



Abstract

HEART - FIVE-CHAMBER
SYSTEM

A.I. Zavyalov, Dr. Hab.,
professor

D.A. Zavyalov, A.A.
Zavyalov

Key words: sports, a
discovery, heart, chambers
of heart, a systole,
diastola

*The essence of the
discovery of the authors
described in the article, is
that for the first time they
found out the phenomenon
of functioning of heart of
the person as 5-chamber
system that had been
unknown before (the right
and left auricles, right and
left ventricles, a pericardial
cavity), that provides three
main functions of the heart
activity - the delivery (the
movement of blood from
auricles in the ventricles),
the function of expulsion
(the movement of blood to
the vascular system by the
ventricles) and soaking up
(filling of auricles and
ventricles with blood
during the whole intimate
cycle due to the pressure
below the atmospheric one
in the tight pericardial
cavity).*

*This discovery makes
global changes to the
theory of intimate activity,
giving the opportunities for
more effective diagnosing,
treatment, surgical
intervention, preventive
maintenance of heart
diseases.*

СЕРДЦЕ - ПЯТИКАМЕРНАЯ СИСТЕМА

Доктор педагогических наук, профессор А.И. Завьялов
Д.А. Завьялов, А. А. Завьялов



Ключевые слова: спорт, научное открытие, сердце, камеры
сердца, систола, диастола.

1. Состояние современной теории сердца. Разработка теории деятельности сердца человека идет сложным путем — от полного отрицания роли сердца в перемещении крови (Эрасистрат, III в. до н.э.; Гален, 130 г.) до признания сердца как главного насоса для ее перемещения (W. Harvey, 1628) [4].

Исследование внутрижелудочкового давления сердца Е. Marey (1863 г.) ввело в заблуждение человечество недоверием к измерениям давления в желудочках сердца во время диастолы (около нуля?) [14]. Последнее связано с низким уровнем технических возможностей для проведения исследований в середине XIX в. Эти результаты взяты за основу, потому что принято считать исследования Е. Marey "классическими", повторение которых на человеке и в настоящее время, в XXI в., представляет большие технические и особенно юридические трудности, так как ошибка при проведении подобных исследований может стоить пациенту жизни. Гибель пациента при эксперименте в этом случае, даже ради жизни тысяч людей, - не оправдание, а преступление.

Вышесказанное повлияло на ход дальнейших исследований, и при изучении деятельности сердца внимание исследователей сконцентрировалось на детальной разработке главным образом фазы систолы (функции изгнания), которая расценивалась как активная фаза сердечного цикла, и меньше внимания обращалось на изучение фазы диастолы, так как она стала считаться пассивной фазой [1, с. 4].

Функция изгнания крови из сердца осуществляется 2 камерами - правым и левым желудочками сердца, и в настоящее время ни у кого не вызывает сомнения, что миокард желудочков сокращается, уменьшая объем этих камер, и кровь изгоняется из сердца в сосудистую систему.

Нагнетательная внутрисердечная функция осуществляется двумя другими камерами - правым и левым предсердиями во время их систолы ("нагнести", "нагнетать", "нагнетание" - давлением сосредоточить что-то в замкнутом пространстве [10, с. 301]). Внутрисердечная нагнетающая функция обеспечивает внутрисердечное перемещение крови, но не осуществляет его наполнения. Наполнение сердца может обеспечиваться только двумя путями - нагнетанием извне или механизмом собственного всасывания.

Современная теория кровенаполнения полостей сердца во время диастолы рассматривает три фактора, обеспечивающих этот процесс [12, с. 251]:

1. Наполнение за счет "остатка движущей силы, вызванной предыдущим сокращением сердца".
2. "Присасывание крови грудной клеткой, особенно во время вдоха".
3. "Третья причина притока крови к сердцу — это сокращение скелетных мышц конечностей и туловища".

Первый и третий факторы должны обеспечивать внешнюю нагнетающую функцию. Это может быть осуществлено только градиентом (разницей) давлений, причем перемещение или наполнение сердца кровью возможно только тогда, когда внешнее (венозно-сосудистое) давление будет превышать давление в предсердиях и желудочках.

Рассмотрим первый фактор - наполнение за счет "остатка движущей силы, вызванной предыдущим сокращением сердца" [12, с. 251].

"Во время диастолы предсердий и желудочков давление в камерах сердца падает до нуля" [12, с. 251]. "Благодаря так называемому отрицательному (ниже атмосферного) давлению в грудной полости, равному от -4 до -7 см вод. ст., создается умеренно отрицательное внутрисосудистое давление в грудной полости (-4 или -7 см вод. ст.)" [13, с. 125]. Теперь нужно быть предельно внимательными: ноль больше, чем "от -4 до -7 см вод. ст.", но жидкость может перемещаться только от области большего давления к области меньшего, т.е. в полых венах во время диастолы давление меньше, чем в предсердиях и желудочках (!?).

Получается, что внешнее (венозно-сосудистое) давление меньше давления в предсердиях и желудочках (!). Это значит, что в данном случае возможен только ОБРАТНЫЙ КРОВОТОК (!?). Следовательно, если остаток движущей силы, вызванной предыдущим сокращением сердца, и существует, то он настолько мал, что не может обеспечить внешней для сердца нагнетательной функции. Таким образом, работа скелетных мышц и присасывание крови грудной клеткой не увеличивают венозного давления в грудной полости (полые вены) для реализации нагнетательной функции в сердце, а выполняют вспомогательную роль притока крови к грудной клетке, но, что очень важно, не в сердце.

Наше внимание было обращено на перикард и перикардальную полость в связи с исследованием деятельности сердца в экстремальных условиях высоких физических нагрузок, когда сердце эффективно справляется со своими задачами, обеспечивая высокую производительность по перекачиванию крови до 40 л (!) в минуту с частотой сокращений и выбросом крови до 200 в мин (!) за одно сокращение. С помощью существующей теории это объяснить невозможно.

Сущность настоящего открытия состоит в том, что впервые было обнаружено неизвестное ранее явление функционирования сердца человека как 5-камерной системы (правое и левое предсердия, правый и левый желудочки, перикардальная полость), обеспечивающей три главные функции деятельности сердца - нагнетательную (перемещение крови из предсердий в желудочки), изгнания (перемещение крови в сосудистую систему желудочками) и всасывающую (наполнение предсердий и желудочков кровью в течение всего сердечного цикла за счет давления ниже атмосферного в герметичной перикардальной полости).

Это открытие вносит глобальные изменения в теорию сердечной деятельности, открывая возможности для более эффективного диагностирования, лечения, хирургического вмешательства, профилактики заболеваний сердца.

2. Перикард и его взаимодействие с окружающими образованиями. Врожденные дефекты развития перикарда являются слабоизученной аномалией развития этого органа. В мировой литературе описано всего 188 подобных случаев, из них только 9% - с полным отсутствием перикарда. Полагают, что первое описание врожденного порока перикарда сделано М. Realduis Columbus (1559 г.). Полное отсутствие перикарда - очень редкий порок [7]. Поэтому из-за отсутствия врачебной практики, невостребованности специалистами перикардальная полость выпала из поля зрения и не привлекла внимания исследователей теории сердца к перикардальной проблеме.

Главным образованием переднего средостения является перикард, внутри которого находится сердце. Через перикард можно только догадываться о форме сердца. Перикард закрывает его, по образному выражению Денеша Надь и Илоны Каласи [9], так, как мокрое полотенце закрывает статуэтку. Это говорит о том, что давление в перикардальной полости отрицательное. Данное условие является обязательным для прижатия эпикардальной (внешней) стенки сердца к серозно-перикардальной (внутренней) поверхности перикардальной оболочки в конечно-диастолическом положении до виртуальной щели.

Перикард сращен с окружающими образованиями и находится с ними в тесной соединительнотканной связи и наиболее прочно прикреплен к диафрагмальному сухожильному центру. Вверху, с боков и сзади париетальный листок перикарда фиксирован на крупных сосудах сердца, а также на отдельных соединительнотканых тяжах. Спереди перикард связан с грудиной

двумя связками. Эти связки отходят от середины свободного от плевры участка переднего листка перикарда. Верхняя грудинно-перикардальная связка прикрепляется к задней поверхности рукоятки грудины и к первым реберным хрящам. Нижняя грудинно-перикардальная связка прикреплена к мечевидному отростку. От боковой поверхности тела грудных позвонков к боковому листку перикарда идут позвоночно -перикардальные связки, являющиеся, собственно говоря, образованиями внутригрудной фасции [9]. Нельзя сбрасывать со счетов и рыхлотканые соединения, которые, охватывая большие площади крепления к окружающим образованиям, оказывают серьезное сопротивление систолическим смещениям сердца и вместе с отдельными связками не уступают по мощности диафрагмальным соединениям. С диафрагмой перикард жестко связан в области сухожильного центра и мышечной части левого свода диафрагмы.

3. Развитие перикардальной полости сердца. Все авторы рассуждают о наличии, развитии или патологии перикарда - тонкой тканевой оболочки толщиной не более 1 мм. Но перикард, окружая сердце, образует вокруг него динамичную воздушно-разреженную (с давлением ниже атмосферного) оболочку - перикардальную полость (*lamina visceralis*) различной толщины в зависимости от динамики сердечного цикла, являясь неотъемлемой частью сердца и его деятельности. Не случайно перикардальная ткань рассчитана на высокие напряжения, она способна выдержать давление до 2 атмосфер, т.е. 1520 (!) мм рт. ст. (1 атм.=760 мм рт. ст.) [3].

Сердце и перикардальная полость развиваются одновременно. Образование перикардальной полости начинается на 3-4-й неделе эмбрионального развития. Расположенные в шейном отделе зачатки сердца в виде двух сердечных трубочек-пузырьков постепенно сближаются и, срастаясь, формируют сердечную трубку с дорсальной и вентральной брыжейками. Висцеральная мезодерма, покрывающая сердечную трубку, при переходе в париетальную мезодерму образует брыжейки сердечной трубки (*mesocardia*), которые вместе с пластинками мезодермы ограничивают две первичные околосердечные полости. Париетальная мезодерма дает начало собственно перикарду. Эпикард развивается из участка висцеральной мезодермы, входящего в состав миоэпикардальной пластинки сердца. У эмбриона длиной 7 мм вентральная брыжейка редуцируется, вследствие чего возникает единая вторичная плевроперикардальная полость. Затем сердечная трубка смещается вниз, в грудную клетку, образуются поперечная перегородка и плевроперикардальная пластинка, которые разделяют общую полость тела на грудную и брюшную, а плевроперикардальную полость на перикардальную и плевральную полости [7].

Дальнейшее развитие сердца формирует этот орган как пятикамерную систему, обеспечивающую функционирование организма человека в разных условиях, включая экстремальные. Пятой равноценной с желудочками сердца камерой является перикардальная полость.

Перикард - фиброзно-серозный мешок, серозные листки которого образуют между внутренней поверхностью перикарда и сердцем узкую щелеобразную (виртуальную) перикардальную полость в конечно-диастолическом положении, в которой находится несколько капель (!) (смазка) серозной перикардальной жидкости для гладкого сдвига при систолических и диастолических движениях сердца [9].

Серозные листки непосредственно переходят один в другой, образуя герметичную перикардальную полость. Таким образом, сердце, закрепленное только основанием на уровне входящих и выходящих из него сосудов в герметичном мешке - перикарде, имеет свободу перемещения в полости перикарда.

Изначально и в процессе развития сердечно-сосудистой системы перикардальная полость становится конструктивно-функциональной камерой сердца. Эта фаза деятельности сердца позволяет увидеть в действии все 5 его камер.

Во время систолы желудочки (3-я и 4-я камеры) уменьшаются на величину сердечного выброса (функция изгнания), и все сердце уменьшается в объеме. Это влечет за собой увеличение перикардальной полости (5-я камера) и возрастание отрицательного давления в ней, которое с возрастающей силой пытается вернуть их в исходное положение. Противодействие миокарда желудочков и отрицательного давления в перикардальной полости приводит к растяжению и увеличению объема предсердий, в которых нарастает отрицательное давление, присасывающее венозную кровь (всасывающая функция). Всасывающая функция сердца во время систолы желудочков не может осуществляться без перикардальной полости - 5-й камеры сердца, в основе деятельности которой лежат герметичность, отрицательное давление (ниже атмосферного) в ней и закон Бойля-Мариот та [2, 11] о зависимости давления и объема в герметически замкнутых пространствах.

4. Взаимодействие камер в сердечном цикле. Рассмотрим взаимодействие сердечных камер во время сердечного цикла. Сердце в покое. Предсердия и желудочки наполнены кровью, клапаны закрыты, перикардальная полость образует виртуальную щель, тока крови нет. Сердце начинает работать с систолы предсердий. Сокращение миокарда предсердий уменьшает их объем и вызывает перемещение вверх предсердно -желудочковой перегородки, пытаясь поднять и желудочки. Движению желудочков вверх препятствует отрицательное давление в перикардальной полости, в которой по мере сокращения предсердий возрастает отрицательное давление в соответствии с законом Бойля-Мариотта [2, 11].

Пятая камера сердца - перикардальная полость - в этой фазе выполняет присасывающую функцию. Желудочки растягиваются в разные стороны двумя противоположно направленными силами, которые создаются сокращением миокарда предсердий и отрицательным давлением в перикардальной полости по всей внутрисердечной поверхности эпикарда (внешняя оболочка сердца), засасывая кровь из предсердий. Предсердия, в свою очередь, выполнили нагнетательную функцию: давлением сосредоточили больший объем крови в замкнутом пространстве желудочков.

Сердце вновь в покое, но соотношение объемов крови в 4 камерах (правое и левое предсердия, правый и левый желудочки) изменилось: желудочки значительно увеличились в объеме, а предсердия уменьшились. Миокард желудочков растянут и готов к эффективному сокращению (закон Франка-Старлинга).

В этой фазе деятельности сердца проявляются сразу две основные функции сердца как насоса - функция выброса крови из сердечной системы в сосудистую систему за счет сокращения миокарда желудочков и функция всасывания крови в предсердия, которые растягиваются за счет нарастающего отрицательного давления в пятой камере сердца - перикардальной полости.

Уменьшение объема желудочков и выброс крови из сердечной системы увеличивают объем перикардальной полости, в которой, по закону Бойля-Мариотта [2,11], возрастает отрицательное давление, стремящееся прижать стенки желудочков к стенкам перикарда. Это, в свою очередь, приводит к растяжению и увеличению расслабленных предсердий, тоже создавая в них отрицательное давление, способствующее их стремительному наполнению венозной кровью (правое предсердие) и насыщенной кислородом кровью из легких (левое предсердие).

Конец систолы желудочков. Это трудноуловимая переходная фаза от систолы к диастоле, когда сила инерции движения крови равняется возвратной в исходное положение силе отрицательного давления в перикардальной полости. При этом поток крови останавливается, чтобы продолжить движение через предсердия в желудочки в диастолической фазе.

В следующей фазе диастолы сердца выполняется только одна функция - функция всасывания за счет отрицательного давления в 5-й камере сердца - перикардальной полости.

Окончание диастолы. Из-за изначально отрицательного давления в перикардальной полости, которое создается в грудной клетке ("от -4 до -7 см вод. ст."), 4 камеры сердца (предсердия и желудочки) плотно прижаты к стенкам перикарда, создавая виртуальную щель в 5-й камере - перикардальной полости.

Таким образом, сердце - 5-камерная система, а перикардальная полость - 5-я камера сердца - функционально-диастолическая структура, обеспечивающая присасывающую функцию сердечной деятельности. Значение 5-й камеры огромно. Ее действие проявляется во всех активных фазах работы сердца.

Можно условно подсчитать значимость каждой камеры в процентах (табл. 1). Сердце осуществляет в процессе работы 3 функции: нагнетательную (33,3%), изгнания (33,3%) и всасывания (33,3%). Вместе это составит 100%. Доля каждой камеры (правое и левое предсердия, правый и левый желудочки, перикардальная полость) при реализации основной для этой камеры функции распределяется поровну по количеству активных участников. Процент участия каждой камеры в реализации соответствующей функции отмечен построчно, а общая сумма подсчитывается по вертикали.

Перикардальная полость активно участвует в систоле предсердий, осуществляя всасывающую функцию при реализации предсердиями нагнетательной функции, растягивая желудочки (11,1%). Она участвует в систоле желудочков (функция выброса), растягивая предсердия и создавая в них отрицательное присасывающее давление (11,1%), и самостоятельно выполняет

всасывающую функцию во время диастолической фазы сердечной работы (33,3%): всего 55,5%. Это в 5 раз больше, чем любая другая полость. Поистине, эффективная работа сердца без перикардиальной полости невозможна!

Но встречаются люди (правда, редко), у которых отсутствует перикард (удален из-за болезни или врожденный порок). Они живут, но их сердце расположено в герметичной полости, которая находится вокруг него, и работает в худших условиях. Это обусловлено отрицательным давлением в грудной клетке, а оно может сохраняться только в герметических полостях, и для работы сердца необходимо какое-то пространство. Сердце и в этих аномальных условиях (врожденный порок) образует необходимое герметичное пространство для своей деятельности, пульсируя всю жизнь с момента зарождения.

При удалении перикарда перикардиальная полость остается и увеличивается в диаметре не более чем на 2 мм. При этом диастолический объем сердца увеличивается, способствуя более эффективному сокращению миокарда (закон Франка-Старлинга), в какой-то мере компенсируя недостаток.

Значимость активного участия камер сердца в сердечном цикле, %

ФУНКЦИИ	КАМЕРЫ СЕРДЦА (1-5-я)				
	ПРЕДСЕРДИЯ		ЖЕЛУДОЧКИ		
	1-е правое	2-е левое	3-й правый	4-й левый	5. ПЕРКАРДИАЛЬНАЯ ПОЛОСТЬ
Нагнетательная (33,3% цикла)	11,1 систола	11,1 систола			11,1 всасывание в желудочки
Изгнания (33,3% цикла)			11,1 систола	11,1 систола	11,1 всасывание в предсердия
Всасывания (33,3% цикла)					33,3 всасывание, диастола
Участия в сердечн. цикле, %	11,1	11,1	11,1	11,1	55,5

Выводы. 1. Трудно переоценить практическое значение открытого явления. Оно значительно расширяет диагностические возможности как здоровых людей при выполнении тяжелых физических работ, так и больных, повышая эффективность хирургических вмешательств. Такое радикальное лечение, как хирургическое вмешательство, не могло раскрыть присасывающую функцию перикардиальной полости в целостном организме, потому что вскрытие грудной клетки и перикарда полностью нарушают механизм его действия, а "пипеточный" эффект расширения работающего сердца при вскрытой грудной клетке принимается за истинный эффект его наполнения. Эта чудовищная ошибка дорого обходится человечеству. Она "собирает смертельную дань" в виде летальных исходов - результатов ошибочных диагнозов и неправильных курсов лечения, потому что правильное решение можно принять только на основании истинных знаний о деятельности сердца в целостном организме.

2. Открываются совершенно новые пути изучения сердечно-сосудистой системы, и как бы они ни были сложны, научно-теоретический поиск, основанный на вскрытом нами явлении, позволит выйти на новый уровень познания в создании целостной теории сердечно-сосудистой системы, объединяя и объясняя уже имеющиеся, но до настоящего времени труднообъяснимые факты.

3. Одним из таких фактов является, например, причинность появления зубца U на ЭКГ во время диастолы сердца [5]. Теперь это хорошо объяснимо: во время диастолы, как было показано [8], в миокарде активизируется ионный обмен, вызывающий возникновение этого зубца и его увеличение во время нагрузки. Зубец U электрокардиограммы приобретает важное диагностическое значение. При создании нами "Классификации изменений электрокардиограммы при мышечной нагрузке у здорового человека" [6] это явление получило четкое отражение: в основу данной классификации была положена идея эффективного наполнения сердца при любой частоте сердечных сокращений.

4. Расширились наши знания об уникальных качествах этого наиболее важного для жизни органа, который не только нагнетает кровь для движения по артериальной системе, но и обеспечивает ее возврат за счет мощного присасывающего эффекта, который зависит от силы выброса. При этом, чем чаще ритм и больше выброс за счет более сильного сокращения миокарда, что наблюдается при напряженной мышечной работе, тем мощнее действует присасывающая система 5-й камеры, находящейся в прямой зависимости от мощности сокращения миокарда, обеспечивая эффективное наполнение даже при очень частых сердечных сокращениях.

Литература

1. [Аринчин Н.И., Сенько Ф.Н. Фазы и периоды сердечного цикла](#). - Минск: Наука и техника, 1970. - 145 с.
2. [Архангельский М.М. Курс физики. Механика](#) / Учеб. пос. для студ. физ.-мат. фак. пед. ин-тов. Изд. 3-е, перераб. - М.: Просвещение, 1975. - 420 с.
3. [БМЭ](#): в 30 т. / АМН СССР. Т. 19. - М.: Советская энциклопедия, 1982. - 536 с.
4. [Гарвей В. Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных](#): пер. с англ. - Л.: Изд-во АН СССР, 1948. - 234 с.
5. [Завьялов А.И. Зубец U электрокардиограммы - "собственная" диастола желудочков](#) // [Физиология человека](#). М., 1983, № 6, с. 335-938.
6. [Завьялов А.И. Классификация изменений электрокардиограммы при мышечной нагрузке у здорового человека](#) // [Физиология человека](#). - М., 1985, №2, с. 201-207.
7. [Малиновский Н.Н., Платов И.И. Пороки развития перикарда](#) // [Хирургия](#). - № 5. - М.: Изд-во "МЕДИА СФЕРА", 2001, с. 4-9.
8. [Меерсон Ф.З., Капелько В.И. Взаимосвязь между интенсивностью сократительной функции и скоростью расслабления как один из механизмов саморегуляции сердца](#) // [12-й съезд Всесоюзного физиологического общества им. И.П. Павлова](#). Л., 1975. Т.1, с. 169-170.
9. [Надь Л., Каласи И. Хирургическая анатомия. Грудная клетка](#). - Будапешт: АН Венгрии, 1959. - 428 с.
10. [Ожегов С.И. Словарь русского языка](#) / Под ред. чл.-корр. АН СССР Н.Ю. Шведовой. - М.: Русский язык, 1989. - 750 с.
11. [Хендель А. Основные законы физики](#): пер. с нем. - М.: Физматгиз, 1959. - 284 с.
12. [Физиология человека](#) / Под ред. Г.И. Косицкого. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Медицина, 1985. - 544 с.
13. [Физиология человека](#). В 4 т. Т. 3: пер. с англ. / Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса.- М.: Мир, 1986. - 288 с.
14. [Marey E.J. Physiologie medicale de la circulation du sang, basee sur l'etude graphique des mouvements du coeur et du poit arterial, avec application aux maladies de l'appareil circulatoire](#). Paris, 1863.



