

УДК 612.17.1+573.22

НОВАЯ ТЕОРИЯ ФАЗОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА**Завьялов А.И.***ГОУ ВПО «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева»,
Красноярск, e-mail: iasc@mail.ru*

Сердце – один из самых загадочных органов. Вскрытие грудной полости и рассечение перикарда нарушает целостность сердечной системы, и способность его работать даже в этих условиях приводит к недооценке перикардиальной полости, как важной функциональной пятой камеры сердца. Представленная схема фаз деятельности пятикамерного сердца будет способствовать развитию теории и практики оздоровления человека, спортивной тренировки и лечения болезней сердца.

Ключевые слова: теория сердца, перикард, анатомия, пятикамерное сердце, насосы, фазы деятельности сердца, здоровье человека, спортивная тренировка, лечение болезней сердца

THE NEW THEORY OF PHASES OF ACTIVITY OF THE HEART**Zavj'alov A.I.***Krasnoyarsk state pedagogical university named by V.P. Astaf'ev, Krasnoyarsk, e-mail: iasc@mail.ru*

Heart one of the most mysterious member. Dissecting of a chest cavity and pericardium leads to infringement of integrity of heart system and its ability to work even in these conditions leads to underestimation of a pericardium cavity, as important functional fifth cavity of heart. The presented scheme of phases of activity of five-cavity heart will promote development of the theory and practice of improvement of the person, sports training and treatment of heart diseases

Keywords: The theory of heart, pericardium, anatomy, five-cavity heart, pumps, phases of activity of the heart, health of the person, sports training, treatment of heart diseases

По представлению ученого и врача древности Гиппократ (460-377 г. до н.э.) сердце – мощная мышца, окруженная гладкой оболочкой, с самостоятельно сокращающимися предсердиями и желудочками. Римский врач и естествоиспытатель Клавдий Гален (131-211) считал, что движение крови обусловлено присасывающим действием сердца [9, с. 7]. Английский физиолог и врач Вильям Гарвей является создателем современного

представления о кровообращении: сокращаясь, сердце выталкивает кровь [9, с. 8].

Таким образом, сердце мощная мышца с самостоятельно сокращающимися предсердиями и желудочками, окруженная гладкой оболочкой – перикардом (Гиппократ), сокращаясь, сердце выталкивает кровь (Гарвей), и выполняет присасывающее действие наполнения (Гален). Это можно представить, как показано на рис. 1.

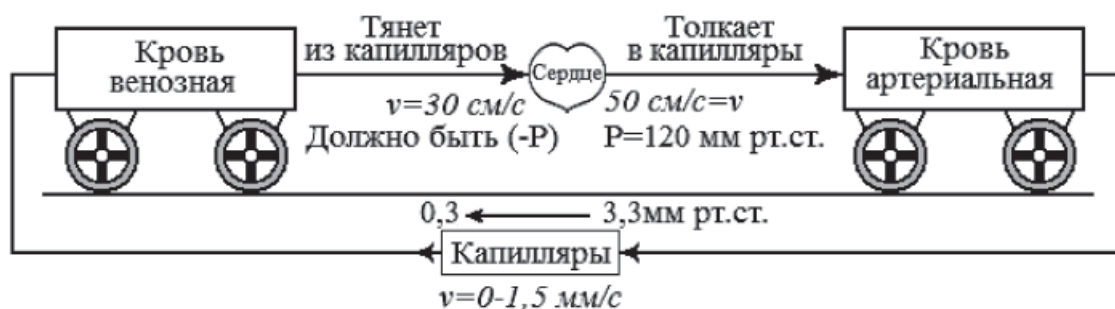


Рис. 1. Принципиальная схема кровообращения: P – давление выше атмосферного, $(-P)$ – давление ниже атмосферного. Скорость и давление в капиллярах [5, с. 420, 451]

спустя почти 2500 лет после Гиппократ, 2000 лет после Галена и 400 лет после Гарвея в наше время представление работы сердца стало намного примитивнее по сравнению с великими предками: «Насосная функция сердца – резервуарная и нагнетательная: в период диастолы в нем накапливается очередная порция крови, а во время систолы часть этой крови выбрасывается» (рис. 2) [8, с. 206].

Но если говорить о насосной (всасывать) функции сердца, то давления в диастолических фазах должно быть значимо ниже атмосферного. Это подтверждает следующий факт, что давление в полой вене действительно значительно ниже нуля (рис. 3).

«Субатмосферное (ниже атмосферного) внесосудистое давление в грудной полости приводит к расширению сосудистого русла в полых венах, входящих в грудную

полость, так что они растянуты больше, чем экстраоракальные вены. В точке вхождения вен в грудную клетку наблюдается тенденция к возникновению феномена «водопада» [7, с. 76; 10, с. 118]. Но если давление в полой вене отрицательное, как

подчеркивают указанные авторы, то кровь в соответствии с физическими законами не пойдет в предсердия и желудочки так как «0» > «-7»? Явная противоречивая абсурдность! Напомним, что жидкость движется от большего давления к меньшему!



Рис. 2. Так в настоящее время представляют давление в полостях сердца: нет ни одной фазы, где было бы давление ниже нуля [8, с. 206]. А ведь насос – это, прежде всего, всасывание (давление ниже атмосферного!)

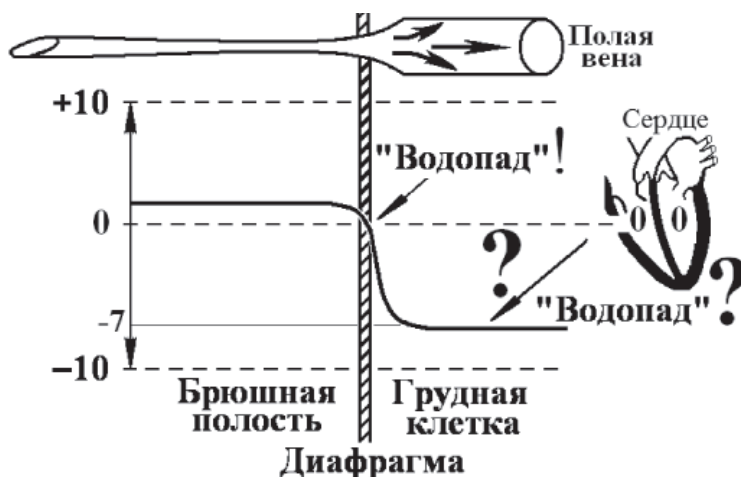


Рис. 3. Падение давления в полых венах [7, с. 76; 10, с. 118]. Рисунок дополнен изображением сердца для сопоставления данных «обратного водопада». Но если давление в полой вене отрицательное, то кровь в соответствии с физическими законами не пойдет в предсердия и желудочки так как «0» > «-7»? Явная противоречивая абсурдность!

Анатомическое описание сердца в настоящее время было бы правильнее начинать с перикарда и словами: сердце состоит из 5 камер [4]. Первая камера (внешняя) представляет собой перикардальную полость, ограниченную снаружи тонкой и прочной оболочкой (перикардом) и внутри – миокардом (покрытым эпикардом), в котором расположены еще четыре камеры, образованные миокардом: два предсердия (правое и левое) и два желудочка (правый и левый). Перикардальная камера (полость) герметична, плотно облегает миокард, покрытый тонкой пленкой – эпикардом, а предсердия и желудочки имеют клапаны соответствующие движению крови.

Сердце своей внешней оболочкой (перикардом) крепится к внутренним образованиям грудной клетки: спереди вверху, в середине и внизу к грудины; задняя средостенная часть соединена с пищеводом, нисходящей аортой и позвоночным столбом; верхний отдел соединен к пищеводу, грудной аорте и непарной вене; правая и левая средостенные части соединены со средостенной плеврой; нижний отдел плотно срастается с сухожильным центром диафрагмы [1, с. 681]. Таким образом, наружные стенки перикарда со всех сторон жестко закреплены в грудной полости. Это позволяет акробатам и спортсменам всех видов спорта вращаться в любых плоскостях без нарушения деятельности сердца.

Стенки эпикарда в покое плотно прилегают к стенкам перикарда, образуя виртуальную щель из-за постоянного отрицательного (субатмосферного) давления. Это очень важно для того чтобы четырехкамерная область сердца в покое заполняла весь объем перикардиальной полости (камеры). Поэтому, как указывалось ранее, между эпикардом и перикардом имеется щелевидной формы герметичное пространство, содержащее небольшое количество жидкости, которая смазывает серозные поверхности перикарда, обуславливая этим во время сердечных сокращений скольжение одной серозной пластинки по другой.

При фазовом анализе сердечной деятельности и объяснении его работы, авторы совершенно игнорируют перикардиальную полость – пятую функциональную камеру [4], якобы при нормальном диастолическом объеме сердца здорового человека, перикард не оказывает существенного влияния на его наполнение, а выполняет ограничительную и защитную функции [2, с. 339; 5, с. 217].

Завершая описание перикардиальной полости как функциональной части сердца, необходимо обратить внимание на то, что четыре камеры (сердце), образованные миокардом, висят «как капля» в герметичной перикардиальной полости, за-

крепленные на уровне выходящих сосудов из сердца.

Признавая сердце насосом, что само по себе не вызывает сомнения, ученые всего мира не задумываются над тем, как же работают самые распространенные в настоящее время машины-насосы, окружающие нас в быту и на работе, без которых современная цивилизация невозможна.

Главное свойство и назначение любого насоса – создание разрежения перед входом в него для всасывания жидкости. Всасывание жидкости и последующее ее нагнетание определяется как характеристики напора. Напор насоса измеряется в единицах высоты столба (м, см, мм) перекачиваемой жидкости и рассчитывается отдельно для всасывания и нагнетания. Это связано с законом Паскаля.

То, что давление жидкости зависит от высоты ее столба, продемонстрировал в 1648 году Блез Паскаль. Он вставил в закрытую бочку, наполненную водой, трубку диаметром 1 см², длиной 5 м и, поднявшись на балкон второго этажа дома, вылил в эту трубку кружку воды. Когда вода в ней поднялась до высоты ~ 4 метра, давление воды увеличилось настолько, что в крепкой дубовой бочке образовались щели, через которые потекла вода (рис. 4).

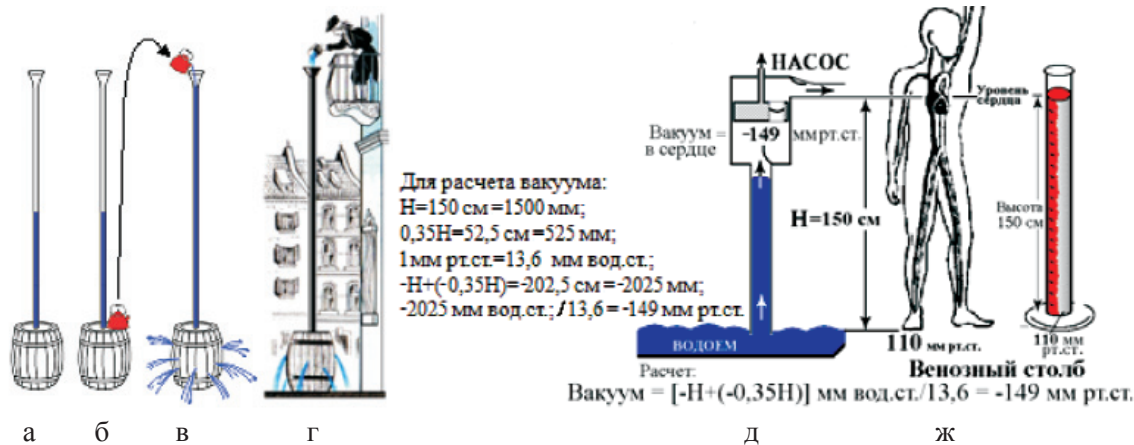


Рис. 4. Проявление закона Паскаля и сравнение работы сердца-насоса с насосной установкой: необходимо уравновесить столб крови от ступни к сердцу ($-H$ мм), прибавить разрежение для преодоления сопротивления току в венах ($-0,35H$ мм) и получим результат вакуума в правом предсердии при диастоле: $[-H+(-0,35H)]\text{ мм вод. ст.} / 13,6 = -149\text{ мм рт.ст.}$ (венозный столб [5, с. 311; 6, с. 191])

Измерить сопротивление венозных сосудов сложно. Оно состоит из энергии прижатия к стенкам сосудов клапанов обратного хода, трения крови о стенки сосудов и высоты венозного столба. В этих случаях на практике в промышленности для подобных насосных установок, используется коэффициент 0,35 геометрической высоты подъема жидкости.

$$-P \text{ диастолы предсердий} = [-1500 + (-0,35 \cdot 1500)] / 13,6 = -149 \text{ мм рт. ст. !!!}$$

Предположим, что сердце находится на высоте 150 см (1500 мм) от ступни (пола). Вакуум = $-H + (-0,35H)$, где $H = 1500\text{ мм вод. ст.}$ – высота столба венозной крови от ступни до входа в правое предсердие, а результат переводим в мм рт. ст. (/13,6):

Сердце – мембранный насос. Мембранный насос – это насос, рабочий орган которого – гибкая пластина (диафрагма, мембрана), закреплённая по краям. Пластина изгибается в результате изменения давления воздуха (пневматический привод) выполняя функцию, эквивалентную функции поршня в поршневом насосе.

Мембранные насосы имеют широкое применение и большие преимущества перед другими насосными системами:

- 1) надёжная простая конструкция;
- 2) компактные размеры и малый вес;
- 3) нет вращающихся деталей;
- 4) универсальность применения;
- 5) нет уплотнений и подшипников – гарантия отсутствия утечек и износа основных деталей;
- 6) простота регулирования производительности от нуля до максимума.

Не случайно конструкторы для искусственного сердца выбрали мембранную схему. Например, мембранный пневмопривод фирмы «Витамак» (США) (искусственное сердце) имеет следующий диапазон регулирования: частота 0...190 уд./мин;

$$\text{вакуум} = -H + (-0,35H) = 150 + (-0,35 \cdot 150) = 202,5 \text{ см вод. ст.} = -149 (!) \text{ мм рт.ст.}$$

Природа действительно выбрала именно такую надёжную мембранную насосную систему прежде, чем современные конструкторы ее создали и оценили по достоинству:

1. Пневматической полостью сердца-насоса является перикардиальная полость.

2. Уникальность сердца-насоса заключается в том, что мембрана (миокард), закреплённая на уровне выходящих сосудов, является и приводом насоса: «без уплотнений, подшипников и с гарантийным отсутствием утечек и износа основных деталей». Желудочки, сократившись, уменьшаются в объеме, выбрасывая кровь в легочную артерию и аорту, при этом объем перикардиальной полости увеличивается и в ней стремительно увеличивается присасывающая сила (которая передается предсердиям) за счет резкого падения давления в соответствии с законом Бойля-Мариотта: объем и давление в герметичной полости имеют обратнопропорциональную зависимость.

3. Сердце-насос отличается простотой «регулирования производительности от нуля до максимума» посредством изменения силы сокращения миокарда (мембраны) предсердий и желудочков.

На рис. 5 представлена схема фаз работы пятикамерного сердца. Перед систолой предсердий все клапаны закрыты, так как стремительное наполнение желудочков транзитом через предсердия связано с инерционным ходом движущихся элементов

длительность систолы 0...600 мс; избыточное давление 0...250 мм рт. ст.; разрежение -50...+(-10) мм рт. ст. Необходимо отметить, что конструкторы этой фирмы предусматривают при работе пневмопривода возможность довольно большого разрежения до -50 мм рт. ст., несмотря на то, что пациент на операционном столе занимает горизонтальное положение и столб жидкости (крови) от плоскости стола до входа в сердце по высоте не более 15 см (давление 15 см вод. ст.). Это составит всего 11 мм рт. ст. (15 см = 150 мм; 150 мм вод. ст./13,6 = 11 мм рт. ст.).

Достаточно большой диапазон разрежения повышает надежность работы искусственного насоса-сердца. Но это для высоты столба крови (лежа) в 15 см, а для положения стоя нужно разрежения в 10 раз больше? (-50 мм рт. ст. · 50 = гигантская цифра). Если мы возьмем коэффициент сопротивления 0,35 геометрической высоты (H = 150 см), принятый в промышленности для подобных насосных установок, то в этом случае для положения стоя в искусственном сердце будет необходимо создать разрежение (вакуум):

системы, включая кровь. Это приводит к захлопыванию предсердно-желудочковых клапанов (III тон) за счет более высокого давления в желудочках по сравнению с предсердиями и приводит к некоторому растяжению миокарда желудочков.

Систола предсердий (зубец P, сегмент P-Q) связана с двумя фазами:

1) изометрическое напряжение (усиление напряжения при неизменной длине мышцы);

2) открытие клапанов в желудочки (IV тон) – нагнетание в желудочки, закрытие клапанов предсердно-желудочковой перегородки (начало I тона) и смещение ее вверх (растяжение миокарда желудочков), а затем общая короткая пауза – все клапаны закрыты.

Желудочки готовы к сокращению. Здесь уже присутствует феномен Франка-Старлинга – миокард желудочков предварительно растянут систолой предсердий. Закон Франка-Старлинга не является основным законом сердца (!), но способствует более эффективному сокращению миокарда.

Систола желудочков и одновременная диастола предсердий (QRST) очень сложна и связана с тремя фазами: 3 фаза – изометрическое напряжение, все клапаны закрыты; 4 фаза – мощное сокращение миокарда желудочков буквально распахивает легочный и аортальный клапаны (максимальная амплитуда I тона) и изгнание крови из желудочков длится в течение 4 и 5 фаз.

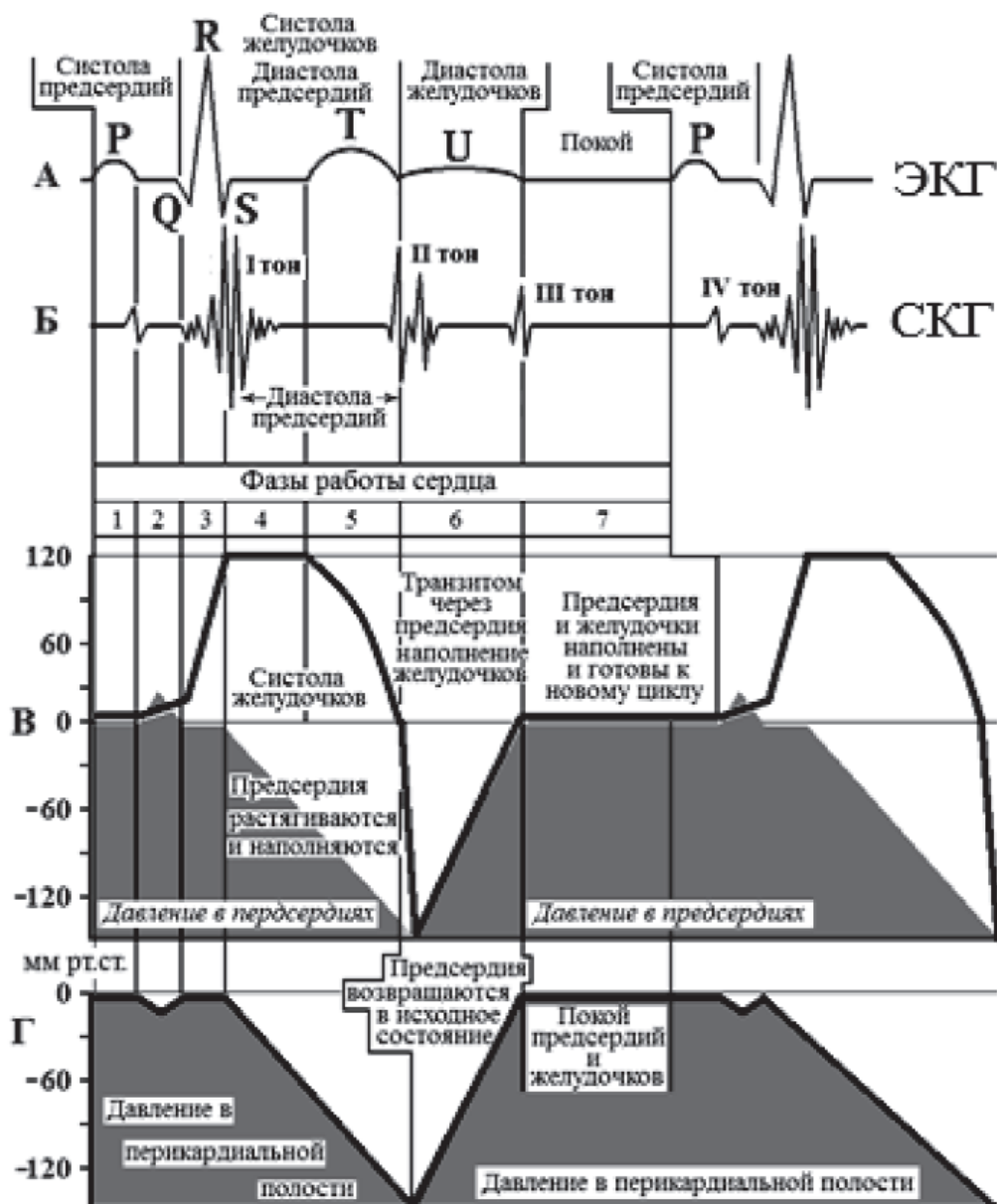


Рис. 5. Фазы работы пятикамерного сердца

Одновременно на протяжении 4-5 фаз резко падает давление в перикардиальной полости, предсердиях и происходит упругое растяжение предсердий, их наполнение и смещение предсердно-желудочковой перегородки вниз за счет притяжения (разрежение в полости перикарда) стенок миокарда к стенкам перикарда.

Сокращение желудочков влечет за собой выброс крови из сердечной системы, уменьшая желудочки и увеличивая перикардиальную полость. По закону Бойля-Мариотта: давление в герметичной камере обратно пропорционально объему, т.е. чем больше объем, тем меньше давление. В перикардиальной полости изначально давление несколько ниже атмосферного (условия

притяжения миокарда к внутренним стенкам перикарда), а во время сжатия желудочков оно стремительно падает, не давая желудочкам перемещаться вверх. Тогда сжатые желудочки притягивают предсердно-желудочковую перегородку вниз и, растягивая предсердия, в которых в связи с этими событиями стремительно падает давление значительно ниже атмосферного, так же стремительно наполняются венозной кровью (всасывание). Таким образом, образуется систоло-диастолическая фаза – выброс крови из желудочков в аорту и наполнение предсердий одновременно. Объем наполнения предсердий, давление в перикардиальной полости и предсердиях напрямую зависят в этой фазе от объема систолического

выброса желудочков, т.е. от силы сокращения миокарда.

Диастола желудочков (зубец U) [3] тоже не простой акт (6 фаза). Упруго-растянутые предсердия стремятся к своему нормальному объему, пытаясь переместить предсердно-желудочковую перегородку вверх в свою сторону, а отрицательное (значительно ниже атмосферного) давление в перикардиальной полости стремится прижать стенки желудочков к стенкам перикарда. Это приводит к резкому падению давления в желудочках ниже атмосферного, захлопыванию легочного и аортального клапанов (первая часть II тона), мгновенному открытию предсердно-желудочковых клапанов (вторая часть II тона) и стремительному наполнению желудочков транзитом через предсердия за счет отрицательного давления в них, которое через стенки желудочков передается из перикардиальной полости.

Диастола желудочков заканчивается вместе с окончанием зубца U (III тон). III тон регистрируется в связи с закрытием предсердно-желудочковых клапанов за счет более высокого давления в желудочках по сравнению с предсердиями и приводит к некоторому растяжению миокарда желудочков, так как стремительное наполнение желудочков транзитом через предсердия связано с инерционным ходом движущихся элементов системы, включая кровь и всю массу миокарда желудочков, а движение миокарда желудочков останавливается стенкой перикарда (верхушечный толчок). Все эти факторы и создают разницу в давлениях предсердий и желудочков в пользу желудочков. В это время давление в перикардиальной полости становится субатмосферным.

Перед систолой предсердий все клапаны закрыты – 7 фаза, покой (сегмент U-P): сердечная система в равновесии (при редком пульсе) – все клапаны закрыты. Эта фаза исчезает при тахикардии, а при нормо- и брадикардии динамика сокращений сердца регулируется продолжительностью этой фазы покоя.

Подводя итоги статьи, необходимо отметить, что сердце одно из самых загадочных органов. Находясь внутри грудной полости под могучей реберной защитой, оно обеспечивает жизненные функции всех органов и постоянно напоминает о своей деятельности (пульс, верхушечный толчок) и выполняет свои функции в течение жизни в любых экстремальных условиях.

Вскрытие грудной полости, рассечение перикарда при операциях на сердце нарушает целостность сердечной системы, и способность его работать даже в этих условиях («пипеточный» эффект миокарда) приводит к недооценке перикардиальной полости, как важной функциональной пятой камеры сердца.

Мы уверены, что представленная схема фазовой деятельности сердца будет способствовать развитию теории сердца и практики оздоровления человека, спортивной тренировки и лечения сердечных заболеваний.

Список литературы

1. Воробьев В.П. Большой атлас анатомии человека. – Минск: Харвест, 2003. – 1312 с.
2. Дебейки М., Готто-младший А. Новая жизнь сердца: пер. с англ. / под ред. член-корр. РАМН проф. Р.С. Акчурина. – М.: ГЭОТАР МЕДИЦИНА, 1998. – 500 с.
3. Завьялов А.И. Зубец U электрокардиограммы – «собственная» диастола желудочков // Физиология человека. – М.: АН СССР. – 1983. – Т. 9, № 6. – С. 935-939.
4. Завьялов А.И., Завьялов Д.А., Завьялов А.А. Сердце – пятикамерная система // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 6. – С. 23-26.
5. Механика кровообращения / К. Каро, Т. Педли, Р. Шротер [и др.] / пер. с англ. канд. биол. наук Е.В. Лукошко-вой и А.Н. Рогозы / под ред. д-ра физ.-мат. наук С.А. Регирера и д-ра мед. наук В.М. Хаютина. – М.: Мир, 1981. – 624 с.
6. Морман Д., Хеллер Л. Физиология сердечно-сосудистой системы. / пер. с англ. канд. мед. наук Г.А. Лаписа / под общ. ред. доц. Р.В. Болдырева. – СПб.: Питер, 2000. – 256 с.
7. Физиология человека: в 4-х томах / Ч. Вейсс, Г. Антони, Э. Вицлеб [и др.] / пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – М.: Мир, 1986. – Т. 3. – 288 с.
8. Физиология человека: учебник / Н.А. Агаджанян, Л.З. Тель, В.И. Циркин [и др.] / под ред. акад. РАМН Н.А. Агаджаняна, проф. В.И. Циркина. – М.: Медицинская книга; Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2003. – 527 с.
9. Фогельсон Л.И. Болезни сердца и сосудов. Книга первая. Атлас. – М.: Издательское бюро треста «Медучпособие», 1961. – 284 с.
10. Фолков Б., Э. Нил. Кровообращение: пер. с англ. – М.: Медицина, 1976. – 464 с.