

УДК 611.24

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЛЕГКИХ

С.А.Симбирцев, А.А.Лойт

*(Кафедра оперативной хирургии и топографической анатомии —
зав.проф. С.А.Симбирцев, С.-Петербургской медицинской академии
последипломного образования)*

Резюме. Все составные части топографической анатомии легких: бронхи, ветви легочной артерии, легочные вены были выполнены в виде трехмерной компьютерной модели с помощью пакета MICRODUCT. При этом графические образы воспроизвели подлинные анатомические взаимоотношения большинства известных вариантов строения. Структурный анализ трехмерной модели позволил выявить общие закономерности анатомии легких, такие, как фасциальная каркасная фиксация, постоянная сегментарная архитектура, взаиморасположение сосудов вокруг бронхов, удвоение анатомических элементов. Эти закономерности пространственной организации определяли типовое строение и вариационную изменчивость в любой области легких, что важно для клинической хирургии, особенно при производстве органосохраняющих операций. Компьютерная трехмерная модель легких может широко использоваться в учебном процессе, дает возможность создания графической библиотеки вариантной анатомии.

Успешное выполнение оперативных вмешательств на легких в значительной степени определяется знанием деталей строения органа (1). Сегментарные органосохраняющие резекции легких при туберкулезе и реконструктивно-восстановительные операции на трахее и бронхах подразумевают детальное и точное распознавание различных вариантов строения и конкретных анатомических взаимоотношений с учетом индивидуальных особенностей (2,6). Множество вариантов строения касается топографии мест отхождения, пространственного положения сосудов, нервов и других анатомических элементов. Особенно многообразным оказывается взаимное расположение артерий и вен, однотипных сосудов, участвующих в кровоснабжении соседних легочных сегментов (3,4), что особенно важно учитывать при сегментарных и субсегментарных резекциях. В некоторых областях легких количество однотипных сосудов составляет 4 и даже 5. Сложность в оценке закономерностей анатомического строения сосудистого русла легких заключается в том, что положение вен не соответствует особенностям хода артерий, и характер их изменчивости оказывается другим (7). Вследствие этого проведение количественных корреляций между ними затруднено. Одновременно с этим в международной анатомической номенклатуре внутренних органов описывается типовое усредненное анатомическое строение. Для легких частота встречаемости типового строения достаточно мала, в большинстве случаев имеются те или иные его варианты (5). До настоящего времени остается не до конца выясненным, как взаимосвязана архитектура бронхов, артерий

и вен, чем определяется не только вариантная изменчивость, но и само типовое строение легких. При этом есть несколько причин, по которым именно изучение легких является особенно подходящим для выяснения общих закономерностей анатомического строения по сравнению с другими органами. Во-первых, в процессе онтогенеза, при формировании бронхиального дерева и сосудистого русла не происходит пространственных трансформаций, поворотов и перемещений отдельных отделов, как, например, в желудочно-кишечном тракте. Во-вторых, все анатомические элементы располагаются в непосредственной близости друг от друга.

Целью настоящего исследования являлось выявление общих анатомических закономерностей, которые определяют типовое строение и вариационную изменчивость легких. Определение возможных вариантов строения легких в зависимости от этих закономерностей на основе синтезированной трехмерной компьютерной модели легких позволит глубже исследовать анатомию легких. Кроме того, компьютерная трехмерная модель легких может широко использоваться в учебном процессе.

Для решения этих задач была создана трехмерная компьютерная модель легких, которая отражает истинные анатомические взаимоотношения, визуализирует большинство известных анатомических вариантов, обладает возможностью различных пространственных трансформаций.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

На 76 анатомических объектов, органокомплексах произвели измерения бронхов, артерий и вен. Все анатомические структуры легких: сегментарные и долевыи бронхи, артерии и вены задавались в аналитической цифровой форме, в соответствии с их геометрическими размерами и положением в пространстве. По данным измерений анатомических объектов описали в аналитической форме 30 вариантов строения сегментов правого и левого легкого.

Трехмерная графическая компьютерная модель легкого была выполнена с применением пакета MICRODUCT фирмы DELCAM (Англия). Разработали систему команд, которая позволила последовательно воспроизвести отдельные бронхи, все бронхиальное дерево целиком, а затем в уже построенное готовое изображение встроить отдельные ветви легочной артерии, а затем легочные вены в любой заданной последовательности. Независимо от выбранной последовательности сосуды проходили по отношению друг к другу так, как они располагаются в действительности, а не поверх ранее нанесенного изображения. Это свойство позволило изучать топографическую анатомию с помощью комбинации различных элементов: бронхов, артерий и вен.

Составили алгоритмы, при помощи которых можно

произвести закрашивание бронхов с воспроизведением поперечной исчерченности, артерий и вен с передачей оттенков цвета, коэффициентов отражения и характера поверхности, максимально имитирующих естественные. Воспроизведение рельефа выполнили с помощью специально подобранных параметров освещения: яркости, а также расположения источников света. Часть деталей строения выполнили прозрачными, чтобы можно было оценить анатомию скрытых для осмотра частей органа.

Отдельный комплекс команд был предназначен для непосредственной работы пользователя с изображением структуры легких. Он позволял изменить масштаб, повернуть все сосуды и бронхи или же часть их на заданный угол вокруг любой оси, добавить недостающие анатомические структуры, модифицировать отдельные элементы строения. Разработан комплекс команд для детального анализа архитектоники органа, по которому анатомия легкого воспроизводилась с любой стороны: спереди, справа, слева, сверху. Для ее уточнения обеспечено одновременное воспроизведение 3 видов. Составили программу изменения масштаба, что позволило переходить от анализа топографии всего легкого к отдельным сегментам. Архитектонику сосудов внутри отдельных сегментов легкого выявляли с помощью поворота графической модели на заданный угол вокруг произвольной оси.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе обсуждения результаты математического описания и синтеза трехмерной модели сегментарного строения легких построили более 30 вариантов строения правого и левого легких. Был произведен объемный структурный анализ с целью выявления общих закономерностей формирования анатомической изменчивости на основе данной аналитической модели. Компьютерная модель позволяла изобразить любое строение легких.

Исследования анатомического строения корней легких с помощью трехмерной компьютерной графики позволили доказать наличие общих принципов пространственной организации, присутствующее в любой области легких: 1) Фасциальная каркасная фиксация; 2) Постоянная сегментарная архитектоника; 3) Взаиморасположение сосудов вокруг бронхов; 4) Удвоение анатомических элементов.

Фасциальная каркасная фиксация. При моделировании трехмерной структуры корня легких в разных анатомических вариантах бронхи меньшего порядка встраивались в разных геометрических позициях в бронх большего размера. Архитектоника бронхиального дерева, направление каждого бронха оставались постоянными. Это соответствует данным онтогенетического развития, в котором формирование бронхиального дерева является доминирующим по отношению к мезенхимальным элементам. Артерии легочных сегментов и ветви легочных вен встраивались в уже сформированное бронхиальное дерево. При этом некоторые артерии и вены легких имели характерные точки расположения и фиксации. Чаще это были точки перегиба сосудов, или изменения направления. В качестве примеров можно привести следующие. Правая легочная артерия фиксирована к промежуточному бронху спереди ниже верхнедолевого бронха, а также к среднедолевому бронху сзади. Основание переднего ствола располагается всегда на легочной артерии спереди на уровне верхнедолевого бронха. Левая легочная артерия фиксирована к верхнедолевому бронху сзади. Во всех приведенных случаях фиксация сосудов к фасциально-бронхиальному каркасу является постоянной, характерной для типичного ва-

рианта строения обоих легких и для всех анатомических вариантов.

Постоянная сегментарная архитектоника. Большое количество артериальных ветвей отходит от основного ствола легочной артерии в разных направлениях. Изучение трехмерной структурной модели со всех направлений дало возможность выявить особенности строения, остающиеся неизменными во всех вариантах. На той же модели было определено, что артерии, которые могут отходить от легочной артерии на одном уровне в противоположных направлениях, ни в одном из вариантов не соединяются в один ствол, например, артерия 5 и 6. Было также определено, что артерии сегментов, отходящих в одну и ту же сторону, в различных вариантах могут соединяться и отходить общим стволом, например, артерии 1 и 3, артерии 4 и 5. Кроме того, в типичном случае и во всех анатомических вариантах строения постоянная сегментарная архитектоника обеспечивает неизменный порядок расположения артерий одна за другой, отходящих в одном и том же направлении, при любых расстояниях между ними. В соответствии с этим имеется следующая последовательность ветвей правой легочной артерии, спереди: 1,3,4,5,8; сзади: 2,6,10. Для ветвей левой легочной артерии последовательность артерий аналогична, спереди: 1,3,4,5,8; сзади: 6,10.

Взаиморасположение сосудов вокруг бронхов.

Воспроизведение всех вариантов сегментарных артерий и вен на компьютерной модели показало, что, с одной стороны, их локализация определяется архитектоникой бронхиального дерева, а с другой — их собственным положением. Бронхи, артерии и вены в области корней легких, их долей и сегментов находились на близком расстоянии. В то же время артерии располагались вокруг и непосредственно около стенок бронхов, а вены оказывались как бы вытесненными в свободные пространства. Это позволило определить структурные сочетания вариантов артерий и вен. В случае отхождения артерии 2 правого легкого от артерии 1 вены верхней доли формируются по заднему типу оттока. В случае отхождения артерии 2 правого легкого от артерии 3 вены верхней доли формируются по переднему типу оттока. Артерия средней доли или две отдельные артерии средней доли проходят сзади бронхов средней доли выше или на уровне среднедолевого бронха, вена средней доли располагается спереди. Артерии язычковых сегментов отходят напротив бронха соответствующих сегментов от ствола легочной артерии, позади нижнедолевого бронха, а вена язычковых сегментов располагается с противоположной стороны спереди. Артерия нижней доли проходит спереди, а вены базальной пирамиды сзади бронха базальной пирамиды. В большинстве случаев вариант строения легких вен определяется вариантом строения артерий. В некоторых случаях имеется другое необычное сочетание. Эти зависимости имеют большое значение для правильного выполнения оперативных вмешательств, и структурный компьютерный анализ показывает все эти соотношения. Возможно, дальнейшие исследования позволят прогнозировать по отдельным элементам всю топографию легочных сегментов.

Удвоение анатомических элементов. Увеличение числа анатомических элементов на уровне долей и сегментов было смоделировано на трехмерной модели легких. Были получены данные о том, что это является проявлением рассыпного типа строения сосудов органа. Во всех случаях удвоения элементов при трансформации объемной компьютерной модели легких и изменении угла обзора было обнаружено, что эти элементы идут параллельно от образования большего размера, но не могут образовать общий ствол из-за других анатомических структур. При этом наблюдались следующие особенно-

сти. Удвоение сегментарного бронха с отдельным отхождением от более крупного не сопровождалось удвоением артерий, артерия сегмента занимала срединное положение между бронхами. Точно также при удвоении среднедолевой на артерии 4 и 5 наблюдалось нормальное строение среднедолевого бронха. Если учесть возможности соседнего отхождения артерий, то удвоение сосудов происходило в случае перерыва вариационного ряда. Например, при отхождении артерии 2 от артерии 3 или междолевой артерии, промежуточный вариант хода артерии 2 должен пересекаться с верхнедолевым бронхом, а в соответствии с нормальным строением огибает его с разных сторон двумя ветвями.

Полученные данные показали, что большинство вариантов анатомического строения легких, включая типичное строение, подчиняются общим закономерностям и являются их частными случаями. В соответствии с этим, можно указать пределы изменчивости каждого анатомического элемента строения. При всем многообразии вариантов в норме их число конечно и не выходит за обозначенные пределы. Это дает возможность создания графической библиотеки вариантной анатомии внутренних органов, в частности легких. Кроме того, выявленные закономерности важны для клинической хирургии, особенно при производстве органосохраняющих операций.

Таким образом, исследования анатомического строения корней легких с помощью трехмерной компьютерной графики позволили доказать наличие принципов пространственной организации, характерной для любой области легких. При этом доказано, что, поскольку все воз-

можные варианты и типовое строение, как варианты нормального строения, не являются случайными, то они должны подчиняться общим универсальным закономерностям, которые проявляются не только в легких, но и в других органах и анатомических областях. С определенной долей уверенности можно полагать, что эти принципы являются универсальными. Вследствие этого, трехмерная компьютерная анатомия открывает новые возможности для анализа и изучения строения внутренних органов человека.

Примечание

Закономерности, связанные с сегментами 2,7 и 9, различны. В левом легком объем паренхимы на 20 % меньше, чем в правом: поэтому сегменты 2 и 7 в нем не выделяют. Сегмент 9 левого легкого является латеральным, и потому не включен в ряд передних или задних. Сегмент 9 правого легкого является латеральным, а сегмент 7 правого легкого является медиальным. Эти сегменты образуют закономерную пару, в которой оба эти сосуда не объединяются в один ни в каких анатомических вариантах, а отходят раздельно. Таким образом, по нашему мнению, закономерности расположения этих сосудов соответствуют постоянной сегментарной архитектонике.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Бижан Л., Зитт Е.Гр. Резекции легких. Анатомические основы и хирургическая методика. Бухарест, 1981, 416с.
2. Гиллер Б.М., Гиллер Д.Б., Гиллер Г.В. и др. Экстирпация трахеи с аутопластикой бронхами левого легкого. — Грудная хирургия, 1991, N7, с. 58-60.
3. Добровольский С.Р., Фишкова З.П., Шереметьева Г.Ф. и др. Кровотечение как причина летальности в торакальной хирургии. — Хирургия, 1994, N3, с.40-44.
4. Садовников А.А., Кузнецова А.Д. Повторные операции на легких и плевре при туберкулезе. — Грудная хирургия, 1991, N11, с.30-35.
5. Мосин И.В., Артюх Д.Ю., Акопов А.Л. и др. Редкий анатомический вариант строения бронхиального дерева левого легкого. — Грудная хирургия, 1994, N4, с.74.
6. Репин Ю.М. Хирургия отягощенных форм туберкулеза легких. М., Медицина, 1984, 230 с.
7. Хирургия легких и плевры. Под ред. Колесникова И.С. и Лыткина М.И., Л., Медицина. 1988, 384 с.

Common Principles of Lung Anatomy

S.A.Simbirtsev, A.A.Loyte

All parts of lungs' topographical anatomy: bronchus, branches of pulmonary artery, pulmonary veins have been reconstructed in the form of a 3D computer model, using MICRODUCT software. Graphical reproductions revealed true anatomical relationships in most of the known structural variants. Thorough analysis of the model helped find common principles of lung anatomy, such as fascial carcass fixation, segment architectonic, placement of vessels around lungs, duplication of anatomical elements. These principles of space usage have defined typical structures and variations in every part of the pulmonary system, which is important for clinical surgery, especially when transplanting organs. Computer 3D model with its capabilities for displaying variants of the lungs anatomy may be widely used in the learning process.