



## *Из истории науки*

УДК 57(091)

DOI: 10.15372/PS20240309

EDN WNVCHK

**М.А. Суботялов**

### **РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ФИЗИОЛОГИИ КРОВООБРАЩЕНИЯ**

В статье рассматриваются предпосылки формирования, становление и развитие знаний о физиологии кровообращения. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью обобщения и дополнения результатов отдельных исследований о ходе становления и развития физиологии кровообращения в историко-научном аспекте, что позволит выявить ключевые этапы в формировании целостного представления о процессах циркуляции крови. В связи с этим целью настоящего обзора является анализ основных достижений в области физиологии кровообращения начиная с древней эпохи и заканчивая Новым временем (начало XX в.). При подготовке статьи использовались преимущественно публикации в изданиях, включенных в РИНЦ, PubMed, Scopus, Web of Science. Предпочтение было отдано материалам, опубликованным в последние 10 лет. В статье показано, что уже в древнюю эпоху ученые задавались вопросами о роли сердца в процессе кровообращения, о связи между пульсом и циркулирующей кровью. В Средние века продолжилось накопление эмпирических знаний в данной области, расширилось и углубилось понимание строения и функционирования органов, входящих в систему циркуляции крови. В Новое время процесс циркуляции крови в организме человека получил свое полное описание, стала изучаться роль нервной системы в процессе кровообращения. В наши дни исследования в области физиологии кровообращения продолжаются.

*Ключевые слова:* история медицины; кровообращение; физиология кровообращения; история физиологии; история биологии

М.А. Subotyalov

## DEVELOPMENT OF THE IDEAS ABOUT PHYSIOLOGY OF BLOOD CIRCULATION

The article considers the prerequisites for the formation of physiology of blood circulation, its development and advancement of knowledge in the related field. The relevance of this work is due to the need to generalize and supplement the results of individual studies on the formation and development of circulatory physiology in the historical-scientific aspect, which will identify the key stages in shaping a holistic view of blood circulation processes. In this regard, the purpose of this review is to analyze the main achievements in the field of circulatory physiology from ancient times to the Modern Age (early 20th century). In preparing the article, publications in journals included in the Russian Science Citation Index, PubMed, Scopus, Web of Science were mainly used; materials published in the last 10 years were preferred. The article shows that already in ancient times scientists wondered about the role of the heart in the process of blood circulation and the connection between the pulse and blood circulation. During the Middle Ages, empirical knowledge in this area continued to accumulate, the understanding of the structure and functioning of organs that are part of the blood circulation system expanded and deepened. In the Modern Age, the process of blood circulation in the human body was fully described and the role of the nervous system in blood circulation began to be studied. Nowadays, research in the field of circulatory physiology continues.

*Keywords:* history of medicine; blood circulation; physiology of blood circulation; history of physiology; history of biology

### Введение

Необходимость понимания функционирования организма человека появилась одновременно с зарождением медицины. В истории науки очень важными являются изучение этапов становления и развития медицинских и биологических дисциплин и областей, их историко-научная периодизация. На сегодняшний день есть ряд фрагментарных упоминаний о представлениях о функции кровообращения, бытовавших в разные периоды истории, при этом существует необходимость их интегрального историко-научного обобщения, построения целостной картины развития знаний о кровообращении. Поэтому целью настоящей работы является анализ основных достижений в области физиологии кровообращения начиная с древней эпохи и заканчивая Новым временем (начало XX в.).

При подготовке настоящей статьи использовались преимущественно публикации в изданиях, включенных в РИНЦ, PubMed, Scopus, Web of Science. Предпочтение было отдано материалам, опубликованным в последние 10 лет.

### Предпосылки формирования знаний о физиологии кровообращения в Древнем мире

В Древнем Египте сердце считалось центральным элементом системы каналов, пронизывающих тело человека и осуществляющих транспортировку крови, спермы, даже добрых и злых духов и души. В папирусе Смита (1700 г. до н.э.) можно найти представление о том, что периферический пульс возникает из-за сердцебиения и его измерение может быть выполнено с помощью клепсидры (специальных водяных часов) [8]. Также говорится, что аномалии периферического пульса могут быть следствием основного сердечного заболевания. В папирусе Эберса (1500 г. до н.э.) подчеркивается связь между сердцем и системой каналов: «когда сердце больно... его сосуды становятся неактивными, так что вы не можете их прощупать».

В древнеиндийских медицинских текстах описаны сердце и прикрепленные к нему различные сосуды, которые осуществляют движение следующих жизненно важных элементов: *расы* – жидкости, питающей ткани; *ракты* – красной части крови; *оджаса* – белой части крови, функции которой тесно связаны с иммунитетом; *праны*, получаемой в результате акта дыхания. Следовательно, то, что сегодня называют «кровью», должно включать в себя все эти компоненты [6].

В «Чарака-самхите» (окончательная письменная редакция – около III–V вв.) описывается, что сердце и десять прикрепленных к нему кровеносных сосудов составляют основу сердечно-сосудистой системы, отвечающей за распределение питательных веществ по всем частям тела. Чарака объясняет важность сердца как органа: «Даже незначительное повреждение сердца может привести к обмороку, а серьезное повреждение может привести к смерти» (цит. по: [15, p. 79]).

Вагбхата (Vagbhata, VII в.) писал, что десять крупных кровеносных сосудов, соединенных с сердцем, несут *расу* и *оджас* в различные части тела. Он также указывал, что кровеносные сосуды продолжают разветвляться и при этом они становятся все уже и уже, напоминая прожилки в листьях растений. И Чарака, и Вагбхата также предположили существование контроля нервной системы над процессом кровообращения.

Сушрута (Sushruta, VIII в. до н.э.) определил, что средняя скорость кровотока продолжает уменьшаться по мере того, как он движется от сердца к периферии. Бхела (Bhela, V–VI вв.) был первым в индийской медицине, кто описал большой круг кровообращения в своем труде «Бхела-самхита» [15].

Древнейший из дошедших до нас медицинских текстов Древнего Китая, «Канон Желтого императора о медицине» (кит. Huang Di Nei Jing, между 400 г. до н.э. и 260 гг. н.э.), говорит о круговом движении крови: «Сосуды сообщаются между собой по кругу. В нем нет начала и нет конца... Кровь в сосудах циркулирует непрерывно и кругообразно... а сердце хозяйничает над кровью» (цит. по: [4, с. 114]). В Европе эта теория была научно обоснована в 1628 году Уильямом Гарвеем, который использовал для подтверждения своей концепции математические и экспериментальные методы.

В Древней Греции зарождение медицинских школ шло одновременно с появлением школ философских. Алкмеон из медицинской школы Кротона (Alcmaeon, 520–450 гг. до н. э.) не проводил анатомического различия между венозной и артериальной системами, но предполагал, что они отличаются друг от друга. Функция сосудов, по его мнению, была связана с бодрствованием: отток крови из вен провоцировал сон, а поступление крови в мозг по артериям способствовало бодрствованию. По словам Алкмеона, все сосуды берут начало в голове, и их функция заключается в доставке *пневмы* (духа) в мозг. Алкмеон не приписывал особой роли сердцу в сердечно-сосудистой системе [8]. Эмпедокл из Агригента (Empedocles, 492–432 гг. до н.э.), напротив, рассматривал сердце как центральный орган, видел в нем вместилище души и утверждал, что кровеносные сосуды распространяют *пневму*, которая поступает в организм через дыхание.

В рамках Косской школы, основным представителем которой был Гиппократ (Hippocrates, 460–370 гг. до н.э.), появилась книга «О сердце». В этом труде впервые сообщается об анатомических подробностях сердца: оно имеет пирамидальную форму, красный цвет, собственную активность [8]. Гиппократ дал довольно подробное описание желудочков, сосудов (с учетом различий между артериями и венами) и полулунных клапанов.

Аристотель (Aristotle, 384–322 гг. до н.э.) описал сердце как центральный орган, снабженный различными структурами, которые служат для связи между ним и остальным организмом. Дыхание, как

полагал Аристотель, помогает охладить сердце. Он ввел в анатомию сердечно-сосудистой системы описание трех желудочков, хотя и несколько ошибочное. В модели Аристотеля выделяются два главных сосуда (полая вена и легочная артерия) и аорта (аорта и легочные вены). Сегодня считается, что в описанной Аристотелем центральный желудочек в действительности является аортой, тогда как левый желудочек соответствует левому предсердию, которое Аристотель не различал [8].

Герофил из Халкедона (Herophilus, 325/335–255/280 гг. до н.э.) назвал сосуд, соединенный с правым желудочком, «артериальной веной». Он также считал, что только артерии связаны с сердцебиением, потому что их сокращения и расслабления зависели от сердца. Герофил описал сонные артерии, подключичную вену, внутренностные и лимфатические сосуды.

Вопреки убеждениям Герофила, Эрасистрат (Erasistratus, 304/310–250 гг. до н.э.) считал, что артерии не имеют активных движений сокращения и расслабления, а пассивно наполняются за счет сокращения сердца. Он описал атриовентрикулярные клапаны: правые были названы трехстворчатыми, а левые – двустворчатыми. Кроме того, Эрасистрату принадлежит прогрессивное открытие деления вен и артерий до такой степени, что из-за их чрезвычайно малого калибра уже нельзя было провести анатомическое различие между ними, но он подчеркивал, что эти сосуды всегда наполнены кровью. Позже эти сосуды были названы капиллярами. Некоторые авторы считают, что именно Эрасистрат первым описал клапаны в венах [8]. Он установил, что воздух, притягиваемый легкими, проходит в легочные вены, оттуда в левый желудочек, а из левого желудочка в артерии, которые распределяют его по всем частям тела.

Гален (Galenus, 129–217) утверждал, что артерии содержат кровь, а не воздух. Он считал, что переваренная пища, называемая хилусом, попадает из кишечника в печень, где затем превращается в кровь [13]. Гален также писал, что кровь, достигнув сердца, разносится по венам ко всем частям тела и затем превращается в плоть. Таким образом, кровь в этом процессе «расходуется», а не «сохраняется». Кроме того, он полагал, что кровь постоянно вырабатывается из пищи, которую человек принимает внутрь.

Также Гален считал, что межжелудочковая перегородка сердца проницаема для крови. Предполагалось, что из крови, поступающей в правое сердце из полой вены, лишь небольшая часть попадает

в легкие, а остальная часть перемещается через перегородку в левый желудочек за счет самостоятельной диастолы левого желудочка [16]. По словам Галена, жизненный дух, *пневма*, выводится в результате акта дыхания и смешивается с кровью в левом желудочке, а часть его проходит через поры перегородки в венозную кровь правого желудочка. Фактически Гален предположил, что функция артерий состоит в том, чтобы доставлять эту *пневму* к различным частям тела [15].

Орибасий (Oribasius, 325–403) описал почечное кровообращение.

Между древнегреческими теориями медицины, особенно предложенными Галеном, и аюрведой есть некоторые очень важные сходства в отношении физиологии сердечно-сосудистой системы. Подобным же образом в аюрведе объясняется, что *ахара* (пища) после полного переваривания превращается в питательную жидкость, называемую *расой*, и что эта *раса* затем трансформируется в *ракту* в *якрите* (печени) и *плихе* (селезенке). После этого *ракта* входит в сердце. *Прана*, полученная в результате акта дыхания, следует за этой *рактю*. Затем *ракта* трансформируется в *мамсу* (плоть) и другие телесные ткани.

На основании этого сходства ученые нередко переводят «*раса*» как «хилее» (хотя проведение подобной параллели не совсем точно). Также *пневма* и *прана* имеют очень близкое сходство, однако термин «*прана*» имеет и много других контекстуальных значений, а не только «дыхание» [15].

### **Становление знаний о физиологии кровообращения в Средние века и эпоху Возрождения**

Индийский врач Шарнгадхара (Sharngadhara, XIV в.) в «Шарнгадхара-самхите» указал на важность исследования артериального пульса в клинической медицине и дал описание различных характеристик лучевого пульса [15].

Лишь немногие работы Галена были переведены с греческого оригинала на латынь. В Византии было много греческих ученых, и дух исследования сохранялся, как и влияние идей Галена. В 363 г. на севере Ассирии, в Эдессе, была основана медицинская школа, где тщательно изучали греческие медицинские тексты.

Вскоре после зарождения и быстрого распространения исламской цивилизации в VII в. арабы тоже заинтересовались греческими научными и медицинскими текстами, и многие из них были переведены на арабский язык, в том числе и тексты Галена. Отсюда идеи Галена о медицине, физиологии и анатомии в целом распространились по исламскому миру [16].

Персидский врач Абубакр Раби ибн Ахмад Ахавайни Бухари, более известный как Аль-Ахавайни (Abubakr Rabi-ibn Ahmad Akhawayni Bukhari, ?–983), описал механизм легочного кровообращения в его единственной дошедшей до нас книге «Руководство для ученого по медицине» [21]. Одна из глав этого труда посвящена анатомии сердца и его функциям. Автор описывает оболочку, окружающую сердце. Он объясняет, что эта мембрана состоит из двух отдельных слоев: непосредственно прикрепленного к сердцу и отдельного от него (соответствующего перикарду в современной номенклатуре). Аль-Ахавайни делает различие между артериями и венами по толщине их стен и наличию в них пульсации. Он считал, что кровь движется от правого отдела сердца к легким, а затем обратно от легких к левому отделу сердца. Его объяснение анатомической структуры сердца включает изображения желудочков, предсердий, четырех клапанов сердца, легочных сосудов, аорты и артерий, питающих сердце.

Сирийский врач Алауддин Абуль-Хасан Али ибн Абу Хазм аль-Кураши ад-Димашки, или Ибн ан-Нафис (Ala-al-Din abu al-Hasan Ali ibn Abi-Hazm al-Qarshi al-Dimashqi, Ibn al-Nafis, 1210/1213–1288), не соглашаясь с некоторыми взглядами Галена, считал, что межжелудочковая перегородка не пористая, т.е. является непроницаемой для крови. Значит, требуется другой путь, чтобы доставить кровь к левому сердцу. Ибн ан-Нафис Он постулировал, что кровь из правого сердца проходит в левое через легочную артерию и вену после смешивания с воздухом в легких с образованием «жизненного воздуха», и это привело его к идее о легочном кровообращении [12]. Также он предположил наличие малого круга кровообращения.

Ибн ан-Нафис ставил под сомнение и взгляды Ибн Сины о кровоснабжении сердца. В его книге «Комментарии к Канону врачебной науки» он писал: «Его [Ибн Сины] утверждение, что кровь, находящаяся в правом боку, питает сердце, вовсе не соответствует действительности, ибо питание сердца на самом деле происходит от

крови, проходящей по сосудам, пронизывающим сердце» (цит. по: [7, р. 131]. Это замечание стало первым в истории медицины опубликованным документом о роли коронарных артерий.

С созданием в X в. медицинской школы в итальянском городе Салерно происходит постепенное возрождение медицины в Европе. Начиная с XI в. на Западе стали появляться латинские переводы исламских и греческих медицинских текстов, которые снова начали распространять воззрения Галена, и галенизм приобрел непререкаемый авторитет [16]. Идеи Галенасчитались настолько непоколебимыми, что если при вскрытии тел умерших обнаруживались несоответствия по сравнению с анатомией человека, представленной Галеном, первооткрыватели пытались подогнать их под галеновскую систему.

Итальянец Беренгарио да Карпи (Berengario da Carpi, 1460/1470–1530/1550), препарируя трупы, отчетливо показал существование только двух желудочков, двух предсердий, полулунных и атриовентрикулярных клапанов, восстановив таким образом знания, полученные Александрийской школой. К этому он добавил наличие папиллярных мышц как компонентов подклапанного аппарата [8].

Леонардо да Винчи (Leonardo da Vinci, 1452–1518) опытным путем установил, что воздух из легких не поступает в сердце. Он также доказал, что клапаны пропускают кровь только в одном направлении и предотвращают ее регургитацию. Леонардо видел четкое функциональное различие между предсердиями и желудочками: когда желудочек сокращается, предсердие расширяется, и наоборот. Он отметил, что предсердия более растяжимы и податливы, чем желудочки, упомянул открытие, сокращение и закрытие желудочков (диастолу, систолу и конечную систолу) как последовательные фазы сердечного движения, завершающиеся выделением тепла [18].

Сердце, подчеркивал Леонардо, это просто мышца, а неместилище духов или воздуха. Он представил подробную картину митрального аппарата и описал модераторную полосу правого желудочка. Однако Леонардо все же верил в существование пор в межжелудочковой перегородке и принял галеновскую модель распределения крови по телу [8]. Также он создал самые ранние из известных рисунков коронарных артерий. Исследуя тела разных возрастов, Леонардо получил представление об артериальных заболеваниях у пожилых людей [18].

Итальянский врач Андреас Везалий (Andreas Vesalius, 1514–1564) одним из первых среди западных врачей начал подвергать сомнению идеи Галена о движении крови. Переводя труды Галена, он параллельно проводил множество вскрытий и показал, что некоторые анатомические детали, описанные Галеном, соответствуют строению обезьян, а не людей (что неудивительно: Гален, связанный законом, не мог вскрывать тела людей). Везалий отметил, что межжелудочковая перегородка не перфорирована [16]. Однако дальше этого он не пошел и не выдвинул гипотезу о легочном кровообращении.

Испанский богослов и врач Мигель Сервет (Michael Servetus, 1511–1553) учился в Париже в одно время с Везалием и под руководством одних и тех же преподавателей. Помимо того, что Сервет был выдающимся анатомом и физиологом, он также прославился как мыслитель и теолог. Удивительно, что в свой труд «Christianismi Restitutio» («Восстановление христианства») он включил описание легочного кровообращения [16]. В Западной Европе это было первое подобное описание, причем сделанное независимо от исследований Ибн ан-Нафиса.

Также Сервет (за два года до Везалия) утверждал относительно малого круга кровообращения, что межжелудочковая перегородка непроницаема для крови. К сожалению, его труд был признан еретическим и уничтожен вместе с автором [19]. Сохранилось лишь несколько копий, которые тщательно прятались, а потому не получили в то время широкого распространения.

Итальянский хирург и анатом Реальдо Коломбо (Realdus Columbus, 1515–1559), проводя вивисекцию собак и других животных, независимо от Сервета или ан-Нафиса открыл легочное кровообращение. Он обнаружил, что в легочной вене находится только кровь, а не воздух, что противоречило данным Галена. Также Коломбо знал об утверждении Везалия о непроницаемости межжелудочковой перегородки для крови. Все это привело его к размышлениям о малом круге кровообращения [17]. Он также обнаружил, что четыре клапана сердца пропускают кровь только в одном направлении. Однако даже после публикации трудов Коломбо (середина XVI в.) взгляды Галена, в том числе и ошибочные, все еще преобладали.

Врач и философ из Италии Андреа Чезальпино (Andreas Caesalpinus, 1519/24–1603) описал прохождение крови из правого сердца через легкие в левое сердце и использовал термин «циркуляция» для характеристики этого процесса [14].

Анатом и хирург, итальянец Иероним Фабриций (Hieronymus Fabricius, 1537–1619) обнаружил в венах перепончатые складки, которые сейчас известны как венозные клапаны. Он заметил, что кровь не может двигаться от сердца по венам [22]. Фабриций известен также тем, что преподавал Уильяму Гарвею.

### **Развитие представление о физиологии кровообращения в Новое время**

Английский медик Уильям Гарвей (William Harvey, 1578–1657) впервые собрал различные фрагменты информации в логической последовательности и сформировал общую картину, представляющую полный процесс кровообращения. Свои взгляды Гарвей изложил в труде «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных» («Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus», 1628) [14]. Он писал, что кровь циркулирует по телу, движимая сердцем. Это поставило под сомнение давние учения Гиппократ и Галена о четырех различных телесных жидкостях, или «соках», которые текли через отдельные артериальные и венозные сосуды [20].

Исследования Гарвея выявили значение малого круга кровообращения и установили, что сердце является мышечным органом с клапанами, работа которого обеспечивает нагнетание крови в кровеносную систему. По мнению И.П. Павлова, «врач Уильям Гарвей подсмотрел одну из важнейших функций организма – кровообращение и тем заложил фундамент новому отделу точного знания – физиологии животных» (цит. по: [1, с. 152]).

Французский мыслитель Рене Декарт (Rene Descartes, 1596–1650) считал, что кровь входит в сердце, но меняет свой характер при выходе из-за повышения температуры, разрежения и возбуждения. Это уменьшение плотности крови при ее одновременном расширении он рассматривал как единственную причину движения сердца [9].

Итальянский биолог Марчелло Мальпиги (Marcello Malpighi, 1628–1694) с помощью микроскопа установил наличие капилляров и предположил, что они являются соединениями между артериями и венами, которые позволяют крови течь обратно к сердцу. Его наблюдения помогли теории Гарвея принять заверченный вид [10].

Шотландские хирурги Александр Монро (Alexander Monro secundus, 1733–1817) и Джордж Келли (George Kellie, 1770–1829) совместно изучали кровообращение внутри черепа. Они выяснили, что поскольку череп ригидный и общий объем его содержимого (мозга, крови и спинномозговой жидкости) постоянен, любое увеличение объема одной из внутричерепных составляющих должно компенсироваться уменьшением объема другой. Это утверждение получило название доктрины Монро – Келли, и оно имеет фундаментальное значение для понимания воздействия повышенного внутричерепного давления на головной мозг [11].

Русский физиолог Алексей Матвеевич Филомафитский (1807–1849) сделал первые шаги в экспериментальном изучении проблемы переливания крови. В 1848 г. им был опубликован «Трактат о переливании крови (как единственном средстве во многих случаях спасти угасающую жизнь), составленный в историческом, физиологическом и хирургическом отношениях» [5].

Отчужденный физиолог и ученый Иван Михайлович Сеченов (1829–1905) первым извлек и проанализировал газы, растворенные в крови. Один из его учеников, Василий Яковлевич Данилевский (1852–1939), провел исследование о влиянии головного мозга на кровообращение и дыхание (1874 г.) [5].

Русско-советский физиолог Иван Петрович Павлов (1849–1936) еще в студенческие годы вместе с однокурсником Владимиром Николаевичем Великим (1851–1911) выполнил свои первые физиологические исследования: «О влиянии гортанных нервов на кровообращение» и «О центростремительных ускорителях сердцебиения» (1874 г.). В 1883 г. он защитил докторскую диссертацию «Центробежные нервы сердца» [5]. Исследования И.П. Павлова о рефлекторной регуляции кровообращения не только вскрыли основные законы физиологии системы кровообращения, но и послужили отправным пунктом для многих других направлений в этой области [2].

### **Современное состояние физиологии кровообращения**

В начале XX в. была разработана методика регистрации электрических проявлений сердечной деятельности – электрокардиография. Нидерландский физиолог Виллем Эйнтховен (Willem Ein-

thoven, 1860–1927) применил высокочувствительный и относительно малоинерционный струнный гальванометр и разработал теорию и способы отведения электрокардиограммы у человека, за что был удостоен Нобелевской премии (1924 г.) [3].

Коллега и ученик И.М. Сеченова, советский физиолог и врач-кардиолог Александр Филиппович Самойлов (1867–1930), с помощью гальванометра Эйтховена провел исследования сердечных токов действия (1907–1917 гг.) и считается одним из основателей электрофизиологии и электрокардиографии. В 1930 г. ему была присуждена Ленинская премия [5].

Изучая сердечную динамику, немецкий физиолог Отто Франк (Otto Frank, 1865–1944) установил, что увеличение наполнения желудочка в известных пределах вызывает усиление его сокращения. В 1914 г. это было подтверждено британским биологом Эрнестом Генри Старлингом (Ernest Henry Starling, 1866–1927). Старлинг выяснил, что механическая энергия, развиваемая сердцем, зависит от длины его мышечных волокон. Сейчас это открытие известно под названием «закон сердца Франка – Старлинга». В 1920-х годах американский физиолог Карл Джон Виггерс (Carl John Wiggers, 1883–1963) произвел разделение сердечного цикла на ряд отдельных фаз систолы и диастолы [3].

Работы датского физиолога Августа Крога (August Krogh, 1874–1949) заложили основы современных представлений о функциях капилляров (в 1920 г. ученому была присуждена Нобелевская премия). Британский физиолог Джозеф Баркрофт (Joseph Barcroft, 1872–1947) в 1920-х годах подтвердил предположение Сергея Петровича Боткина (1832–1889) о роли селезенки в регуляции количества крови в организме [3].

### **Заключение**

В истории развития физиологии кровообращения можно выделить несколько этапов. Ее зарождение приходится уже на древнюю эпоху, когда ученые задаются вопросами о роли сердца в процессе кровообращения, о содержании сосудов, о связи между пульсом и циркуляцией крови. В Средние века продолжается накопление эмпирических знаний в этой области. Появляется идея о легочном кровообращении и о наличии малого круга кровообращения. Рас-

ширятся и углубляется понимание строения и функционирования органов, входящих в систему циркуляции крови. В Новое время процесс циркуляции крови в организме человека получил свое полное описание. С изобретением микроскопа было подтверждено наличие капилляров. Стала изучаться роль нервной системы в процессе кровообращения.

В наши дни исследования в области физиологии кровообращения продолжают. Эти исследования касаются возможностей использования данных предыдущих физиологических исследований в медицинской практике (клиническая физиология кровообращения), а также дальнейших перспектив фундаментальных работ. Прежде всего, это следующие современные научные направления в рассматриваемой области: изучение кровоснабжения отдельных органов (печень, почки, легкие, сердце, мозг); анализ изменений состояния системы кровообращения в условиях спортивных нагрузок и профессиональной патологии; изучение характера пульсовой волны как диагностического критерия (вариабельность ритма сердца); разработка методов исследования мозгового кровообращения с целью профилактики сосудистых катастроф; работы в области сосудистой хирургии, включая эндоваскулярную хирургию.

## Литература

1. *Андреев А.А., Остроушко А.П.* Уильям Гарвей – основатель современной физиологии и эмбриологии (к 440-летию со дня рождения и 400-летию со дня открытия кровообращения) // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2018. № 11 (2). С. 152.
2. *Апчел В.Я., Моргошия Т.Ш.* Памяти академика Ивана Петровича Павлова (к 170-летию со дня рождения) // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2019. № 2 (66). С. 273–279.
3. *История биологии* (с начала XX века до наших дней) / Бабский Е.Б., Беркинблит М.Б., Бляхер Л.Я. и др. М.: Наука, 1975. 660 с.
4. *Сорокина Т.С.* История медицины: Учебник для студ. учреждений высш. мед. образования: В 2 т. М.: ИЦ «Академия», 2018. Т. 1. 288 с.
5. *Сорокина Т.С.* Лекции по истории физиологии в России (XIX – первая треть XX века). М.: РУДН, 2015. 120 с.
6. *Суботялов М.А., Дружинин В.Ю., Сорокина Т.С.* Представление о строении тела человека в аюрведических трактатах // Морфология. 2014. № 145 (1). С. 89–91.
7. *Baharvand-Ahmadi B., Bahmani M., Zargaran A.* Ibn Nafis and the early description of the role of coronary arteries in blood supply of the heart // Int J Cardiol. 2016. Vol. 204. P. 131–132. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.11.171

8. *Bestetti R.B., Restini C.B., Couto L.B.* Development of anatomophysiologic knowledge regarding the cardiovascular system: from Egyptians to Harvey // *Arq Bras Cardiol.* 2014. Vol. 103 (6). P. 538–545. DOI: 10.5935/abc.20140148.
9. *Heitsch D.* Descartes, cardiac heat, and alchemy // *Ambix.* 2016. Vol. 63 (4). P. 285–303. DOI: 10.1080/00026980.2016.1279401.
10. *Karamanou M., Androustos G.* Completing the puzzle of blood circulation: The discovery of capillaries // *Ital J Anat Embryol.* 2010. Vol. 115 (3). P. 175–179.
11. *Macintyre I.* A hotbed of medical innovation: George Kellie (1770–1829), his colleagues at Leith and the Monro-Kellie doctrine // *J Med Biogr.* 2014. Vol. 22 (2). P. 93–100. DOI: 10.1177/0967772013479271.
12. *Masic I.* On occasion of 800th anniversary of birth of Ibn al-Nafis – discoverer of cardiac and pulmonary circulation // *Med Arh.* 2010. Vol. 64 (5). P. 309–313. DOI: 10.5455/medarh.2010.64.309–313.
13. *Neder J.A.* Cardiovascular and pulmonary interactions: Why Galen's misconceptions proved clinically useful for 1,300 years // *Adv Physiol Educ.* 2020. Vol. 44 (2). P. 225–231. DOI: 10.1152/advan.00058.2020.
14. *Pasipoularides A.* Historical perspective: Harvey's epoch-making discovery of the circulation, its historical antecedents, and some initial consequences on medical practice // *J Appl Physiol* 2013. Vol. 114 (11). P. 1493–1503. DOI: 10.1152/jappphysiol.00216.2013.
15. *Patwardhan K.* The history of the discovery of blood circulation: Unrecognized contributions of Ayurveda masters // *Adv Physiol Educ.* 2012. Vol. 36 (2). P. 77–82. DOI: 10.1152/advan.00123.2011.
16. *Rampling M.W.* The history of the theory of the circulation of the blood // *Clin Hemorheol Microcirc.* 2016. Vol. 64 (4). P. 541–549. DOI: 10.3233/CH-168031.
17. *Seaton A.* Breaking with Galen: Servetus, Colombo and the lesser circulation // *QJM.* 2014. Vol. 107 (5). P. 411–413. DOI: 10.1093/qjmed/hcu039.
18. *Shoja M.M., Agutter P.S., Loukas M., Benninger B., Shokouhi G., Namdar H., Ghabili K., Khalili M., Tubbs R.S.* Leonardo da Vinci's studies of the heart // *Int J Cardiol.* 2013. Vol. 167 (4). P. 1126–1133. doi: 10.1016/j.ijcard.2012.09.078.
19. *Stefanadis C., Karamanou M., Androustos G.* Michael Servetus (1511–1553) and the discovery of pulmonary circulation // *Hellenic J Cardiol.* 2009. Vol. 50 (5). P. 373–378.
20. *Wolters F.J.* Harvey en zijn circulatietheorie: Van natuurfilosoof tot medisch empirist [Harvey and his theory of circulation] // *Ned Tijdschr Geneesk.* 2013. Vol. 157 (48). P. A6715.
21. *Yarmohammadi H., Dalfardi B., Rezaian J., Ghanizadeh A.* Al-Akhawayni's description of pulmonary circulation // *Int J Cardiol.* 2013. Vol. 168 (3). P. 1819–1821. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.07.040.
22. *Zanatta A., Thiene G., Basso C., Zampieri F.* Fabrici and the functional power of the image // *Int J Cardiol.* 2020. Vol. 316. P. 252–256. DOI: 10.1016/j.ijcard.2020.04.016.

## References

1. *Andreev, A.A. & A.P. Ostroushko.* (2018). Uilyam Garvey – osnovatel sovremennoy fiziologii i embriologii (k 440-letiyu so dnya rozhdeniya i 400-letiyu so dnya otkrytiya krovoobrashcheniya) [William Harvey – the founder of modern physiology and embryol-

ogy (on the 440th anniversary of his birth and the 400th anniversary of the discovery of blood circulation)]. *Vestnik eksperimental'noy i klinicheskoy khirurgii* [Journal of Experimental and Clinical Surgery], 11 (2), 152.

2. *Apchel, V.Ya. & T.Sh. Morgoshiya.* (2019). Pamyati akademika Ivana Petrovicha Pavlova (k 170-letiyu so dnya rozhdeniya) [In memory of Academician Ivan Petrovich Pavlov (on the 170th anniversary of his birth)]. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii* [Bulletin of the Russian Military Medical Academy], 2 (66), 273–279.

3. *Babsky, E.B., M.B. Berkinblit, L.Ya. Blyakher et al.* (1975). *Istoriya biologii (s nachala XX veka do nashikh dney)* [History of Biology (from the Beginning of the 20th Century to the Present Day)]. Moscow, Nauka Publ., 660.

4. *Sorokina, T.S.* (2018). *Istoriya meditsiny: Uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. med. obrazovaniya: V 2 t.* [History of Medicine: Textbook for students of higher medical education institutions: In 2 vols.], Vol. 1. Moscow, Akademiya Publ., 288.

5. *Sorokina, T.S.* (2015). *Lektsii po istorii fiziologii v Rossii (XIX – pervaya tret XX veka)* [Lectures on the History of Physiology in Russia (19th – the first third of the 20th century)]. Moscow, RUDN University Publ., 120.

6. *Subotyalov, M.A., V.Yu. Druzhinin & T.S. Sorokina.* (2014). *Predstavlenie o stroenii tela cheloveka v ayurvedicheskikh traktatakh* [The conception of the human body structure in Ayurvedic treatises]. *Morfologiya* [Morphology], Vol. 145, No. 1, 89–91.

7. *Baharvand-Ahmadi, B., M. Bahmani & A. Zargaran.* (2016). Ibn Nafis and the early description of the role of coronary arteries in blood supply of the heart. *Int J Cardiol*, 204, 131–132. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.11.171.

8. *Bestetti, R.B., C.B. Restini & L.B. Couto.* (2014). Development of anatomophysiological knowledge regarding the cardiovascular system: from Egyptians to Harvey. *Arq Bras Cardiol*, 103 (6), 538–545. DOI: 10.5935/abc.20140148.

9. *Heitsch, D.* (2016). Descartes, cardiac heat, and alchemy. *Ambix*, 63 (4), 285–303. DOI: 10.1080/00026980.2016.1279401.

10. *Karamanou, M. & G. Androutsos.* (2010). Completing the puzzle of blood circulation: The discovery of capillaries. *Ital J Anat Embryol*, 115 (3), 175–179.

11. *Macintyre, I.* (2014). A hotbed of medical innovation: George Kellie (1770–1829), his colleagues at Leith and the Monro–Kellie doctrine. *J Med Biogr*, 22 (2), 93–100. DOI: 10.1177/0967772013479271.

12. *Masic, I.* (2010). On occasion of 800th anniversary of birth of Ibn al-Nafis – discoverer of cardiac and pulmonary circulation. *Med Arh*, 64 (5), 309–313. DOI: 10.5455/medarh.2010.64.309-313.

13. *Neder, J.A.* (2020). Cardiovascular and pulmonary interactions: Why Galen's misconceptions proved clinically useful for 1,300 years. *Adv Physiol Educ*, 44 (2), 225–231. DOI: 10.1152/advan.00058.2020.

14. *Pasipoularides, A.* (2013). Historical perspective: Harvey's epoch-making discovery of the Circulation, its historical antecedents, and some initial consequences on medical practice. *J Appl Physiol*, 114 (11), 1493–1503. DOI: 10.1152/jappphysiol.00216.2013.

15. *Patwardhan, K.* (2012). The history of the discovery of blood circulation: Unrecognized contributions of Ayurveda masters. *Adv Physiol Educ*, 36 (2), 77–82. DOI: 10.1152/advan.00123.2011.

16. *Rampling, M.W.* (2016). The history of the theory of the circulation of the blood. *Clin Hemorheol Microcirc*, 64 (4), 541–549. DOI: 10.3233/CH-168031.

17. *Seaton, A.* (2014). Breaking with Galen: Servetus, Colombo and the lesser circulation. *QJM*, 107 (5), 411–413. DOI: 10.1093/qjmed/hcu039.

18. *Shoja, M.M., P.S. Agutter, M. Loukas, B. Benninger, G. Shokouhi, H. Namdar, K. Ghabili, M. Khalili & R.S. Tubbs.* (2013). Leonardo da Vinci's studies of the heart. *Int J Cardiol*, 167 (4), 1126–1133. DOI: 10.1016/j.ijcard.2012.09.078.

19. *Stefanadis, C., M. Karamanou & G. Androutsos.* (2009). Michael Servetus (1511–1553) and the discovery of pulmonary circulation. *Hellenic J Cardiol*, 50 (5), 373–378.

20. *Wolters, F.J.* (2013). Harvey en zijn circulatietheorie: Van natuurfilosoof tot medisch empirist. *Ned Tijdschr Geneesk*, 157 (48), A6715.

21. *Yarmohammadi, H., B. Dalfardi, J. Rezaian & A. Ghanizadeh.* (2013). Al-Akhawayni's description of pulmonary circulation. *Int J Cardiol*, 168 (3), 1819–1821. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.07.040.

22. *Zanatta, A., G. Thiene, C. Basso & F. Zampieri.* (2020). Fabrici and the functional power of the image. *Int J Cardiol*, 316, 252–256. DOI: 10.1016/j.ijcard.2020.04.016.

### Информация об авторе

*Суботялов Михаил Альбертович.* Новосибирский государственный педагогический университет (63055, Новосибирск, ул. Иванова, 8),

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1).

subotyalov@yandex.ru

### Information about the author

*Subotyalov, Mikhail Albertovich.* Novosibirsk State Pedagogical University Novosibirsk State University (Ivanov str., 8, Novosibirsk, 630055, Russia)

National Research State University (2, Pirogov st., Novosibirsk, 630090, Russia).

Дата поступления 21.04.2024