

УДК 612.2(091)
DOI: 10.36979/1694-500X-2022-22-10-32-40

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ФИЗИОЛОГИИ ДЫХАНИЯ

М.А. Суботьялов

Аннотация. Рассматривается анализ развития физиологии дыхания – области физиологии, изучающей процессы, обеспечивающие снабжение тканей организма кислородом и выведение углекислого газа. Выделяются и характеризуются ключевые этапы становления и развития физиологии дыхания. При написании данной работы использовались сравнительно-исторический и аналитический методы историко-медицинского исследования. Представлена краткая характеристика основных периодов формирования представлений о физиологии дыхания, начиная с эпохи Древнего мира и заканчивая Новейшим временем. Дан обзор древнейшим трудам, послужившим идейно-историческими предпосылками становления и дальнейшего развития физиологии дыхания. Представлены ключевые деятели науки различных эпох, чьи исследования послужили базисом для формирования данного направления. В заключении автором делается вывод об этапах становления и развития физиологии дыхания от философских изысканий в Древнем мире и накопления эмпирических знаний в период Средневековья до появления новых методов исследования в Новое время и изучения процессов регуляции дыхания в Новейшее время.

Ключевые слова: история медицины; физиология дыхания; пульмонология; история физиологии; история биологии.

ДЕМ АЛУУ ФИЗИОЛОГИЯСЫ ЖӨНҮНДӨ ТҮШҮНҮКТӨРДҮ ӨНҮКТҮРҮҮ

М.А. Суботьялов

Аннотация. Макалада организмдин ткандарын кычкылтек менен камсыз кылуучу жана көмүр кычкыл газын бөлүп чыгаруучу процесстерди изилдөөчү физиологиянын тармагы болгон дем алуу физиологиясынын өнүгүшүнө талдоо жүргүзүү каралат. Дем алуу физиологиясынын калыптанышынын жана өнүгүшүнүн негизги этаптары бөлүп көрсөтүлгөн жана мүнөздөлгөн. Бул эмгекти жазууда тарыхый медициналык изилдөөнүн салыштырма тарыхый-аналитикалык ыкмалары колдонулган. Байыркы дүйнөнүн доорунан азыркы доорго чейинки дем алуу физиологиясы жөнүндөгү түшүнүктөрдүн калыптанышынын негизги мезгилдеринин кыскача баяндамасы берилген. Дем алуу физиологиясынын калыптанышынын жана андан ары өнүгүшүнүн идеялык-тарыхый өбөлгөлөрү катары кызмат кылган байыркы эмгектерге сереп берилди. Ар кандай доорлордогу илимдин негизги ишмерлери келтирилген, алардын изилдөөлөрү ушул багытты калыптандыруу үчүн негиз болгон. Корутундуу автор байыркы дүйнөдөгү философиялык изилдөөлөрдөн тартып жана орто кылымдарда эмпирикалык билимдин топтолушунан жаңы мезгилде жаңы изилдөө ыкмалары пайда болгонго чейин дем алуу физиологиясынын калыптанышуу жана өнүгүү этаптары жөнүндө жана жаңы заманда дем алууну жөнгө салуу процесстерин изилдөө боюнча жыйынтык чыгарган.

Түйүндүү сөздөр: медицинанын тарыхы; дем алуу физиологиясы; пульмонология; физиологиянын тарыхы; биологиянын тарыхы.

DEVELOPMENT OF IDEAS ABOUT THE PHYSIOLOGY OF RESPIRATION

M.A. Subotyalov

Abstract. The article is devoted to the analysis of the development of respiratory physiology – the field of physiology that studies the processes that ensure the supply of oxygen to the tissues of the body and the excretion of carbon dioxide. The purpose of the article is to identify and characterize the key stages of the formation and development of respiratory physiology. When writing this work, comparative historical and analytical methods of historical and medical research were used. The article presents a brief description of the main periods of the formation of ideas about the physiology of respiration, starting from the era of the Ancient World and ending with Modern times. An overview of the oldest

works that served as ideological and historical prerequisites for the formation and further development of respiratory physiology is given. The key figures of science of various eras, whose research served as the basis for the formation of this direction, are presented. In conclusion, the author concludes about the stages of formation and development of respiratory physiology from philosophical research in the Ancient World and the accumulation of empirical knowledge in the Middle Ages to the emergence of new research methods in Modern times and the study of the processes of regulation of respiration in Contemporary times.

Keywords: history of medicine; physiology of respiration; pulmonology; history of physiology; history of biology.

Предпосылки возникновения физиологии дыхания в Древнем мире. В Древнем мире большая часть медицинской теории строилась вокруг двух доминирующих элементов и связанных с ними качеств или проявлений: воздуха, или пневмы, и огня.

Древние египтяне считали, что пневма – это недоступное взору вещество, которое содержится в воздухе. При вдохе она попадает в лёгкие, затем в сердце, из него – в артерии, а затем пневма разносится по всему организму человека. Человек остаётся здоров, пока свойства крови и пневмы нормальны. Папирус Эберса содержит одно из самых древних описаний ингаляций, применяемых при лечении болезней груди и горла [1].

В медицине разных стран Древнего Востока сформировались понятия о жизненной энергии человека, подобной пневме. Её свойства зависели в основном от дыхания и движения крови. Это китайская «ци» и индийская «прана», наполняющая тело человека с каждым вздохом [2].

Хроники Западной Ханьской династии, датированные 30 годами до н. э., содержат свидетельства о влиянии воздуха высокогорья (гипоксии) на состояние человека (т. е. о горной болезни). Спустя несколько столетий, в 403 году, китайский монах Фа Сянь (Fāxiān) писал о гибели своего спутника от горной болезни: он умер с пеной у рта, что характерно для острого отёка лёгких [3].

«Гиппократов сборник» содержит некоторые из самых ранних известных гипотез о физиологической роли пневмы, или «дыхания», которое, как предполагалось, участвует в различных функциях в организме человека и животных. Гиппократ (Hippocrates, V–IV вв. до н. э.) в своих трактатах утверждал, что дыхание помогает организму регулировать собственную температуру. Сложный механизм процесса дыхания он объяснял взаимодействием двух элементов – пневмы

и огня [4]. Гиппократ полагал, что организм, совершая вдох и выдох, достигает сразу двух целей: 1. Он принимает воздух, не только наиболее важный элемент для поддержания жизни, но и проводник разума (в представлении древнегреческих мыслителей). 2. Он охлаждает внутренний жар за счёт ритмической замены горячей пневмы холодной [4]. Гиппократ описал органы, входящие в дыхательную систему, упомянув лёгкие, бронхи, дыхательное горло (трахею). Также он дал описание симптомов заболеваний дыхательной системы и методы их лечения. Например, для устранения бронхиальной астмы он рекомендовал горный воздух, а при лечении бронхита и пневмонии – тепловое воздействие и ингаляции.

Гален (Galenus, 129–216) показал, что голос и дыхание тесно связаны между собой, а дыхание осуществляется мышцами, приводимыми в движение диафрагмальными и грудными нервами. Поэтому он упрекал хирургов, которые по незнанию перерезали эти нервы, отчего пациенты немели после операций на шее, например хирургии зоба. Проводя опыты на животных, Гален обнаружил, что при спокойном дыхании главная роль отводится диафрагме, а межрёберные мышцы участвуют только в форсированном дыхании. Используя тела мёртвых животных, он надувал их лёгкие с помощью мехов, так изучая процесс вентиляции. Также он изучал функциональную нейроанатомию у свиней путём полной или частичной перерезки нервов и спинного мозга на различных уровнях, поперечных срезов головного мозга или путём сдавливания мозговых желудочков. Эти эксперименты помогли ему доказать, что к остановке дыхания приводит повреждение спинного мозга между 3-м и 4-м позвонками [5].

Развитие физиологии дыхания в Средние века. Персидский врач Абубакр Раби ибн Ахмад Ахавайни Бухари, более известный

как Аль-Ахавайни (Abubakr Rabi-ibn Ahmad Akhawayni Bukhari, ?–983), описал механизм лёгочного кровообращения в книге «Руководство для учёного по медицине» [6].

Абу Али ал-Хусейн ибн Абдаллах ибн ал-Хасан ибн Али ибн Сина (Abu Ali al-Husayn ibn Abdallah ibn al-Hasan ibn Ali ibn Sina, 980–1037) описал строение наружного носа, конструкцию и функции носовой полости. Он привёл данные об анатомии гортани (в том числе голосовых связок), трахеи и лёгких [7]. Учёный видел в сердце и пневме начало жизни, так как оба эти элемента склонны к избытку теплоты. От теплоты происходит жизнь, а от влажности – рост. В своём труде «Канон врачебной науки» Ибн Сина изложил анатомию сердца, лёгких и плевры, указав, что лёгкие состоят из двух частей (т. е. из правой и левой долей), правая имеет три, а левая – две доли, покрытые плеврой. Он привёл симптомы некоторых заболеваний дыхательной системы, охарактеризовал кашель, кровохарканье, число сердечных сокращений и частоту пульса при разных патологиях.

Учёный дал подробное описание человека, чьи лёгкие поражены воспалением («воспалительной опухолью лёгкого») [8]: болезнь начинается внезапно, наблюдается лихорадка, учащается дыхание, возникают болезненные ощущения в грудной клетке и кашель, учащается пульс и появляется одышка. Глаза больных становятся блестящими и беспокойными, лицо одутловатым, щёки покрасневшими, кончики пальцев холодными и бледными. Общее состояние больного тяжёлое. На такие заболевания дыхательной системы, как чахотка, туберкулёз, бронхиальная астма и другие, по мнению Ибн Сины, особенно влияют погодные условия, в которых живёт человек. Также они могут передаваться через «испорченный воздух», быть заразными и передаваться воздушно-капельным путём.

Андреас Везалий (Andreas Vesalius, 1514–1564) признавал важность многих элементов дыхательной системы и голосового аппарата для воспроизведения голоса. В своём труде «О строении человеческого тела, в семи книгах» (1543) Везалий подробно описал функции трахеи и обоснование её структуры и положения: «Грубая артерия (*т. е. трахея*) вообще не содержит

крови; его основная функция для животного заключается в дыхании [...], и это также самый важный орган для воспроизведения голоса. Вся его ткань соответствует этим функциям. Воздух, втягиваемый через нос или рот, переносится им из глотки прямо вниз к лёгкому и затем по его многочисленным ответвлениям распределяется по телу лёгкого, так что вещество лёгкого может быстро преобразовать его и сделать подходящим для задач, выполняемых сердцем» [9]. Функции лёгких и их строение Везалий объяснил следующим образом: «Кроме того, Природа хотела, чтобы очень многие животные дышали... и также издавали голос, ибо это внесло бы полезный вклад в жизнь животного: то, что выходит из лёгких, когда мы выдыхаем, обеспечивает первичный материал для голоса» [9]. Далее Везалий отметил функциональную анатомию трахеи: «[Грубая] артерия имеет много хрящей, и это для того, чтобы она могла быть органом, пригодным не только для дыхания, но и для голоса. Если бы грубая артерия была пригодна лишь для дыхания, она была бы перепончатой, как гладкие артерии, тогда как для голоса она должна была бы быть широкой, жёсткой и твёрдой, как свирели, флейты и рожки. Для воспроизведения голоса необходима определённая симметрия, а также давление воздуха и твёрдая субстанция, о которую ударяется воздух».

«Хрящ как раз и является таким веществом, – продолжает Везалий, – и из него должна была бы образоваться целая артерия, без связок и оболочек. Но так как не может быть голоса без вдоха и выдоха, а они требуют сжатия и растяжения, то мы должны воздать хвалу могуществу Творца, Который изобрёл в грубой артерии орган, приспособленный и для дыхания, и для голоса одновременно. Кроме того, его великолепие в строении гортани проявляется в том, что она может быть закрыта больше или меньше, так что мы можем время от времени и по нашему желанию задерживать дыхание для различных важных функций и можем издавать низкий звук или высокий, в зависимости от того, сужаем мы или расслабляем расщелину» [9].

Везалий был первым, кто прояснил анатомию органов дыхания и гортани человека, а также правильное функционирование

надгортанника. Мы заключаем, что Везалий был первым, кто публично зафиксировал концепцию производства голоса как интегрированной и мозговой направленной функции дыхания, фонации, резонанса и артикуляции. Сделав это почти 500 лет назад, он заложил прочную основу для понимания физиологии производства голоса и речи и управления ею в том виде, в каком мы её знаем.

Физиология дыхания в Новое время. В 1660-е годы Роберт Гук (Robert Hooke, 1635–1703) провёл первый экспериментальный пневмоторакс, доказав, что без герметичности грудной стенки в лёгкое не может поступить воздух, но лёгкие можно раздуть примитивным внешним насосом. Также Гук проводил на собаках эксперименты по искусственному дыханию и доказал, что не движение лёгких само по себе, а именно воздух является важнейшим условием дыхания.

Проводимые английским врачом Ричардом Лоуэром (Richard Lower, 1631–1691) эксперименты помогли проследить циркуляцию крови при её прохождении через лёгкие и показали, как она меняется при воздействии воздуха.

В середине XVII века функция лёгких была не совсем ясна. Одни считали, что целью дыхания является охлаждение крови, другие – что его целью является продвижение крови в сосуды. Господствующая теория заключалась в том, что красный цвет артериальной крови был обусловлен согреванием сердца во время систолы, а тёмный цвет венозной крови – потерей тепла во время циркуляции. Лоуэр посчитал, что оба желудочка выполняют одинаковую работу и что нелогично, чтобы кровь, выбрасываемая из одного, была красной, а из другого – тёмного цвета. Лоуэр первым заметил разницу в цвете артериальной и венозной крови и провёл серию опытов, установивших функцию лёгких [10].

В 1654 году Ральф Батерст (Баторст) (Ralph Bathurst, 1620–1704) для получения докторской степени прочитал «Три латинские лекции о дыхании», которые включали клинические наблюдения, результаты экспериментов, проведённых им самим и другими, а также размышления о химии воздуха ещё до того, как этими вопросами в следующем веке стали заниматься Джозеф

Пристли и Антуан Лавуазье. В своих работах он ссылался на Галена и Аристотеля, используя их тексты как источник примеров, а из 80 источников, которые Батерст цитировал, почти половина была опубликована после 1640 года [11]. Первая лекция была посвящена механизму и анатомии органов дыхания. Батерст объяснил движения диафрагмы и опроверг представление о том, что лёгкие двигаются сами по себе. При описании основных и вспомогательных дыхательных мышц он опирался на галеновский труд «О причинах дыхания», однако добавил подробности из собственной врачебной практики [11]. Во второй лекции Батерст предположил, что дыхание является произвольной деятельностью, а также, что движение диафрагмы помогает стимулировать перистальтику кишечника. Он не согласился с теорией Галена, согласно которой целью дыхания является охлаждение сердца. По его словам, второстепенная функция дыхания состоит в вытеснении лёгочного секрета из бронхов и удалении избыточной жидкости с выдыхаемым воздухом. Третья лекция более подробно задерживается на цели дыхания [11].

Итальянский врач Марчелло Мальпиги (Marchello Malpighi, 1628–1694) одним из первых использовал недавно изобретённый микроскоп, что помогло ему открыть лёгочные капилляры и альвеолы и дать первое описание капилляров в циркуляции [12].

Как уже было упомянуто выше, в середине XVII столетия строение и функционирование лёгких всё ещё вызывало много вопросов. Везалий, следуя трудам Галена, считал, что лёгкие образовались из затвердевшей кровяной пены. Английский медик Уильям Гарвей (William Harvey, 1578–1657) сравнил вещество лёгкого с веществом почки или печени и утверждал, что одной из его основных целей является охлаждение живого существа.

Мальпиги ссылается на эти более ранние представления в начале своего труда «De pulmonibus» («О лёгких»). Он писал: «Субстанция лёгких обычно считается плотью, потому что она обязана своим происхождением крови, и считается, что она мало чем отличается от печени или селезёнки». Но затем он предлагает результат собственных наблюдений: «При

тщательном исследовании я обнаружил, что вся масса лёгких с отходящими от них сосудами представляет собой совокупность очень тонких мембран, которые образуют почти бесконечное число округлых пузырьков и полостей, подобных тем, какие мы видим в сотовых альвеолах пчёл, образованных из воска» [12]. Мальпиги обнаружил, что воздух, поступающий в лёгкие, проходит по ряду каналов, которые мы сейчас называем дыхательными путями, в крошечные альвеолы, а также, что поверхность альвеол покрыта обширной сетью кровеносных сосудов.

Английский врач Джон Флойер (John Floyer, 1649–1734), занимаясь изучением пульса, затем перешёл к изучению процесса дыхания, считая его «помощником пульса в обеспечении циркуляции крови» [13]. Так, он полагал, что 14 вдохов-выдохов в минуту нормальным для человека с пульсом 70–75 ударов в минуту. Он придерживался точки зрения, что основной функцией дыхания было смешивание хилуса, крови и лимфы в лёгочных сосудах и очищение лёгких от паров, возникающих из этой смеси [13]. Постепенно Флойер расширил свои исследования изменения пульса под влиянием различных факторов (возраст, эмоции, пол, особая диета и болезнь) до их одновременного воздействия на дыхание. Он пришёл к выводу, что при различных состояниях организма (как здоровом, так и болезненном) есть определённое соотношение между пульсом и дыханием.

Альбрехт фон Галлер (Albrecht von Haller, 1708–1777), швейцарский врач, в работе «De respiration experientia anatomica» (1746–1747) описал механизм внешнего дыхания.

Французский естествоиспытатель Антуан Лоран Лавуазье (Antoine Laurent de Lavoisier, 1743–1794), проводя свои эксперименты, выяснил, что процессы дыхания и горения имеют единую природу. Также он измерил количество кислорода, потребляемое при дыхании, и пришёл к выводу, что его количество зависит от деятельности человека – физических упражнений, приёма пищи или голодания, нахождения в тёплом или холодном помещении [14].

Английский врач Эдмунд Гудвин (Edmund Goodwyn, 1756–1829) ставил опыты на безжизненных телах жаб и ящериц, утонувших

экспериментально, проветривая их лёгкие с помощью трубки и заставляя их кровь восстановиться своей яркой окраской, а их сердца возобновить биение. Эти наблюдения привели его к пониманию того, что характер анабиоза есть не что иное, как патологическое проявление острой асфиксии. Гудвин выдвинул аргументы в пользу искусственной вентиляции лёгких для лечения асфиксии [15]. В его время были распространены такие методы реанимации, как использование тепла, электричества, обескровливание, применение табачного дыма и нанесение различных паров и кремов на кожу. Гудвин же полагал, что эти средства помогают лишь косвенно и являются бесполезными в сравнении с эффективной искусственной вентиляцией лёгких.

Фома Иванович Барсук-Моисеев (1768–1811) стал первым студентом Московского университета, получившим степень доктора медицины. Это произошло 29 марта 1794 года, когда Фома Иванович защитил диссертацию, посвящённую физиологии дыхания «Dissertatio medico-physica de respiratione» [16].

Вопросом происхождения голоса у человека и животных занимался Илья Егорович Грузинов (1781–1813), выпускник медицинского факультета Московского университета. Для этого в 1812 году он проводил эксперименты на животных и впервые на телах умерших людей. Результаты проводимых им опытов были затем изложены в «Слове о новооткрытом месте происхождения голоса в человеке и других животных» (1812). В своём труде он писал, что «человеческий голос рождается в груди, в нижнем конце дыхательного горла посредством его задней перепонки» [16].

Алексей Матвеевич Филомафитский (1807–1849) в Профессорском институте при Дерптском университете в 1833 году защитил диссертацию на степень доктора медицины «De avium respiratione» («О дыхании птиц»). Одним из направлений его научной деятельности было экспериментальное изучение наркоза, а также нервно-рефлекторной реакции при кашле [17].

Сеченов Иван Михайлович (1829–1905), основоположник учения о рефлексах головного мозга, первым извлёк и проанализировал газы, растворённые в крови; открыл карбоксигемоглобин

(химическое соединение гемоглобина с углекислотой). Сеченов первым обратил внимание на то, что не кислород, а углекислый газ оказывает существенное влияние на регуляцию дыхания. Его исследования, посвящённые газообмену и растворению газов в жидкостях, легли в основу будущих авиационной, а затем космической физиологии и медицины [18].

Некоторые ученики и последователи Сеченова продолжили его научные изыскания в области физиологии дыхания. Так, Данилевский Василий Яковлевич (1852–1939) провёл исследование о влиянии головного мозга на кровообращение и дыхание (1874). Ковалевский Николай Осипович (1840–1891) исследовал выделение газов в процессе дыхания и в 1865 г. защитил докторскую диссертацию «Материалы к изучению лёгочного дыхания» [17].

Ученик Ковалевского Миславский Николай Александрович (1854–1928) сосредоточил свой научный интерес на роли центральной и периферической нервных систем в организме человека. В 1885 г. он защитил докторскую диссертацию «О дыхательном центре», в которой использовал гистологические методы для определения локализации дыхательного центра в продолговатом мозге [19].

Датским врачом Христианом Бором (Christian Bohr, 1855–1911) было сделано не менее трёх открытий в области физиологии дыхания, каждое из которых носит его имя [20]. Во-первых, он выявил «мёртвое пространство Бора», которое относится к той части дыхательного объёма, которая не участвует в газообмене с кровью. Во-вторых, он обнаружил влияние углекислого газа на способность крови связывать кислород. Это известно как «эффект Бора» и является очень важной особенностью газообмена как в лёгких, так и в периферических тканях. Этот факт увеличения сродства гемоглобина с кислородом при добавлении углекислого газа установили независимо друг от друга Бор и русский физиолог Вериго Бронислав Фортунатович (1860–1925), поэтому данный эффект также носит название «Вериго-Бора». Третий вклад Бора относится к расчёту изменений PO_2 в крови по мере насыщения кислородом лёгочных капилляров, так называемому «интегрированию Бора».

Несколько позднее Август (August Krogh, 1874–1949) и Мари Крог (Marie Krogh, 1874–1943) провели серию исследований по изучению скорости перемещения кислорода через эпителий лёгких. Августу Крогу удалось значительно повысить точность измерения артериального PO_2 , и, к их удивлению, они не смогли подтвердить теорию Бора о секреции газа, всегда обнаруживая, что альвеолярный PO_2 выше, чем артериальный PO_2 [21]. В одной из своих статей они сделали вывод о том, что «поглощение кислорода и удаление углекислого газа в лёгких происходит только путём диффузии, однако достоверных данных о какой-либо регуляции этого процесса со стороны организма нет».

Чтобы соотнести результаты своих исследований с теорией Бора, Мари Крог в 1907 г. предприняла исследование способности диффузии углекислого газа через лёгкие человека, чтобы проверить, достаточна ли скорость диффузии кислорода для его поглощения даже на больших высотах или при различных лёгочных заболеваниях. Тридцать пять лет спустя описанный ею метод был заново открыт и теперь широко используется в качестве клинического теста. Август Крог позднее открыл регуляцию капиллярного кровообращения, за что был удостоен Нобелевской премии в 1920 г. [22].

Немецким физиологом Карлом Эвальдом Герингом (Karl Ewald Hering, 1834–1918) и австрийским врачом Йозефом Брейером (Josef Breuer, 1842–1925) был описан механизм рефлексорной регуляции дыхания [23], получивший название «рефлекс Геринга-Брейера». Этот рефлекс не позволяет лёгким чрезмерно раздуваться во время глубоких вдохов.

В конце 1880-х годов вместе с Карлом Герингом работал английский невролог и нейропсихолог Генри Хэд (Henry Head, 1861–1940), который интересовался нервной регуляцией дыхания. Описанные ранее Герингом и Брейером рефлексы обеспечения своевременной смены фаз вдоха и выдоха не имели методов их регистрации [24]. Хэд разработал такой метод регистрации напряжения и сокращений диафрагмы у животных, находящихся под анестезией. Его результаты подтвердили экспериментальную основу рефлексов Геринга-Брейера и включали

открытие нового рефлекса, названного «парадоксальным рефлексом Хэда».

Джон Скот Холдейн (John Scott Haldane, 1866–1936) в 1906 году совместно с Пристли обнаружили, что дыхательный рефлекс вызывается не недостатком кислорода, а избытком углекислого газа в крови. Они подробно описали влияние углекислого газа на регуляцию дыхательного процесса и его воздействие на концентрацию ионов водорода в крови. Повышенная способность деоксигенированного гемоглобина связываться с углекислым газом получила название «эффект Холдейна» [25]. Он был первым, кто выделил три типа гипоксемии: 1) из-за недостатка кислорода; 2) из-за недостатка гемоглобина и 3) из-за недостатка кровообращения.

Под руководством Холдейна обучалась Мейбл Пьюрфой Фитцджеральд (Mabel Purefoy FitzGerald, 1872–1973). Он научил её использовать его собственный аппарат для проверки давления углекислого газа в лёгких человека. Вместе они проводили ежедневные измерения собственных дыхательных функций в течение более двух лет и работали над определением нормальных значений альвеолярного CO_2 у мужчин, женщин и детей [26]. В 1911 г. она присоединилась к экспедиции на Пайкс-Пик. Пока мужчины из команды измеряли физиологические последствия длительного пребывания на высоте 14 101 фута (4,3 км), единственная женщина Фитцджеральд измеряла гемоглобин и альвеолярный воздух у себя, а также у горняков и их семей на высоте от 6 000 до 12 500 футов (примерно 1,8–3,8 км), отправляясь на удалённые горнодобывающие предприятия в Скалистых горах Колорадо. Полученные ею результаты представили новаторские доказательства роли кислорода в дыхании. Исследования Фитцджеральда показали, что давление CO_2 снижается примерно на 4,2 мм (или 10,5 %) на каждые 100 мм снижения барометрического давления с последующим увеличением вентиляции лёгких. Такое же снижение барометрического давления повышает процент гемоглобина в крови на 10 %, а высота значительно увеличивает количество кислорода в артериальной крови [26].

Новейшее время. Фриц Рорер (Fitz Rohrer, 1888–1926), швейцарский врач, в 1915 году

опубликовал статью о лёгочной динамике, т. е. о взаимосвязи давления и потока в дыхательных путях. В своих исследованиях он измерял давление в дыхательных путях при нормальном, максимальном и минимальном лёгочном объёмах. К сожалению, он болел туберкулёзом и рано ушёл из жизни, а его труды надолго были забыты [27].

Бельгийский физиолог Корней Жан Франсуа Хейманс (Corneille Jean François Heymans, 1892–1968) открыл роль синусного и аортального механизмов в регуляции дыхания, за что получил Нобелевскую премию в 1938 г.

Во второй половине XX века на фоне развития представлений о физиологии дыхания формируется отдельное медицинское направление: пульмонология. Позднее из пульмонологии выделяется фтизиатрия, занимающаяся изучением причин, механизмов развития, лечением и профилактикой туберкулёза.

Фрэнк Лоу (Frank Low, 1911–1998) первым опубликовал электронные микрофотографии, показывающие ультраструктуру лёгочных капилляров и, в частности, гемато-воздушного барьера [28]. На них чётко видны три слоя данного барьера: капиллярный эндотелий, внеклеточный матрикс и альвеолярный эпителий. Эти изображения оказали огромное влияние на развитие физиологии лёгких. Например, впервые стало ясно, что барьер, отделяющий кровь от альвеолярного газа, невероятно тонок. Открытие слоя внеклеточного матрикса прояснило, почему этот барьер, несмотря на его необычайную тонкость, был достаточно прочным, чтобы избежать механического разрушения.

Заключение. Таким образом, развитие физиологии дыхания можно разделить на несколько этапов. Её зарождение происходит уже в древнюю эпоху. Размышления о том, как работает дыхательная система человека, нередко происходили в рамках философских изысканий. В Средние века продолжается накопление эмпирических знаний в данной области, появляется более глубокое понимание строения и функционирования органов, входящих в дыхательную систему.

В Новое время, в период важных научных открытий, проводятся многочисленные опыты

и эксперименты, расширяются знания о строении и работе лёгких. Изобретение микроскопа позволило изучать дыхание человека на более глубоком уровне. В изучение процесса дыхания стали привлекаться и знания из области химии. В это время произошло открытие регуляции дыхания, а появление электронной микроскопии позволило исследовать ультраструктуру лёгочных капилляров и, в частности, гемато-воздушного барьера.

Поступила: 22.06.22; рецензирована: 06.07.22;
принята: 08.07.22.

Литература

1. Голубенко А.В. Древнеегипетские папирусы / А.В. Голубенко, Л.И. Каспрук // Моя профессиональная карьера. 2020. Т. 2. № 9. С. 30–33.
2. Суботялов М.А. Традиционная аюрведическая медицина: источники, история и место в современном здравоохранении: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / М.А. Суботялов. М., 2014. 50 с.
3. Сорокина Т.С. История медицины: в 2 т. Т. 1: учебник для студ. учреждений высш. мед. образования / Т.С. Сорокина. М.: Изд. центр «Академия», 2018. 288 с.
4. Frixione E. Pneuma-fire interactions in Hippocratic physiology / E. Frixione // J Hist Med Allied Sci. 2013. № 68 (4). P. 505–528. Doi: 10.1093/jhmas/jrs033.
5. Pasipoularides A. Galen, father of systematic medicine. An essay on the evolution of modern medicine and cardiology / A. Pasipoularides // Int J Cardiol. 2014. № 1, 172 (1). P. 47–58. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.12.166.
6. Yarmohammadi H. Al-Akhawayni's description of pulmonary circulation / H. Yarmohammadi, B. Dalfardi, J. Rezaian, A. Ghanizadeh // Int J Cardiol. 2013 № 3, 168 (3). P. 1819–21. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.07.040.
7. Клочкова С.В. Авиценна – анатом и врач / С.В. Клочкова, Н.Т. Алексеева, Д.Б. Никитюк, М.И. Федюхин, А.Г. Кварацхелия // Журнал анатомии и гистопатологии. 2018. Т. 7. № 1. С. 121–124.
8. Убайдуллаев А.М. Вопросы респираторной патологии в трудах Абу Али Ибн Сина / А.М. Убайдуллаев // Пульмонология. 2015. Т. 25. № 2. С. 229–231.
9. Brinkman R.J. Andreas Vesalius' 500th Anniversary: Initial Integral Understanding of Voice Production / R.J. Brinkman, J.J. Hage // J Voice. 2017. № 31 (1). P. 124.e11–124.e19. DOI: 10.1016/j.jvoice.2015.12.019.
10. Donovan A.J. Richard Lower, M.D., physician and surgeon (1631–1691) / A.J. Donovan // World J Surg. 2004. № 28 (9). P. 938–945. DOI: 10.1007/s00268-004-7553-7.
11. Guy J.M. Leading a double life in 17th-century Oxford: Ralph Bathurst (1620–1704), physician-physiologist and cleric / J.M. Guy // J Med Biogr. 2006. № 14 (1). P. 17–22. DOI: 10.1258/j.jmb.2006.04-21.
12. West J.B. Marcello Malpighi and the discovery of the pulmonary capillaries and alveoli / J.B. West // Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol. 2013. № 15, 304 (6). P. L383–90. DOI: 10.1152/ajplung.00016.2013.
13. Townsend G.L. Sir John Floyer (1649–1734) and his study of pulse and respiration / G.L. Townsend // J Hist Med Allied Sci. 1967. № 22 (3). P. 286–316. DOI: 10.1093/jhmas/xxii.3.286.
14. Karamanou M. Antoine-Laurent de Lavoisier (1743–1794) and the birth of respiratory physiology / M. Karamanou, G. Androutsos // Thorax. 2013. № 68 (10). P. 978–9. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2013-203840.
15. Vega J.L. The Connection of Life with Respiration: Edmund Goodwyn's unexplored treasure of cardiopulmonary physiology / J.L. Vega // J Appl Physiol (1985). 2018. № 1, 125 (4). P. 1128–1130. DOI: 10.1152/jappphysiol.00515.2018.
16. Сорокина Т.С. Становление научной физиологии в России (первая половина XIX столетия) / Т.С. Сорокина // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2015. Т. 23. № 4. С. 52–57.
17. Сорокина Т.С. Лекции по истории физиологии в России (XIX – первая треть XX века) / Т.С. Сорокина. М.: РУДН, 2015.
18. Сорокина Т.С. Иван Михайлович Сеченов в истории российской и мировой физиологии / Т.С. Сорокина // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Медицина. 2014. № 3. С. 97–107.
19. (Тилли) Танси Э.М. Британские физиологические журналы в 1878–1925 годах и их связи с российскими физиологами / Э.М. (Тилли) Танси, А.У. Зиганшин // Казанский медицинский журнал. 2011. Т. 92. № 5. С. 764–776.
20. West J.B. Three classical papers in respiratory physiology by Christian Bohr (1855–1911) whose work is frequently cited but seldom read / J.B. West // Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol. 2019. № 1, 316 (4). P. L585–L588. DOI: 10.1152/ajplung.00527.2018.

21. *Morrell M.J.* One hundred years of pulmonary function testing: a perspective on 'The diffusion of gases through the lungs of man' by Marie Krogh / *M.J. Morrell // J Physiol.* 2015. № 15, 593 (2). P. 351–2. DOI: 10.1113/jphysiol.2014.287573.
22. *Schmidt-Nielsen B.* August and Marie Krogh and respiratory physiology / *B. Schmidt-Nielsen // J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1984. № 57 (2). P. 293–303. DOI: 10.1152/jappl.1984.57.2.293.
23. *Bosmia A.N.* Karl Ewald Konstantin Hering (1834–1918), Heinrich Ewald Hering (1866–1948), and the namesake for the Hering-Breuer reflex / *A.N. Bosmia, E. Binello, C.J. Griessenauer, R.S. Tubbs, M.M. Shoja // Childs Nerv Syst.* 2016. № 32 (9). P. 1561–5. Doi: 10.1007/s00381-015-2854-8.
24. *Baumann C.* Henry Head in Ewald Hering's laboratory in Prague 1884–1886: an early study on the nervous control of breathing / *C. Baumann // J Hist Neurosci.* 2005. № 14 (4). P. 322–33. DOI: 10.1080/096470490881789.
25. *Sekhar K.* John Scott Haldane: The father of oxygen therapy / *K. Sekhar, S.C. Rao // Indian J Anaesth.* 2014. № 58 (3). P. 350–2. DOI: 10.4103/0019-5049.135087.
26. *Goodman M.* The high-altitude research of Mabel Purefoy Fitzgerald, 1911–13 / *M. Goodman // Notes Rec R Soc Lond.* 2015. № 20, 69 (1). P. 85–99. DOI: 10.1098/rsnr.2014.0061.
27. *West J.B.* Fritz Rohrer (1888–1926), a pioneer in pulmonary mechanics whose work was inexplicably ignored for about 30 years / *J.B. West // Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 2019. № 1, 317 (6). P. L785–L790. DOI: 10.1152/ajplung.00250.2019.
28. *West J.B.* Frank Low and the first images of the ultrastructure of the pulmonary blood-gas barrier / *J.B. West // Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 2016. № 1, 310 (5). P. L387–92. DOI: 10.1152/ajplung.00401.