thorac Cardiovasc Surg. 1969 Apr;57(4):539–542. [https://doi.org/10.1016/s0022-5223\(19\)42706-2](https://doi.org/10.1016/s0022-5223(19)42706-2)

References

1. Kievsky FR. To the doctrine of lung resection. Moscow: Medgiz, 1956, 220 p. (In Russ).
2. Kevesh EL. X-ray observations after lung removal surgery. Surgery. 1950;(8):55–59. (In Russ).
3. Abarbanel EE. X-ray observations after radical lung surgery. Moscow: Medgiz, 1962, 212 p. (In Russ).
4. Lindenbraten DS, Kalinichenko AA. Radiological observations of a patient after lung removal surgery. Surgery. 1950;(8):59–67. (In Russ).
5. Portnov LM, Petrova GA, Nefedova VO. Computed tomography and pulmonary pathology. Bulletin of Radiology and Radiology. 1995;(5):5–12. (In Russ).
6. Chasen MH, McCarthy MJ, Gilliland JD, Floyd JL. Concepts in computed tomography of the thorax. Radiographics. 1986 Sep;6(5):793–832. <https://doi.org/10.1148/radiographics.6.5.3317551>
7. Kharchenko VP, Kotlyarov PM, Gurevich LA, Petrushevskii AG. Thoracic computed tomography after surgical interventions on the lung. Bulletin of Radiology and Radiology. 2000;(4):17–19. (In Russ).
8. Vasyukov MN, Kagan II. Topographic, anatomical and functional post-surgery chest abnormalities. Pulmonologiya. 2017;27(1):71–79. (In Russ.). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2017-27-1-71-79>
9. Vasyukov MN. The standing and the form of the dome of the diaphragm after lungs surgeries. Morphological Newsletter. 2019;27(2):8–12. (In Russ). [https://doi.org/10.20340/mv-mn.19\(27\).02.8-12](https://doi.org/10.20340/mv-mn.19(27).02.8-12)
10. Vasyukov MN, Kagan II, Tretyakov AA, Cherkasova EA, Yakovleva VV. Echocardiography based on cardiac topographic changes in patients after previous pneumonectomy. Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya. 2020;13(6):510–516. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kardio202013061510>
11. Vasyukov MN, Kagan II, Tretyakov AA. Anatomometric characteristics and pleural cavity changes after pneumonectomy. Khirurgiya. N. I. Pirogov Russian Journal of Surgery. 2021;(5):32–41. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/hirurgia202105132>
12. Vasyukov MN, Kagan II, Tretyakov AA. Topographic-anatomical and morphometric characteristics of the remaining lung after pneumonectomy. Clinical and Experimental Surgery. Journal named after Academician B. V. Petrovsky. 2021;9(1):14–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2021-9-1-14-22>
13. Kevesh EL. Long-term changes in the chest organs after lung removal surgery. Khirurgiya. 1953;(10):14–19. (In Russ).
14. Chae EJ, Seo JB, Kim SY, Do KH, Heo JN, Lee JS, et al. Radiographic and CT findings of thoracic complications after pneumonectomy. Radiographics. 2006 Oct;26(5):1449–1468. <https://doi.org/10.1148/rg.265055156>
15. Bazwinsky-Wutschke I, Paulsen F, Stövesandt D, Holzhausen HJ, Heine HJ, Peschke E. Anatomical changes after pneumonectomy. Ann Anat. 2011 Mar;193(2):168–172. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2011.01.002>
16. Biondetti PR, Fiore D, Sartori F, Colognato A, Ravasini R, Romani S. Evaluation of post-pneumonectomy space by computed tomography. J Comput Assist Tomogr. 1982 Apr;6(2):238–242. <https://doi.org/10.1097/00004728-198204000-00002>
17. Ghotkar SV, Aerra V, Mediratta N. Cardiac surgery in patients with previous pneumonectomy. J Cardiothorac Surg. 2008 Mar 1;3:11. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-3-11>
18. Christiansen KH, Morgan SW, Karich AF, Takaro T. Pleural space following pneumonectomy. Ann Thorac Surg. 1965 May;1:298–304. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)66757-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)66757-4)
19. Abbas AE, Liu P, Lee RW. Acquired post-pneumonectomy dextrocardia. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2004 Mar;3(1):25–27. [https://doi.org/10.1016/s1569-9293\(03\)00146-4](https://doi.org/10.1016/s1569-9293(03)00146-4)
20. Smulders SA, Holverda S, Vonk-Noordegraaf A, van den Bosch HCM, Post JC, Marcus JT, et al. Cardiac function and position more than 5 years after pneumonectomy. Ann Thorac Surg. 2007 Jun;83(6):1986–1992. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsurg.2007.01.036>
21. Orel S. G. About the clinic of the remote period after pneumonectomy. Bulletin of Surgery named after Grekov. 1957;(9):48–54. (In Russ).

22. Bartusevichene A.S. Operated lung. Moscow: Medicine, 1989, 240 p. (In Russ).
23. Laissy JP, Rebibo G, Iba-Zizen MT, Cabanis EA, Benozio M. MR appearance of the normal chest after pneumonectomy. *J Comput Assist Tomogr.* 1989 Apr;13(2):248–252. <https://doi.org/10.1097/00004728-198903000-00011>
24. Bagirov MA, Krasnikova EV, Ergeshova AE, Lovacheva OV, Karpina NL, Penagi RV. Anterior mediastinal plastics during pneumonectomy as prevention and treatment of a mediastinal hernia in fibrous cavernous pulmonary tuberculosis patients. *Tuberculosis and Lung Diseases.* 2017;95(11):36–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2017-95-11-36-40>
25. Kevesh EL, Kutushev FK. Kliniko-rentgenologicheskie dannye o sostoyanii pishchevaritel'nogo trakta posle udaleniya legkogo. *Khirurgiya.* 1954;(8):15–20. (In Russ).
26. Demidkin PN, Skripnichenko DF. Clinical and roentgenologic observations on the condition of the esophagus, stomach, and colon before and after radical surgery of the lungs. *Vestn Rentgenol Radiol.* 1957;32(4):56–61. (In Russ).
27. Farber BA, Lim IIP, Murphy JM, Price AP, Abramson SJ, La Quaglia MP. Gastric Volvulus Following Left Pneumonectomy in an Adolescent Patient. *J Pediatr Surg Case Rep.* 2015 Oct 1;3(10):447–450. <https://doi.org/10.1016/j.epsc.2015.08.014>
28. Acharya MN, George RS, Loubani M. A rare case of occult splenic rupture after left pneumonectomy. *J Surg Case Rep.* 2016 May 17;2016(5):rjw091. <https://doi.org/10.1093/jscr/rjw091>
29. Suarez J, Clagett T, Brown AL. The postpneumonectomy space: factors influencing its obliteration. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1969 Apr;57(4):539–542. [https://doi.org/10.1016/s0022-5223\(19\)42706-2](https://doi.org/10.1016/s0022-5223(19)42706-2)

Информация об авторах:

Каган Илья Иосифович – д.м.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии им. С. С. Михайлова, ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России, г. Оренбург, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7723-7300>, SPIN: 5756-7732, AuthorID: 119127, Scopus Author ID: 7101823027

Васюков Михаил Николаевич – к.м.н., врач торакального хирургического отделения, ГБУЗ «Оренбургский областной онкологический диспансер», г. Оренбург, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3989-0472>, SPIN: 3285-2140, AuthorID: 933340, ResecherID: W-2727-2017, Scopus Author ID: 57201763688

Третьяков Анатолий Андреевич – д.м.н., профессор, Заслуженный врач РФ, заведующий кафедрой хирургии института профессионального образования, ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России, г. Оренбург, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4022-2252>, SPIN: 2794-1337, AuthorID: 172311

Information about authors:

Ilya I. Kagan – Dr. Sci. (Med.), professor, Meritorious Science Worker RF, professor of S. S. Mihailov's Department of operative surgery and clinical anatomy, Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7723-7300>, SPIN: 5756-7732, AuthorID: 119127, Scopus Author ID: 7101823027

Michail N. Vasyukov – Cand. Sci. (Med.), surgeon of the Department of the Thoracic surgery of the Orenburg Regional Clinical Oncology Dispensary, Orenburg, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3989-0472>, SPIN: 3285-2140, AuthorID: 933340, ResecherID: W-2727-2017, Scopus Author ID: 57201763688

Anatoliy A. Tretyakov – Dr. Sci. (Med.), professor, Meritorious doctor in RF, chef of the Department of Surgery, Institute of Professional Education, Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4022-2252>, SPIN: 2794-1337, AuthorID: 172311

Вклад авторов:

Васюков М. Н. – сбор и обработка материала, статистическая обработка, концепция и дизайн исследования, написание текста;

Каган И. И. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование;

Третьяков А. А. – концепция и дизайн исследования, редактирование.

Authors contribution:

Vasyukov M. N. – material collection and processing, statistical processing, research concept and design, text writing;

Kagan I. I. – research concept and design, text writing, editing;

Tretyakov A. A. – research concept and design, editing.