

УДК 611.2:575.8

DOI: 10.36604/1998-5029-2024-93-112-120

ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ АНАТОМИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

А.М.Суботьялова¹, М.А.Суботьялов^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Новосибирский государственный педагогический университет», 630126, г. Новосибирск, ул. Вилуйская, 28

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», 630090, г. Новосибирск,
ул. Пирогова, 1

РЕЗЮМЕ. Статья посвящена истории развития анатомии дыхательной системы. При подготовке текста данной публикации использовались статьи в изданиях, включенных в РИНЦ и PubMed. Глубина поиска публикаций составила 20 лет. Были обобщены знания о развитии представлений об анатомии дыхательной системы. Первые упоминания органов дыхательной системы – легких, бронхов, трахеи – относятся уже к эпохе Древнего мира. Ученые и врачи того времени пытались определить структуру легких. Не все медицинские школы связывали дыхание с легкими. В эпоху Возрождения продолжалось накопление эмпирических знаний в этой области. Вскрытие тел умерших позволило более подробно описать строение и структуру грудной клетки, легких, трахеи и бронхиальной системы. Изобретение микроскопа в XVII веке дало возможность изучить строение легких вплоть до альвеол и капилляров. Были описаны различные типы эпителиальных клеток дыхательных путей, пазухи полости носа и т.д. В Новейшее время с помощью технологий удалось получить первые микрофотографии, показывающие ультраструктуру легочного капилляра и газового барьера крови. История развития представлений об анатомии дыхательной системы может рассматриваться при изучении специальных вопросов в рамках вузовских дисциплин «Анатомия человека», «История медицины», «История биологии».

Ключевые слова: история науки, история медицины, история анатомии, анатомия дыхательной системы.

EVOLUTION OF UNDERSTANDING THE ANATOMY OF THE RESPIRATORY SYSTEM

A.M.Subotyalova¹, M.A.Subotyalov^{1,2}

¹Novosibirsk State Pedagogical University, 28 Vilyuyskaya Str., Novosibirsk, 630126, Russian Federation

²Novosibirsk State University, 1 Pirogovs Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

SUMMARY. This article highlights the history of the development of the anatomy of the respiratory system. The preparation of this publication utilized articles from journals included in the Russian Science Citation Index (RSCI) and PubMed. The depth of the publication search spanned 20 years. The article summarizes knowledge about the development of ideas about the anatomy of the respiratory system. The first mentions of the respiratory organs—lungs, bronchi, trachea—date back to Ancient times. Scientists and physicians of that era attempted to determine the structure of the lungs. Not all medical schools associated breathing with the lungs. During the Renaissance, empirical knowledge in this field continued to accumulate. Autopsies allowed for more detailed descriptions of the chest structure, lungs, trachea, and bronchial system. The invention of the microscope in the 17th century enabled the study of lung structure down to the alveoli and capillaries. Various types of epithelial cells of the respiratory tract, nasal cavity sinuses, and more were described. In modern times, technologies have made it possible to obtain the first microphotographs showing the ultrastructure of the pulmonary cap-

Контактная информация

Михаил Альбертович Суботьялов, д-р мед. наук, профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный педагогический университет»; доцент кафедры фундаментальной медицины, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», 630126, Россия, г. Новосибирск, ул. Вилуйская, 28. E-mail: subotyalov@yandex.ru

Correspondence should be addressed to

Mikhail A. Subotyalov, MD, PhD, DSc (Med.), Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Life safety, Novosibirsk State Pedagogical University; Docent of the Department of Fundamental Medicine, Novosibirsk State University, 28 Vilyuyskaya Str., Novosibirsk, 630126, Russian Federation. E-mail: subotyalov@yandex.ru

Для цитирования:

Суботьялова А.М., Суботьялов М.А. Эволюция представлений об анатомии дыхательной системы // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2024. Вып.93. С.112–120. DOI: 10.36604/1998-5029-2024-93-112-120

For citation:

Subotyalova A.M., Subotyalov M.A. Evolution of understanding the anatomy of the respiratory system. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2024; (93):112–120 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2024-93-112-120

illary and the blood-gas barrier. The history of the development of the understanding of the anatomy of the respiratory system can be considered when studying specific topics within university courses such as "Human Anatomy," "History of Medicine," and "History of Biology."

Key words: history of science, history of medicine, history of anatomy, anatomy of the respiratory system.

Необходимость понимания строения человеческого организма является столь же древней, как и время существования медицины. В истории науки очень важен вопрос изучения этапов становления и развития, а также историко-научной периодизации медицинских и биологических дисциплин и областей.

История становления и развития представлений об анатомии дыхательной системы является одним из вопросов в рамках вузовских курсов «История медицины» и «История биологии», а также при изучении специальных вопросов профильной дисциплины «Анатомия человека».

В связи с этим представляется важным сделать историко-научный аналитический обзор развития представлений об анатомии дыхательной системы, охватывающий все этапы всемирной истории и отражающий вклад исследователей разных регионов, который будет полезным для преподавания историко-научных и специальных дисциплин, а также для исследователей, занимающихся изучением истории анатомии. При подготовке текста данной публикации использовались статьи в изданиях, включенных в РИНЦ и PubMed. Глубина поиска публикаций составила 20 лет.

Цель статьи: анализ развития представлений об анатомии дыхательной системы с древности до настоящего времени.

Предпосылки формирования представлений об анатомии дыхательной системы в Древнем мире

Исследователи древнеегипетских изображений обнаружили иероглиф, изображающий трахею с парой легких, основное значение которого и есть «дыхательные пути». В более сложных вариантах его написания видны хрящевые кольца трахеи, а также несколько линий на легких (часто располагающихся симметрично на обоих легких) – некоторые определяют их как углубления на поверхности легких, образовавшиеся от ребер. Отрывочные и не всегда достаточно ясные сведения из папирусов не дают понять, знали ли древние египтяне о бронхах и их строении. Однако Kwiecinski J., проанализировав эти изображения, пришел к выводу, что древнеегипетская медицина была хорошо осведомлена о бронхах и их расположении, а также знала, что легкие разделены на доли [1].

В древнеиндийском медицинском трактате «Сущрута-самхита» (II–III вв. н.э.) упоминаются различные внутренние органы, в том числе легкие [2].

В Древнем Китае, с официальным утверждением конфуцианства во II в. до н.э., было запрещено вскрытие тел умерших, поэтому анатомические знания были на более низком уровне, чем, например, у древних ин-

дийцев. В традиционной китайской медицине каждый орган соотносится с субстанцией *ян* или *инь*. Так, легким соответствует *инь* [3].

Ранние греческие медицинские школы различались по своему пониманию дыхания. Цереброцентристская традиция считала, что душа возникла из окружающего воздуха (пневмы), который вдыхался через нос в мозг, а затем переносился в тело по сосудам. Напротив, кардиоцентристская точка зрения считала, что сердце является местом пребывания души, и подразумевала анатомические пути между легкими и сердцем [4].

По мнению древнегреческого врача Эмпедокла (Empedocles, 490–430 гг. до н.э.), мир состоит из четырех элементов (земли, воздуха, огня и воды). Движение воздуха происходит через поры кожи, а воздух, вдыхаемый через нос, охлаждает внутреннее тепло тела. В школе древнегреческого врача Гиппократ (Hippocrates, 460–370 гг. до н.э.) в отсутствие вскрытия человека дыхание не связывали с работой легких [4].

Древнегреческий ученый Платон (Plato, 428–347 до н.э.) считал, что у человека имеется три души: одна, высшая и разумная душа, находится в голове; вторая является источником мужества, зарождается от дыхания и располагается в сердце; низшая, располагаясь в печени, связана с питанием и физическими потребностями. Легкие были описаны им как губки с множеством полостей [4].

Древнегреческий ученый Аристотель (Aristotle, 384–322 до н.э.), критикуя взгляды Эмпедокла и Платона, видел в сердце место врожденного тепла и пневмы, а в воздухе лишь то, что человек вдыхает, чтобы охладить жар сердца [4]. Он описал трахею, выделил надгортанник, имел некоторое представление о функции гортани [5].

В трактате «De Spiritu», который некоторые исследователи приписывают Аристотелю, другие – неизвестному раннеэллинистическому автору Псевдо-Аристотелю, сказано, что тело имеет три системы: систему артерий, систему флеб (вен) и систему костей и нервной системы. Система артерий отвечает за процесс дыхания. Она включает в себя трахею и бронхи, идущие к легким. Автор трактата называет трахею артерией, понимая под этим термином структуру, функция которой заключается в переносе воздуха. Также в тексте утверждается, что легкие являются источником врожденной пневмы, которая обеспечивает силу всего организма [6].

В эллинистический период трахею, легкие, а также сердце и сами артерии включали в артериальную систему. Древнегреческий врач и анатом Эрасистрат (Erasistratus, ок. 330 – ок. 255 до н.э.) первым описал диафрагму как мышцу, отвечающую за дыхание [4].

Древнеримский врач Гален (Galen, 129-216) оставил подробное описание верхних дыхательных путей, описав анатомию диафрагмы, трахеи и трех хрящей гортани [7, 8]. Он первым применил термин «тиреоид» при описании щитовидного хряща [9]. Легкие представлялись ему твердыми структурами, наполненными кровью [10]. Он показал, что диафрагмальный нерв, управляющий диафрагмой, берет свое начало на третьем, четвертом и пятом срединно-шейных уровнях. Также Гален отметил, что внутренние стенки носа покрыты липкими веществами, которые удерживают попавшую на них пыль [11], и, возможно, упомянул пазухи, говоря о «пористой» некоторых костей и «губчатой» природе решетчатой кости, хотя ни одной из них не дал названия [12, 13].

Становление представлений об анатомии дыхательной системы в эпоху Возрождения

Взгляды Галена, в том числе ошибочные, копировались, распространялись и заняли господствующее положение в медицине на протяжении нескольких последующих веков. Даже когда вновь вернулась практика вскрытия тел и появилась возможность более точного описания и изучения строения человеческого тела, долгое время получаемые данные пытались подогнать под галеновские представления [4].

Сирийский врач и ученый Ибн ан-Нафис ('Alā' al-Dīn Abū al-Ḥasan 'Alī ibn Abī Ḥazm al-Qarashī, 1213–1288) заметил, что между легочной артерией и веной должны быть небольшие сообщения или поры, тем самым предвосхитив открытие легочных капилляров, сделанное Марчелло Мальпиги [11].

Во второй половине XV века в Европе возрождается интерес к анатомии человека, и предпринимаются попытки восстановить утраченные медицинские знания. Эти тенденции затронули не только врачей и анатомов того времени, но и деятелей искусства, которые тоже были заинтересованы в открытии и непосредственном исследовании внутреннего строения человеческого тела, чтобы достичь утраченного мастерства древних художников в изображении человеческой формы (курсы анатомии даже стали обязательными в Академии художеств, а Флорентийская академия первой разрешила начинающим художникам использовать трупы и скелеты [14]).

Интересы итальянского художника Пьеро делла Франческа (Piero della Francesca, 1415-1492) выходили за рамки изобразительного искусства – он уделял свое внимание также анатомии и биологии, что нашло отражение в некоторых живописных работах. Так, на двух его картинах («Алтарь Монтефельтро» и «Мадонна Сенигалья») младенец Иисус изображен с коралловыми подвесками, которые повторяют схему, аналогичную первичному и вторичному отделам нижних дыхательных путей с трахеей, главным и долевым бронхом. В первом случае коралл изображает бронхиальное дерево сзади, тогда как во втором – вид спереди.

Ambrogi V. полагает, что для точного изображения анатомической модели художник мог воспользоваться восковым слепком либо получить готовый слепок, сделанный из свернувшейся крови внутри бронхиального дерева обезглавленного тела [14].

Итальянский художник Сандро Боттичелли (Alessandro di Mariano di Vanni dei Filipepi, 1445-1510) также продемонстрировал свои анатомические знания в живописных работах. На картине «Весна» позади фигуры Венеры можно заметить, как листва деревьев образует анатомическое изображение пары человеческих легких, которое можно было бы увидеть на типичном анатомическом рисунке эпохи Возрождения. Интерпретируя эту работу, исследователи ссылаются на Бытие (2:7): «И создал Господь Бог человека из праха земного, и вдунул в лицо его дыхание жизни, и стал человек душою живою» [15].

На полотне «Рождение Венеры» с помощью компьютерной программы удалили фигуру Флоры и реконструировали мантию, которую она держит в руках. Оказалось, что форма мантии соответствует форме легкого. Также, неравномерная и странная рябь края мантии чуть выше левой руки Флоры, скорее всего, не была случайно изображена Боттичелли. Он напоминает ворота легкого, место входа корня легкого, включая бронхи и легочные сосуды, окруженные отражением плевры [15].

Так художник подчеркнул принятую анатомами и физиологами эпохи Возрождения взаимосвязь между легкими и процессом дыхания, важности данного процесса для поддержания жизни и прославил бесконечное Дыхание Жизни, источник движущей силы всего творения.

Итальянский мыслитель и анатом Леонардо да Винчи (Leonardo da Vinci, 1452-1519) сделал подробные рисунки бронхиального дерева, легких и дыхательных мышц, продемонстрировав увеличение диаметра бронхов по мере раздувания легких. Он также первым описал остаточный объем легких после полного выдоха [4]. Структуру легкого он описывал как губчатую, легко сжимающуюся при нажатии и возвращающуюся к прежней форме при отсутствии давления [15]. Что касается легкого в грудной полости, то на одном из ранних рисунков видно много воздуха в плевральной полости, но позже он исправляет это, делая другой рисунок, показывающий относительно плотное прилегание легкого, и задавая вопрос: «Есть ли какое-либо количество воздуха между собственно легким и любой частью грудной клетки?» [11, р. 611]. Он также был первым, кто проиллюстрировал и описал верхнечелюстные и лобные пазухи (1489) [13], ему же приписывают первое изображение гортани [16].

Итальянский врач Якопо да Карпи (Jacopo Berengario da Carpi, 1460-1530), по-видимому, был первым, кто описал клиновидную пазуху (1522) [12].

Немецкий анатом Иоганн Эйхман (Johann Eichmann, Dryander, 1500-1560) в книге «Anatomiae hoc est,

corporis humani dissectio nispars prior...» поместил собственные иллюстрации, сделанные после анатомических вскрытий, на которых можно увидеть строение грудной клетки, сердца, легких, трахеи и бронхиальной системы [17].

Итальянский врач и анатом Евстахио Бартоломео (Eustachio Bartolomeo, ок. 1510-1574) сделал очень точные изображения бронхов, артерий и легочных вен [18].

Нидерландский анатом Андреас Везалий (Andreas Vesalius, 1514-1564) в своем анатомическом атласе «De Humani Corporis Fabrica» поместил гравюры с изображением анатомии грудной клетки. Одна из них дает вид на диафрагму снизу с полой веной, пищеводным и аортальным отверстиями, а также некоторыми кровеносными сосудами, снабжающими диафрагмальную мышцу. На другой невероятно подробно изображены легочные артерии и вены. На гравюрах можно увидеть ход диафрагмального нерва, хотя Везалий допускает неточность, изображая в правом легком только две доли [11].

Также Везалий изобразил трахею с множеством хрящей, называя ее «шероватая артерия» и подчеркивая, что ее структура подходит не только для дыхательной функции, но и для голосообразования. Он подробно зафиксировал морфологию всех хрящевых частей гортани, за исключением рожковидного, трехдольного и клиновидного хрящей. Описывая анатомию гортани, ученый отметил, что ее внутренняя поверхность гладкая и покрыта своего рода маслянистой жидкостью. Он распознал и правильно описал все шесть внутренних мышц гортани (хотя ему не удалось различить непарные поперечные и парные косые черпаловидные мышцы) и ее внешние мышцы, подробно описал надгортанник, его поверхности и соединения. Гортань Везалий считал единственным инструментом дыхания [5, 19].

Итальянский хирург и анатом Реальдо Коломбо (Realdo Colombo, 1516-1559) видел в надгортаннике покрытие или крышку, которая защищает легкие и одновременно обеспечивает дыхание [16].

В это время шел научный спор о строении гортани. Если Везалий считал, что она состоит из хрящей, то, по мнению Коломбо, гортань состоит из костей, а не из хрящей. Итальянский врач Габриеле Фаллопий (Gabriele Falloppio, 1523-1562) в «Observationes anatomicae» (1561) выразил промежуточное мнение: между костью и хрящом, и обосновал свои наблюдения на степени кальцификации, обнаруживаемой в различных структурах в разном возрасте. Английский врач и анатом Уильям Гарвей (William Harvey, 1578-1657) заявил, что гортань состоит только из хрящей [5], надгортанник же он поместил в основание языка [16].

Развитие представлений об анатомии дыхательной системы в Новое время

Французский физиолог Андре Дю Лорен (Andr  Du

Laurens, 1558-1609) дал описание эпителия дыхательных путей. Он считал, что просветная поверхность дыхательных путей, как и поверхность пищевода, н ба и языка, выстлана тонкой мембраной, и приписал ей защитную функцию [20].

Английский хирург и анатом Натаниел Гаймор (Nathaniel Highmore, 1613-1685) описал верхнечелюстные пазухи и представил их анатомические схемы [21].

В 1661 году итальянский биолог Марчелло Мальпиги (Marcello Malpighi, 1628-1694), используя недавно изобретенный составной микроскоп, сделал первое описание легочных альвеол и упомянул о сети крошечных сосудов в стенках альвеол, капилляров [4, 11], а также мог наблюдать тесное прилегание этих капилляров к терминальным бронхам. До середины XVII века считалось, что легкие по структуре напоминают печень, селезенку и поджелудочную железу, но имеют более прочную структуру ткани [18], однако Мальпиги показал, что они скорее похожи на пчелиные соты, наполненные воздухом [10]. Проводя эксперименты по вдуванию воздуха через трахею и бронхи и наполнению легочной артерии разными жидкостями, Мальпиги выяснил, что между разветвлениями системы дыхательных трубок и пузырьков и системой кровеносных сосудов нет сообщения [22].

Английский химик и врач Джон Мейоу (John Mayow, 1641-1679) описал легкие с полостью, заполненной воздухом, приводимой в движение отрицательной силой вдоха [23]. Он выяснил, что внутренние и наружные межреберья идут в разных направлениях, и заявил, что «только наружные служат для расширения грудной клетки, тогда как внутренние, напротив, сужают ее» [11, p. 614].

Английский физиолог Стивен Гейлс (Stephen Hales, 1677-1761) изобрел пневматический желоб, который помогал не только рассчитать время, которое проводит кровь в легочном капилляре, и измерить внутригрудное давление во время дыхания, но и измерить размер альвеол и рассчитать площадь поверхности внутренней части легкого [11].

Большинство хрящей гортани были описаны Везалием, кроме нескольких, которые были упомянуты позднее. Так, итальянский анатом Джованни Санторини (Giovanni Domenico Santorini, 1681-1737) первым упомянул рожкообразные хрящи в 1724 году, а итальянский врач Джованни Моргagni (Giovanni Battista Morgagni, 1682-1771) – клиновидные хрящи [19].

Швейцарский ученый Альбрехт фон Галлер (Albrecht von Haller, 1708-1777) в труде «Элементы физиологии тела человека» опроверг представление о наличии воздуха между легкими и грудной стенкой [11].

Британский химик Гемффри Дэви (Humphrey Davy, 1778-1829), пытаясь измерить объем легких, вдыхал смесь водорода и измерял разбавление выдыхаемого газа и получил жизненную емкость легких 3600 мл и остаточный объем 660 мл [11].

Швейцарский анатом Альберт фон Кёлликер (Albert von Kölliker, 1817-1905) привел первые доказательства существования типов эпителиальных клеток дыхательных путей, отличных от мерцательных. В 1852 году он проиллюстрировал как базальные, так и промежуточные клетки в неокрашенных срезах гортани человека. Базальные клетки имели сферическую форму и диаметр 8-11 мкм. Они образовывали два слоя, непосредственно примыкающих к базальной мембране [20].

Немецкий зоолог Франц Шульце (Franz Eilhard Schulze, 1840-1921) опубликовал первые поперечные срезы бокаловидных клеток в эпителии дыхательных путей (1867). Эти клетки прикрепляются к базальной мембране с помощью круглой ножки, которая соединяется узкой ножкой с расширенной апикальной частью. Они также были обнаружены в слизистой оболочке носа и трахеи. Шульце определил, что на каждые четыре мерцательные клетки приходится примерно одна бокаловидная клетка. После открытия бокаловидных клеток слизистую оболочку дыхательных путей перестали называть «мембраной», используя теперь только термин «слизистая оболочка» [20].

Австрийский врач Йозеф Брейер (Josef Breuer, 1842-1925) и немецкий физиолог Эвальд Геринг (Karl Ewald Konstantin Hering, 1834-1918) открыли механорецепторы, обеспечивающие рефлекторный контроль вдоха и выдоха [23].

Австро-венгерский анатом Эмиль Цукеркандль (Emil Zuckerkandl, 1849-1910) опубликовал книгу «Нормальная и патологическая анатомия полости носа и ее воздухоносных придатков» (Normale und Pathologische Anatomie der Nasenhöhle und ihrer pneumatischen Anhang, 1882), в которой описал решетчатые и клиновидные пазухи, до этого практически не упоминаемые, а также носовые полости и окружающие их заполненные воздухом полости. По обе стороны от полостей носа было 8 лицевых пазух, по 4 пары, с которыми они сообщались через каналы или отверстия. Решетчатый лабиринт считался ключевой частью синусовой системы человека [21].

Испанский врач Сантьяго Рамон-и-Кахаль (Santiago Ramón y Cajal, 1852-1934), используя метод Гольджи, проиллюстрировал путь волокон обонятельного нерва при переходе между периферической и центральной нервной системой и показал, что они не были непрерывными от обонятельной луковицы до биполярных клеток, которые отходят в обонятельный эпителий, но что обонятельная система состоит из различных типов клеток, каждый из которых имеет различную морфологию и функции [24].

В 1893 году немецкий патологоанатом Людвиг Ашофф (Karl Albert Ludwig Aschoff, 1866-1942) описал ядра мегакариоцитов, расположенные в легочных капиллярах, и проиллюстрировал их [25].

Немецкий патологоанатом Фридрих Рейнке (Friedrich Berthold Reinke, 1862-1919) в статье «Исследование голосовых связок человека» (1895) описал

верхнюю и нижнюю дугообразные линии, как границы эпителия голосовых складок, а также слой ткани, получивший название «пространство Рейнке» [26].

Французский анатом Ваеуш М.Р. в 1897 году впервые дал детальное описание детских дыхательных путей с анатомическими измерениями голосовой и подсвязочной областей, вскрывая тела умерших детей от 4 месяцев до 14 лет. Он сообщил, что дыхательные пути различаются при осмотре в переднезаднем и поперечном срезах. В переднезадних отделах перстневидный отросток был самой узкой частью гортани, тогда как в поперечных отделах эти соотношения были обратными: голосовая щель была уже перстневидного хряща. На основании наблюдений Ваеуш пришел к выводу, что перстневидный хрящ является самой узкой частью дыхательных путей у детей [27].

Американский хирург Джон Дивер (John Blair Deaver, 1855-1931) опубликовал «Surgical Anatomy of the Head and Neck» («Хирургическая анатомия головы и шеи», 1912), в которой описал анатомию носа: «Верхние латеральные хрящи имеют треугольную форму... Их задние края тесно соединены с верхними челюстями и нижними латеральными хрящами» [28, p. 253e], добавив, что эта фиброзная ткань простирается от верхнего грушевидного края до основания носа. Составленная им иллюстрация соответствует современному пониманию анатомии грушевидной мембраны, согласно которому это единая структура, соединяющая хрящи с верхней челюстью и друг с другом. Помимо этого, Дивер дал изображение носовой перегородки в поперечном сечении в сагиттальной плоскости и продемонстрировал вид носа сзади в коронарной проекции, который в наши дни можно увидеть только с помощью компьютерной и магнитно-резонансной томографии [28].

Швейцарский врач Фриц Ропер (Fritz Rohrer, 1888-1926), вычислив размеры дыхательных путей человеческих легких, составил полный список общего количества дыхательных путей, их общей и средней длины, а также их объема. Затем он исследовал статистические характеристики объема и давления дыхательной системы, как во время расслабления, так и при максимальном мышечном усилии [11].

Развитие представлений об анатомии дыхательной системы в Новейшее время

В 1938 году были впервые описаны нейроэндокринные клетки из эпителия дыхательных путей [20].

Канадский пульмонолог Чарльз Маклин (Charles Clifford Macklin, 1883-1959) в статье «Легочная альвеолярная слизистая пленка и пневмоциты» («The pulmonary alveolar mucoid film and the pneumocytes», 1954) дал четкое представление о том, как должен выглядеть этот слой жидкости. Наблюдая за внутрилегочной лимфоидной тканью, он отметил, что легкие оснащены «тысячами микроорганов», которые он назвал «мельчайшими миндалинами», расположенными

между воздухом и лимфатической тканью. Он назвал эти крошечные лимфоидные органы «резервуар» и показал, что они накапливают пыль. Его упоминание о них как о мельчайших миндалинах было пророческим, поскольку теперь мы понимаем, что они являются частью лимфоидной системы слизистой оболочки [29].

Советским гистологом Хлопиным Николаем Григорьевичем (1897-1961) и его учениками были исследованы эпителии серозных оболочек различных органов, в том числе органов дыхательной системы [30].

Американский анатом Фрэнк Лоу (Frank Norman Low, 1911-1998) опубликовал первые электронные микрофотографии, показывающие ультраструктуру легочного капилляра и газового барьера крови (1952-1953). Изображения показали три слоя газового барьера крови: эндотелий капилляров, внеклеточный матрикс и альвеолярный эпителий. Впервые стало ясно, что барьер, отделяющий кровь от альвеолярного газа, очень тонкий. Открытие слоя внеклеточного матрикса в итоге прояснило, почему этот барьер, несмотря на его необычайную тонкость, был достаточно прочным, чтобы избежать механического разрушения [31].

В 1963 году вышла монография Weibel E.R. «Морфометрия человеческих легких» (Morphometry of the Human Lung), где он с помощью новых тогда методов стереометрии представил количественное исследование всего легкого как организованной и интегрированной структуры: описал количественные свойства паренхимы, измерили площадь альвеолярной поверхности и др. [32]

В 1978 году было обнаружено, что эпителий дыхательных путей проницаем для мелких белков [20].

Американский анатом и биолог Кэрл Басбаум (Carol Beth Basbaum, 1946-2005) была первой, кто описал пластичность эпителиальных клеток дыхательных путей [33].

Под руководством белорусского анатома Лобко Петра Иосифовича (1929-2011) на кафедре нормальной анатомии в Минском медицинском институте впервые было изучено явление фетальной окклюзии в трубчатых органах дыхательной системы [34].

Заключение

Таким образом, развитие представлений об анатомии дыхательной системы можно разделить на несколько этапов. Первые упоминания органов дыхательной системы – легких, бронхов, трахеи – от-

носятся уже к эпохе Древнего мира. Ученые и врачи того времени пытались определить структуру легких: некоторые сравнивали ее с губкой, другие (например, Гален) считали, что легкие твердые по структуре. Появлялись первые описания бронхов, трахеи, гортани, а также диафрагмы, как мышцы, отвечающей за дыхание. Однако не все медицинские школы связывали дыхание с легкими.

Взгляды Галена, в том числе ошибочные, копировались, распространялись и заняли господствующее положение в медицине на протяжении нескольких последующих веков. Запрет на вскрытие тел умерших на долгое время затормозил развитие анатомии, и ученым приходилось во многом опираться на те фрагментарные знания, что сохранились с древних времен. Однако в эпоху Возрождения вновь пробудившийся интерес к анатомии человека подтолкнул ученых к восстановлению утраченных медицинских знаний. В этот процесс включились не только врачи и анатомы, но и некоторые живописцы, стремившиеся достичь утраченного мастерства древних художников в изображении человеческой формы. Вскрытие тел умерших позволило более подробно описать строение и структуру грудной клетки, легких, трахеи и бронхиальной системы.

Изобретение микроскопа в XVII веке дало возможность изучить строение легких вплоть до альвеол и капилляров. Были описаны различные типы эпителиальных клеток дыхательных путей, пазухи полости носа, изучалась жизненная емкость легких.

В Новейшее время с помощью технологий удалось получить первые микрофотографии, показывающие ультраструктуру легочного капилляра и газового барьера крови. Были описаны свойства эпителиальных клеток дыхательных путей. В настоящее время исследования в данной области продолжаются.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Источники финансирования

Исследование проводилось без участия спонсоров

Funding Sources

This study was not sponsored

ЛИТЕРАТУРА

1. Kwiecinski J. First images of respiratory system in ancient Egypt: Trachea, bronchi and pulmonary lobes // Can. Respir. J. 2012. Vol.19, Iss.5. P.e33–35. <https://doi.org/10.1155/2012/640292>
2. Суботьялов М.А., Дружинин В.Ю., Сорокина Т.С. Представление о строении тела человека в аюрведических трактатах // Морфология. 2014. Т.145, №1. С.89–91. EDN: RVVRJT.
3. Сорокина Т.С. История медицины: в 2-х т. Т.1. М.: Издательский центр «Академия». 2018. 288 с. ISBN 978-5-7695-4927-4.
4. Fitting J.W. From breathing to respiration // Respiration. 2015. Vol.89, Iss.1. P.82–87.

<https://doi.org/10.1159/000369474>

5. Lydiatt D.D., Bucher G.S. The historical Latin and etymology of selected anatomical terms of the larynx // Clin. Anat. 2010. Vol. 23, Iss.2. P.131–144. <https://doi.org/10.1002/ca.20912>
6. Gregoric P., Lewis O., Kuhar M. The Substance of De Spiritu // Early Sci. Med. 2015. Vol. 20, Iss.2. P.101–124. <https://doi.org/10.1163/15733823-00202p01>
7. Lorch M.P., Whurr R. The laryngoscope and nineteenth-century British understanding of laryngeal movements // J. Hist. Neurosci. 2019. Vol.28, Iss.2. P.262–276. <https://doi.org/10.1080/0964704X.2019.1589874>
8. Гантамиров Т.Т. Роль Галена в развитии медицины // Вестник Медицинского института. 2019. №1(15). С.35–41. EDN: YGQYEX.
9. Laïos K., Lagiou E., Konofaou V., Piagkou M., Karamanou M. From thyroid cartilage to thyroid gland // Folia Morphol. 2019. Vol.78, Iss.1. P.171–173. <https://doi.org/10.5603/FM.a2018.0059>
10. Fughelli P., Stella A., Sterpetti A.V. Marcello Malpighi (1628–1694) // Circ. Res. 2019. Vol.124, Iss.10. P.1430–1432. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.119.314936>
11. West J.B. History of respiratory mechanics prior to World War II // Compr. Physiol. 2012. Vol.2, Iss.1. P.609–619. <https://doi.org/10.1002/cphy.c080112>
12. Laitman J.T. Harnessing the hallowed hollows of the head: the mysterious world of the paranasal sinuses // Anat. Rec. (Hoboken). 2008. Vol.291, Iss.11. P.1346–1349. <https://doi.org/10.1002/ar.20788>
13. Márquez S. The paranasal sinuses: the last frontier in craniofacial biology // Anat. Rec. (Hoboken). 2008. Vol.291, Iss.11. P.1350–1361. <https://doi.org/10.1002/ar.20791>
14. Ambrogi V. Piero della Francesca's coral pendants: the hidden bronchial anatomy // Thorax. 2014. Vol.69, Iss.12. Article number:1161. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2014-205344>
15. Lazzeri D. Concealed lung anatomy in Botticelli's masterpieces the primavera and the birth of Venus // Acta Biomed. 2018. Vol.88, Iss.4. P.502–509. <https://doi.org/10.23750/abm.v88i4.5981>
16. Lydiatt D.D., Bucher G.S. The influence of the final cause doctrine on anatomists of the sixteenth and seventeenth centuries concerning selected anatomical structures of the head and neck // Laryngoscope. 2012. Vol.122, Suppl. 3. S35–51. <https://doi.org/10.1002/lary.23391>
17. Koehler U. Ein Pionier der Anatomie – Der Marburger Arzt und Ordinarius Dryander (1500–1560) und die anatomische Darstellung der Lunge // Pneumologie. 2019. Vol.73, Iss.6. P.374–376. <https://doi.org/10.1055/a-0768-9197>
18. Fitzgerald R.S., Cherniack N.S. Historical perspectives on the control of breathing // Compr. Physiol. 2012. Vol.2, Iss.2. P.915–932. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100007>
19. Brinkman R.J., Hage J.J. Andreas Vesalius' 500th Anniversary: initial integral understanding of voice production // J. Voice. 2017. Vol.31, Iss.1. P.124.e11–124.e19. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.12.019>
20. Widdicombe J.H. Early studies on the surface epithelium of mammalian airways // Am. J. Physiol. Lung. Cell. Mol. Physiol. 2019. Vol.317, Iss.4. P.L486–L495. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00240.2019>
21. Jankowski R., Nguyen D.T., Poussel M., Chenuel B., Gallet P., Rumeau C. Sinusology // Eur. Ann. Otorhinolaryngol. Head. Neck. Dis. 2016. Vol.133, Iss.4. P.263–268. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2016.05.011>
22. Сорокина Л.А., Котельников И.Н. Марчелло Мальпиги (1628–1694): «De pulmonibus epistolae», или «Два письма о легких» // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2011. Т.10, №4(40). С.91–94. EDN: OOMPLD.
23. Urffy M.Z., Suarez J.I. Breathing and the nervous system // Handb. Clin. Neurol. 2014. Vol.119. P.241–250. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4086-3.00017-5>
24. Levine C., Marcillo A. Origin and endpoint of the olfactory nerve fibers: as described by Santiago Ramón y Cajal // Anat. Rec. (Hoboken). 2008. Vol.291, Iss.7. P.741–750. <https://doi.org/10.1002/ar.20660>
25. Barcat J.A. Megacariocitos, plaquetas y una nueva función pulmonar [Megakaryocytes, platelets and a new lung function] // Medicina. 2017. Vol.77, Iss.4. P.344–346.
26. Senior A. Friedrich Berthold Reinke (1862–1919): brilliant yet troubled anatomist of the vocal fold // J. Laryngol. Otol. 2015. Vol.129, Iss.11. P.1053–1057. <https://doi.org/10.1017/S0022215115002522>
27. Wani T.M., Bissonnette B., Engelhardt T., Buchh B., Arnous H., Al Ghamdi F., Tobias J.D. The pediatric airway: Historical concepts, new findings, and what matters // Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 2019. Vol.121. P.29–33. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.02.041>
28. Rohrich R.J., Pessa J.E. Nasal anatomy and John B. Deaver, M.D // Plast. Reconstr. Surg. 2009. Vol.124, Iss.5. P.253e–254e. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181b98cf8>
29. Hogg J.C. Canadian contributions to pulmonary anatomy and pathology // Can. Respir. J. 2007. Vol.14, Iss.7. P.393–397. <https://doi.org/10.1155/2007/134394>
30. Одинцова И.А., Гололобов В.Г. Николай Григорьевич Хлопин: страницы жизни и научной деятельности (к 120-летию со дня рождения) // Гены и Клетки. 2017. Т.12, №2. С.6–10. <https://doi.org/10.23868/201707011>
31. West J.B. Frank Low and the first images of the ultrastructure of the pulmonary blood-gas barrier // Am. J. Physiol.

Lung. Cell. Mol. Physiol. 2016. Vol.310, Iss.5. P.L387–392. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00401.2015>

32. Weibel E.R. A retrospective of lung morphometry: from 1963 to present // *Am. J. Physiol. Lung. Cell. Mol. Physiol.* 2013. Vol.305, Iss.6. P.L405–408. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00169.2013>

33. Adler K.B., Shapiro S.D., Gallup M., Wu R., Randell S.H., Holtzman M.J., Evans C.M., Jacoby D.B., Tesfaigzi Y., Rose M.C., Mossman B.T., Prince A., Reddy S.P., Davis C.W., Matthay M.A. Airway epithelium, inflammation, and mechanisms of disease: A tribute to Carol B. Basbaum // *Am. J. Respir. Cell. Mol. Biol.* 2006. Vol.34, Iss.5. P.523–526. <https://doi.org/10.1165/rcmb.F311>

34. Руденок В.В., Трушель Н.А., Конопелько Г.Е., Солнцева Г.В. Научно-педагогическая деятельность профессора П.И. Лобко // *Здравоохранение (Минск)*. 2019. №10. С.71–74. EDN: NAEMCA.

REFERENCES

1. Kwiecinski J. First images of respiratory system in ancient Egypt: Trachea, bronchi and pulmonary lobes. *Can. Respir. J.* 2012; 19(5):e33–35. <https://doi.org/10.1155/2012/640292>

2. Subotyalov M.A., Druzhinin V.Yu., Sorokina T.S. [Representation of human body structure in Ayurvedic treatises]. *Morfologiya = Morphology* 2014; 145(1):89–91 (in Russian).

3. Sorokina T.S. [History of Medicine. Vol.1]. Moscow: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya»; 2018 (in Russian).

4. Fitting J.W. From breathing to respiration. *Respiration* 2015; 89(1):82–87. <https://doi.org/10.1159/000369474>

5. Lydiatt D.D., Bucher G.S. The historical Latin and etymology of selected anatomical terms of the larynx. *Clin. Anat.* 2010; 23(2):131–144. <https://doi.org/10.1002/ca.20912>

6. Gregoric P., Lewis O., Kuhar M. The Substance of De Spiritu. *Early Sci. Med.* 2015; 20(2):101–124. <https://doi.org/10.1163/15733823-00202p01>

7. Lorch M.P., Whurr R. The laryngoscope and nineteenth-century British understanding of laryngeal movements. *J. Hist. Neurosci.* 2019; 28(2):262–276. <https://doi.org/10.1080/0964704X.2019.1589874>

8. Gantamirov T.T. [Role of Galen in the development of medicine]. *Vestnik meditsinskogo instituta* 2019; 1(15):35–41 (in Russian).

9. Laios K., Lagiou E., Konofaou V., Piagkou M., Karamanou M. From thyroid cartilage to thyroid gland. *Folia Morphol.* 2019; 78(1):171–173. <https://doi.org/10.5603/FM.a2018.0059>

10. Fughelli P., Stella A., Sterpetti A.V. Marcello Malpighi (1628–1694). *Circ. Res.* 2019; 124(10):1430–1432. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.119.314936>

11. West J.B. History of respiratory mechanics prior to World War II. *Compr. Physiol.* 2012; 2(1):609–619. <https://doi.org/10.1002/cphy.c080112>

12. Laitman J.T. Harnessing the hallowed hollows of the head: the mysterious world of the paranasal sinuses. *Anat. Rec. (Hoboken)* 2008; 291(11):1346–1349. <https://doi.org/10.1002/ar.20788>

13. Márquez S. The paranasal sinuses: the last frontier in craniofacial biology. *Anat. Rec. (Hoboken)* 2008; 291(11):1350–1361. <https://doi.org/10.1002/ar.20791>

14. Ambrogi V. Piero della Francesca's coral pendants: the hidden bronchial anatomy. *Thorax* 2014; 69(12):1161. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2014-205344>

15. Lazzeri D. Concealed lung anatomy in Botticelli's masterpieces the primavera and the birth of Venus. *Acta Biomed.* 2018; 88(4):502–509. <https://doi.org/10.23750/abm.v88i4.5981>

16. Lydiatt D.D., Bucher G.S. The influence of the final cause doctrine on anatomists of the sixteenth and seventeenth centuries concerning selected anatomical structures of the head and neck. *Laryngoscope* 2012; 122(Suppl.3):S35–51. <https://doi.org/10.1002/lary.23391>

17. Koehler U. [Ein pionier der anatomie – der Marburger Arzt und Ordinarius Dryander (1500–1560) und die anatomische darstellung der lunge]. *Pneumologie* 2019; 73(6):374–376 (in German). <https://doi.org/10.1055/a-0768-9197>

18. Fitzgerald R.S., Cherniack N.S. Historical perspectives on the control of breathing. *Compr. Physiol.* 2012; 2(2):915–932. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100007>

19. Brinkman R.J., Hage J.J. Andreas Vesalius' 500th Anniversary: initial integral understanding of voice production. *J. Voice* 2017; 31(1):124.e11–124.e19. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.12.019>

20. Widdicombe J.H. Early studies on the surface epithelium of mammalian airways. *Am. J. Physiol. Lung. Cell. Mol. Physiol.* 2019; 317(4):L486–L495. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00240.2019>

21. Jankowski R., Nguyen D.T., Poussel M., Chenuel B., Gallet P., Rumeau C. Sinusology. *Eur. Ann. Otorhinolaryngol. Head. Neck. Dis.* 2016; 133(4):263–268. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2016.05.011>

22. Sorokina L.A., Kotelnikov I.N. [Marcello Malpighi (1628–1694): "De pulmonibus epistolae" or "Two letters about the lungs"]. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya* 2011; 10(4-40):91–94 (in Russian).

23. Urly M.Z., Suarez J.I. Breathing and the nervous system. *Handb. Clin. Neurol.* 2014; 119:241–250. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4086-3.00017-5>

24. Levine C., Marcillo A. Origin and endpoint of the olfactory nerve fibers: as described by Santiago Ramón y Cajal.

Anat. Rec. (Hoboken) 2008; 291(7):741–750. <https://doi.org/10.1002/ar.20660>

25. Barcat J.A. Megacariocitos, plaquetas y una nueva función pulmonar [Megakaryocytes, platelets and a new lung function]. *Medicina* 2017; 77(4):344–346 (in Spanish).

26. Senior A. Friedrich Berthold Reinke (1862–1919): brilliant yet troubled anatomist of the vocal fold. *J. Laryngol. Otol.* 2015; 129(11):1053–1057. <https://doi.org/10.1017/S0022215115002522>

27. Wani T.M., Bissonnette B., Engelhardt T., Buchh B., Arnous H., Al Ghamdi F., Tobias J.D. The pediatric airway: Historical concepts, new findings, and what matters. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 2019; 121:29–33. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.02.041>

28. Rohrich R.J., Pessa J.E. Nasal anatomy and John B. Deaver, M.D. *Plast. Reconstr. Surg.* 2009; 124(5):253e–254e. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181b98cf8>

29. Hogg J.C. Canadian contributions to pulmonary anatomy and pathology. *Can. Respir. J.* 2007; 14(7):393–397. <https://doi.org/10.1155/2007/134394>

30. Odintsova I.A., Gololobov V.G. [Nikolay Grigorievich Khlopin: about life and scientific endeavors (devoted to the 120-th anniversary of birth)]. *Geny i kletki = Genes & Cells* 2017; 12(2):6–10 (in Russian). <https://doi.org/10.23868/201707011>

31. West J.B. Frank Low and the first images of the ultrastructure of the pulmonary blood-gas barrier. *Am. J. Physiol. Lung. Cell. Mol. Physiol.* 2016; 310(5):L387–392. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00401.2015>

32. Weibel E.R. A retrospective of lung morphometry: from 1963 to present. *Am. J. Physiol. Lung. Cell. Mol. Physiol.* 2013; 305(6):L405–408. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00169.2013>

33. Adler K.B., Shapiro S.D., Gallup M., Wu R., Randell S.H., Holtzman M.J., Evans C.M., Jacoby D.B., Tesfaigzi Y., Rose M.C., Mossman B.T., Prince A., Reddy S.P., Davis C.W., Matthay M.A. Airway epithelium, inflammation, and mechanisms of disease: A tribute to Carol B. Basbaum. *Am. J. Respir. Cell. Mol. Biol.* 2006; 34(5):523–526. <https://doi.org/10.1165/rcmb.F311>

34. Rudenok V.V., Trushel N.A., Konopelko G.E., Solntseva G.V. [Scientific and pedagogic activities of professor P.I. Lobko]. *Zdravookhranenie (Minsk)* 2019; 10:71–74 (in Russian).

Информация об авторах:

Анна Михайловна Суботьялова, студентка магистратуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный педагогический университет»; e-mail: anyuta108@mail.ru

Михаил Альбертович Суботьялов, д-р мед. наук, профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный педагогический университет»; доцент кафедры фундаментальной медицины, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»; e-mail: subotyalov@yandex.ru

Author information:

Anna M. Subotyalova, Master's Student, Novosibirsk State Pedagogical University; e-mail: anyuta108@mail.ru

Mikhail A. Subotyalov, MD, PhD, DSc (Med.), Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Life safety, Novosibirsk State Pedagogical University; Docent of the Department of Fundamental Medicine, Novosibirsk State University; e-mail: subotyalov@yandex.ru

Поступила 16.05.2024
Принята к печати 30.06.2024

Received May 16, 2024
Accepted June 30, 2024