

Ю.С. Малов, А.И. Марин

О симметрии работы сердца человека

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Исследовано 45 здоровых пациентов в возрасте 20–35 лет в покое и во время физической нагрузки. Изучались временные характеристики систолы, диастолы желудочков и сердечного цикла по данным электрокардиограммы. Установлено, что продолжительность систолы, равная 0,382 с, а диастолы 0,618 с, наблюдается у женщин при частоте сердечных сокращений 65 уд/мин, у мужчин 55 уд/мин. В покое отношение длительности систолы желудочков ко времени кардиоцикла находится близко к 0,382, систолы к диастоле и последней к кардиоциклу – к 0,618. Данные величины относятся к числам золотой пропорции. Это значит, что временные показатели фаз и сердечного цикла находятся между собой в золотой пропорции. Физическая нагрузка вызывает преобразование структур сердечного цикла (симметрия преобразования). Это приводит к изменению параметров структур и их взаимоотношений. При росте частоты сердечных сокращений уменьшаются продолжительности систолы, диастолы желудочков и кардиоцикла. Уменьшение данных параметров происходит не линейно, а в геометрической прогрессии по принципу золотой пропорции. Продолжительность систолы уменьшается при увеличении частоты сердцебиений с 55 уд/мин до 144 у женщин и с 65 уд/мин до 170 у мужчин в 1,619 раза, время кардиоцикла – в 1,62², а длительность диастолы – 1,622³ раза. Больше всех уменьшается диастола желудочков, меньше других – систола желудочков. В связи с этим изменяются отношения данных параметров между собой. Впервые выявлено, что при максимальной физической нагрузке вновь устанавливается золотая пропорция в отношениях временных показателей деятельности сердца. Однако эти отношения отличаются от золотой пропорции, выявляемой у пациентов в покое. Они проявляется увеличением продолжительности систолы относительно кардиоцикла и диастолы. Удлинение систолы относительно кардиоцикла является физиологическим процессом и не отражает нарушения сократимости миокарда.

Ключевые слова: систола, диастола, кардиоцикл, сердце, золотая пропорция, интервал Q–T, электрокардиограмма.

Введение. Вопросы познания сущности организма человека без понимания его многогранности не могут быть полными и продуктивными. Биологические его компоненты представляют единое целое и должны рассматриваться с системных позиций. Системный подход – научное направление познания, в основе которого лежит исследование объектов как систем. Он позволяет выявить оптимальность организации систем по отношению их функциям [12].

В основе структуры и функционирования сердца человека, как и других млекопитающих, лежит принцип симметрии (гармонии). Существуют два вида представлений о симметрии систем. Одно из них, дошедшее до нас из античной культуры, открытие, которого приписывают Пифагору, связано с золотой пропорцией (ЗП). В этом случае «симметрия означает тот вид согласованности отдельных частей объекта, которое объединяет их в единое целое [2]. Оно может существовать только тогда, когда поделено на две неравные части. При этом большая часть относится к меньшей, также как целое к большей части. Отношение частей равняется иррациональному числу, равному 1.618. Его можно получить только по формуле $\frac{(\sqrt{5}+1)}{2}$ [1].

По современному представлению, симметрия – понятие, характеризующее переход объектов в самих себя или друг в друга при осуществлении над ними

определенных преобразований (преобразование симметрии). Симметрия – это категория, обозначающая сохранение признаков объекта относительно его преобразований. Согласно выдвинутому Ю.А. Урманцевым [12] закону симметрии, абсолютно каждая система неизбежно имеет симметрию по некоторым признакам и при некоторых преобразованиях и асимметрична в других аспектах.

Организационные аспекты симметрии можно рассматривать в трех направлениях: внутренняя организация самой системы; организация преобразования данной системы; организация вхождения системы в более сложную систему. Что касается живых систем, то каждая из них входит в более сложную систему и одновременно в систему объектов того же рода.

Законы природы не могут существовать без принципов инвариантности. Только наличие определенных групп преобразований и одновременное постоянство нескольких признаков систем дают основания говорить о симметрии. Симметрия связана с инвариантами, постоянными величинами или отношениями в объекте, относительно которых происходят изменения. Найти инвариант в классе объектов – значит выявить их общие структурные основания [12, 14].

Система кровообращения полностью отвечает требованиям, предъявляемым к любой системе как объекту исследования. Она имеет структуру, схожую с подобными системами, входит в другую более

сложную систему и способна к преобразованию. Законы и принципы организации деятельности сердца связаны с ЗП. Золотые числа составляют основу композиции сердечных структур. Каждое звено в системе сердца, начиная от субклеточных элементов кардиоцита до всей сердечной мышцы в целом, имеет оптимальную организацию по ЗП в покое и оптимальные преобразования золотых отношений при физической нагрузке [14]. ЗП соединяет в себе два важных аспекта организации: она симметрична по причине заключенной в ней аффинной симметрии и относительна к композиции в сердечном цикле. Режим деятельности сердца в состоянии покоя соответствует ЗП и является наиболее экономичным из всех возможных.

Симметричный подход включает также использование чисел ряда Фибоначчи, тесно связанных с ЗП. Деление предшествующего числа на предыдущее из этого ряда дает величину близкую к ЗП. Числа Фибоначчи отражают морфологическую структуру при членении организма или системы [1, 10]. Закономерности ряда чисел Фибоначчи и порожденная ими ЗП должны в той или иной форме проявляться в самых различных организмах: в их строении, эволюции и функционировании. Они заложены и в строении сердца.

Давно подмечено, что продолжительности систолы и диастолы желудочков сердца при частоте сердечных сокращений (ЧСС) 60 в 1 мин соответствуют числам близким к ЗП: 0,365 и 0,615 соответственно. По данным А.М. Жиркова [4], продолжительности систолы, диастолы желудочков и кардиоцикла при нормосистолии (60–80 уд/мин) соотносятся между собой как: 0,382:0,618:1. Подобные результаты приводит В.Д. Цветков [14]. Нами установлено, что продолжительность систолы желудочков, близкая к 0,382 с у мужчин и женщин наблюдаются при разной ЧСС. У мужчин такая продолжительность систолы желудочков выявлена при ЧСС 55 уд/мин, у женщин – 65 уд/мин [5, 6].

Числа Фибоначчи можно встретить в диапазоне ЧСС физиологического функционирования сердца человека. У женщин эти числа представляют собой 55, 89 и 144, у мужчин – 65, 105 и 170. Числа, выявляемые у мужчин, относятся к преобразованному ряду Люка, свойства которого схожи с последовательностью Фибоначчи. Последовательность Фибоначчи (5, 8, 13, 21, 34) выявлена В.Д. Цветковым [14] при изучении соразмерности интервалов и фаз активного сокращения желудочков ко времени сердечного цикла.

ЗП прослеживается во временных, объемных, механических и кровотоковых параметрах работы сердца. Продолжительность систолы желудочков относится к длительности диастолы и кардиоцикла в пропорциях близких к 0,618 и 0,382 соответственно. Отношение длительности диастолы желудочков ко времени кардиоцикла близко к 0,618. Такое же соотношение выявлено между продолжительностями общей систолы сердечного цикла [3]. Проявления ЗП наблюдается у здоровых пациентов в покое.

Объемная структура сердечного цикла представлена ударным объемом, конечным систолическим и конечным диастолическим объемами. Эти объемы находятся между собой в ЗП. Конечный систолический объем левого желудочка соотносится с ударным объемом, а последний с конечным диастолическим объемом в пропорции 0,618 [8, 13].

К механической структуре сердечного цикла отнесены отношения среднего систолического, среднего диастолического и среднего давления в аорте. Отношение систолического давления к диастолическому, а последнего к пульсовому составляет величину, близкую 1,618. Нами [7] установлено, что существует ЗП между систолическим, диастолическим давлением и объемом левого желудочка. Отношения между ними составляют $1,618^2$ и 1,618 соответственно. Отношения параметров объемных и механических структур сердечной деятельности у здоровых людей не меняются при физической нагрузке.

Фактор времени – это центральная характеристика многих свойств сердечной мышцы и сердца в целом. Временные показатели фаз и сердечного цикла изменяются в зависимости от ЧСС. В период покоя они возвращаются в исходное состояние. Это полностью соответствует принципу симметрии преобразования. Она свойственна любой живой системе.

Известно, что при физической нагрузке происходит увеличение ЧСС, минутного объема, потребления кислорода организмом. Существует линейная зависимость между этими показателями и мощностью выполняемой работы. Она прослеживается только до достижения ЧСС 170 уд/мин. Такая частота является верхним пределом физиологического функционирования сердца человека.

Значительную часть времени сердце работает в оптимальном режиме, тратя на работу минимальное количество энергии. По данным В.Д. Цветкова [14], в таком режиме сердце человека функционирует при ЧСС 63 уд/мин. Однако автор не учитывал половые особенности исследуемых, которые, как оказалось, в значительной степени сказываются на оптимальном уровне функционирования сердца у мужчин и женщин. Нами показано, что оптимальный (золотой) режим работы сердца наблюдается у женщин при ЧСС 55 уд/мин, у мужчин – 64–65 уд/мин. При такой ЧСС соотношения продолжительностей систолы, диастолы желудочков и кардиоцикла соответствуют числам ЗП. Эти отношения являются инвариантами, постоянными величинами относительно которых происходят изменения временных характеристик деятельности сердца [6, 8].

При физической нагрузке происходит изменение продолжительностей систолы, диастолы желудочков и кардиоцикла. Каждая фаза сердечного цикла изменяется по-своему. С ростом сердечного ритма доля систолического времени в кардиоцикле увеличивается, а диастолического падает [14]. Как происходит изменение фаз и самого сердечного цикла у человека под действием

физической нагрузки, пока этот вопрос остается малоизученным.

Цель исследования. Изучить характер изменений временных параметров фаз и сердечного цикла и их отношений между собой при нарастании ЧСС.

Материалы и методы. Исследование проведено у 45 здоровых пациентов в возрасте 20–35 лет в покое и во время физической нагрузки с последующим математическим моделированием полученных данных. Мужчин было 26, женщин – 19. Источником исследования явились электрокардиограммы (ЭКГ), записанные в покое и при различной физической нагрузке. Изучались временные характеристики элементов ЭКГ: кардиоцикла по длительности интервала R–R, систолы желудочков – Q–T, диастолы желудочков – T–Q.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что физическая нагрузка вызывает увеличение ЧСС и уменьшение продолжительностей кардиоцикла, систолы и диастолы желудочков, а также изменение их отношений между собой. Так, при нарастании ЧСС с 55 до 144 уд/мин у женщин длительность кардиоцикла уменьшилась с 1,09 до 0,416 с (в 2,626 раза). При этом продолжительность систолы желудочков сократилась с 0,417 до 0,258 с (в 1,616 раза), а время диастолы – в 4,259 раза. Подобная картина наблюдалась у мужчин при учащении сердцебиений с 65 до 170 уд/мин. Продолжительность систолы желудочков сократилась до 0,219 с (в 1,619 раза), кардиоцикла – до 0,352 с (в 2,627 раза) и диастолы желудочков – до 0,158 с (в 4,264 раза), таблица.

Итак, скорость уменьшения данных параметров зависела от временной структуры сердечного цикла. Быстрее всех уменьшалась длительность диастолы, за ней следовала продолжительность кардиоцикла, медленнее всех укорачивалась систола желудочков. Время кардиоцикла сокращалось в 1,619 раза быстрее, чем продолжительность систолы желудочков, но в 1,625 раза медленнее укорочения диастолы. По сравнению с систолой продолжительность диастолы желудочков уменьшилась быстрее в 2,62 раза (в 1,619²).

Факт уменьшения временных параметров фаз и сердечного цикла при росте ЧСС хорошо известен, но характер этих изменений все еще нуждается в уточнении. Если рассматривать числа 1,618, 2,618, 4,236 как рациональные, то из этого следует вывод о линейном неравномерном уменьшении длительности фаз и кардиоцикла. Однако эти числа иррациональные и представляют собой ЗП, возведенную в разную степень: 1,619, 1,62² и 1,622³.

Время систолы желудочков при максимальной физической нагрузке по сравнению с покоем сократилось в 1,616 раза у женщин и 1,62 раза у мужчин, продолжительность кардиоцикла уменьшается в 1,619² раза, а диастолы – в 1,621³ раза. Таким образом, временные параметры фаз и сердечного цикла при физической нагрузке изменяются не линейно, а в геометрической прогрессии по принципу ЗП.

Это положение подтверждается данными временных характеристик систолы, диастолы и кардиоцикла в начальную фазу физической нагрузки и в фазу близкую к максимальной. ЧСС, равное 89 у женщин и 105 у мужчин, делит период физиологического функционирования сердца на две неравные части. Первая часть состоит из 34 сокращений сердца у женщин и 40 у мужчин, вторая – из 55 кардиоциклов у женщин и 65 у мужчин. Эти числа входят в вышеупомянутые рекуррентные ряды и соотносятся между собой в ЗП.

Укорочение временных показателей фаз и сердечного цикла происходит по одним и тем же правилам – по принципу ЗП. При увеличении ЧСС с 55 до 89 уд/мин у женщин и с 65 до 105 уд/мин у мужчин длительность кардиоцикла уменьшилась в 1,617 раза, систолы желудочков – в 1,272 раза (или $\sqrt{1,618}$, а диастолы – почти в 2 раза. Такие же примерно изменения временных параметров у здоровых пациентов установлены при дальнейшем нарастании ЧСС с 89 до 144 уд/мин у женщин и с 105 до 170 уд/мин у мужчин. Одинаковые изменения временных показателей выявлены у них за период разного количества сокращений сердца. В первом случае это проявилось на протяжении 34 сердечных сокращений у женщин и 40 сердечных циклов у мужчин, в

Таблица

Изменения длительности систолы, диастолы желудочков, кардиоцикла и их отношений в зависимости от ЧСС

ЧСС, уд/мин	R–R, с	Q–T, с	T–Q, с	$\frac{Q-T}{R-R}$	$\frac{T-Q}{R-R}$	$\frac{Q-T}{T-Q}$
Женщины						
55	1,09	0,417	0,673	0,382	0,617	0,62
89	0,674	0,328	0,346	0,487	0,513	0,949
144	0,416	0,258	0,158	0,62	0,379	1,633
Мужчины						
65	0,938	0,358	0,58	0,382	0,618	0,617
105	0,571	0,279	0,298	0,487	0,513	0,949
170	0,353	0,219	0,134	0,619	0,38	1,634

другом – на протяжении 55 и 65 сокращений сердца соответственно. Это свидетельствует об изменении параметров сердечного цикла по мере нарастания ЧСС в геометрической прогрессии.

Скорость уменьшения временных параметров в каждом кардиоцикле с ростом ЧСС снижается. Чем больше ЧСС, тем на меньшую величину укорачиваются систола, диастола и кардиоцикл. Несмотря на разницу в количестве сокращений сердца, время, затраченное на укорочение сердечного цикла в 1,618 раза в каждый период, оказалось одинаковым. Число сокращений сердца, при котором происходит укорочение кардиоцикла в 1,618 раза, а систолы в 1,272 раза, у женщин соответствует числам Фибоначчи (34 и 55), у мужчин – числам преобразованного ряда Люка (40 и 65).

Обращает на себя внимание факт присутствия среди ЧСС в физиологическом режиме работы сердца три последовательных числа, относящихся к ряду Фибоначчи у женщин (55, 89, 144) и 3 у мужчин (65, 105, 170) из преобразованного ряда Люка. Рядом стоящие числа того и другого ряда относятся между собой в ЗП. Отношение ЧСС при максимальной нагрузке к числу сокращений при оптимальной работе сердца составляет $1,618^2$. При ЧСС 55 уд/мин у женщин и 65 уд/мин у мужчин отношения фаз и сердечного цикла между собой близки к числам ЗП. Продолжительность систолы желудочков ко времени кардиоцикла у мужчин и женщин находится в пропорции 0,382, а диастолы к сердечному циклу – 0,617 у женщин 0,618 у мужчин.

Установлено, что у здоровых людей временные отношения фаз между собой и сердечным циклом находятся в ЗП не только в покое, при оптимальной работе сердца, но и при максимальной ЧСС. Однако соотношения продолжительности систолы к диастоле желудочков и кардиоциклу изменяются. Отношение продолжительности систолы желудочков ко времени сердечного цикла увеличивается с 0,382 до 0,62 у женщин и с 0,382 до 0,619 у мужчин. Временное соотношение систолы и диастолы желудочков возрастает до 1,633. Соразмерность диастолы к кардиоциклу уменьшается до 0,38. ЧСС 55 и 144 уд/мин у женщин и 65 и 170 уд/мин мужчин как бы окаймляют период физиологического функционирования сердца, за пределами которого могут возникать патологические изменения.

Неравномерное изменение данных показателей при физической нагрузке меняет их отношения между собой. Так, частное от деления продолжительности систолы желудочков на время кардиоцикла у женщин увеличивается в 1,61 раза, а пропорция между длительностью диастолы желудочков и временем кардиоцикла уменьшается в 0,614 раза, у мужчин соответственно в 1,617 и 0,615 раза. Соразмерность времени систолы желудочков и диастолы возрастает в $1,63^2$ раза.

При физической нагрузке соотношения показателей сердечного цикла и его фаз отклоняются от

ЗП. Это видно на примере изменения параметров сердечного цикла при ЧСС 89 уд/мин у женщин и 105 уд/мин у мужчин. Система переходит в состояние преобразования (симметрию преобразования), но ЗП остается как инвариант, к которому она должна возвратиться в покое.

Полученные данные подтверждают имеющиеся в литературе сведения о неравномерном укорочении систолы, диастолы желудочков и кардиоцикла при увеличении ЧСС. Меньше других параметров уменьшается продолжительность систолы. Более выраженное укорочение характерно для кардиоцикла и особенно диастолы. У мужчин и женщин при максимальной ЧСС продолжительность диастолы уменьшается в 4,259 раза, или 1,6213 по сравнению с оптимальной работой сердца. Систола становится короче в 1,617 раза. Это сопровождается изменением соотношения фаз и сердечного цикла между собой. Данные изменения развиваются в геометрической прогрессии, в основе которой лежит ЗП. Установлено, что у здоровых людей при максимальной частоте сердцебиений продолжительность систолы желудочков в 1,63 раза больше диастолы. Эта величина оказалась меньше той, которую получил М.Г. Удальцов [11] в эксперименте на изолированном сердце. По его данным, скорость расслабления желудочков в 2,5 раза больше скорости их сокращения.

Максимальная ЧСС у мужчин (170 уд/мин), при которой сохраняется ЗП, соответствует работе, сопровождающейся потреблением кислорода на пределе возможностей организма. Для женщин такой ЧСС является 144 уд/мин. Сохранение принципа ЗП между параметрами фаз и сердечным циклом при максимальных ЧСС пока трудно объяснимый факт. Если проявление ЗП между этими параметрами у мужчин при ЧСС 65 уд/мин и у женщин при 55 уд/мин интерпретируется наиболее экономичным использованием кислорода сердцем при его оптимальном режиме, то при максимальной нагрузке сердце потребляет максимальное количество кислорода без нарушения его структур. Возможно, это объясняется сохранением структуры сердца при функционировании в данном диапазоне ЧСС, на что указывают числа, относящиеся к последовательности Фибоначчи у женщин (55 и 144) и к преобразованному ряду Люка у мужчин (65 и 170), отражающие структуру сердца, как и других органов и систем.

При более высокой и менее низкой ЧСС соотношение продолжительности систолы желудочков к длительности кардиоцикла и диастолы изменяется и перестает соответствовать ЗП. Так, у женщин при ЧСС 170 уд/мин наблюдается отклонение от ЗП соразмерности продолжительностей систолы и диастолы желудочков.

Установленный факт удлинения систолы относительно кардиоцикла у здоровых людей ставит под сомнение утверждение некоторых исследователей

о том, что данное отношение является показателем нарушения сократимости миокарда. При физической нагрузке обе фазы сердечного цикла уменьшаются, достигая минимальной величины при максимальной ЧСС. Однако данные временные структуры способны еще обеспечить необходимое организму кровоснабжение. С ростом ЧСС растет сила сокращения (инotropизм мышцы сердца).

Одновременно происходит укорочение времени расслабления мышцы сердца, что способствует сохранению фазы быстрого наполнения кровью желудочков и осуществлению насосной функции сердца в физиологических пределах. Удлинение систолы желудочков относительно кардиоцикла при росте ЧСС является физиологическим процессом и не может быть показателем нарушения контрактильности миокарда.

И все же, увеличение продолжительности систолы способно отражать сократимость миокарда. Это следует из определения сократимости сердечной мышцы. Сократимость миокарда определяется одновременным образованием взаимосвязи миозина и актина, силой, возникающей при этом взаимодействии, и скоростью сокращения желудочков. Силу сокращения желудочков неинвазивными методами измерить невозможно, зато скорость сокращения желудочков можно оценить по продолжительности систолы желудочков, т.е. по величине интервала Q–T [9].

Сила сокращения желудочков определяется скоростью их сокращения. Эти величины находятся в прямой зависимости. Чем больше скорость сокращения сердечной мышцы, тем больше сила, так как она зависит от одновременности взаимодействия актина и миозина. Сократимость миокарда должна определяться не отношением продолжительности систолы желудочков к кардиоциклу, а удлинением фактической систолы. Оценить удлинение систолы желудочков можно по отклонению фактической продолжительности систолы желудочков от должной, которую можно определить по формуле Базетта, или по отклонению отношения систолы к кардиоциклу, приведенного к оптимальному режиму работы сердца, от ЗП. Данное положение основывается на ранее проведенных нами исследованиях [8, 9].

В пределах ЧСС от 55 до 144 уд/мин у здоровых женщин и от 65 до 170 уд/мин у здоровых мужчин действует принцип симметрии преобразования. Числа Фибоначчи и связанная с ними ЗП позволяют выявить оптимальность работы сердца как системы к ее функциям у здорового человека. При любой ЧСС в данном диапазоне сердце здорового человека способно возвратиться к оптимальному режиму работы, что нельзя сказать о больных людях. Инвариантом в данном состоянии является ЗП между продолжительностями фаз и сердечного ритма. При ЧСС, выходящей за рамки этого диапазона, возникают нарушения соотношений временных параметров. Особенно четко это проявляется у больных с заболеваниями системы кровообращения [5, 8, 10].

Полученные данные подтверждают имеющиеся в литературе сведения о том, что гармония работы сердца основана на принципе ЗП. Она проявляется как в целочисленных выражениях временных характеристик фаз сердечного цикла, так и в отношениях их между собой. Установлено, что временные изменения фаз и самого кардиоцикла, а также их отношений при нарастании физической нагрузки происходят по принципу ЗП в геометрической прогрессии, а не линейно.

Закключение. Показано, что морфофункциональная структура сердца здорового человека основана на принципе ЗП. Она проявляется в структуре сердца аффинной симметрией, числами Фибоначчи, золотыми числами отношений фаз и сердечного цикла между собой, а также между показателями функциональной деятельности сердца при физической нагрузке. Аффинная симметрия четко прослеживается не только при оптимальной работе сердца (при частоте ЧСС 55 уд/мин у женщин и 65 уд/мин у мужчин), но и при максимальной ЧСС (144 уд/мин у женщин и 170 уд/мин у мужчин). В диапазоне физиологического функционирования сердца сохраняется симметрия преобразования, т.е. возможность сердца после физической нагрузки возвращаться в исходное состояние. У здоровых людей при росте числа сокращений сердца продолжительность систолы уменьшается медленнее, чем другие временные структуры сердечного цикла, что приводит к увеличению её относительно кардиоцикла и диастолы.

Литература

1. Васютинский, Н.А. Золотая пропорция / Н.А. Васютинский. – СПб.: Диля, 2006. – 368 с.
2. Вейль, Г. Симметрия / Г. Вейль. – М.: Наука, 1968. – 216 с.
3. Дмитриева Н.В. Доклинические изменения ЭКГ и их критическая оценка на основе симметричного подхода / Н.В. Дмитриева // Кардиология. – 1991. № 1. – С. 79–81.
4. Жирков, А.М. Некоторые клиничко-патогенетические особенности осложненного и неосложненного инфаркта миокарда: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / А.М. Жирков. – СПб.: ВМА, 1995. – 34 с.
5. Малов, Ю.С. Диагностика хронической сердечной недостаточности по данным ЭКГ / Ю.С. Малов // Новые СПб врач. вестн. – 2011. – № 2. – С. 83–89.
6. Малов, Ю.С. Использование принципа «золотой пропорции» для диагностики степени выраженности хронической сердечной недостаточности / Ю.С. Малов // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2011. – № 2 (34). – С. 101–105.
7. Малов, Ю.С. Дисфункция миокарда у больных гипертонической болезнью / Ю.С. Малов, А.Н. Куликов // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2013. – № 3 (43). – С. 93–96.
8. Малов, Ю.С. Хроническая сердечная недостаточность (патогенез, клиника, диагностика, лечение) / Ю.С. Малов. – СПб.: СпецЛит, 2014. – 205 с.
9. Малов, Ю.С. Особенности электрокардиограммы у больных инфарктом миокарда, осложненным острой сердечной недостаточностью / Ю.С. Малов, А.И. Марин // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2015. – № 2 (50). – С. 11–14.
10. Суббота, А.Г. «Золотое сечение» («Sectio aurea») в медицине / А.Г. Суббота. – СПб., 1994. – 146 с.
11. Удальцов, М.Г. Авторегуляторные механизмы сердца: научный доклад высшей школы / М.Г. Удальцов // Биологические науки. – 1968. – № 5. – С. 37–55.

12. Урманцев, Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии / Ю.А. Урманцев. – М.: Мысль, 1974. – 218 с.
13. Черныш, П.П. Системно-симметричный подход в оценке индивидуальной нормы и эффективности лечения хронической сердечной недостаточности у больных ишемической болезнью сердца: автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. – Ташкент, 2003 – 36 с.
14. Цветков, В.Д. Сердце, золотое сечение и симметрия/ В.Д. Цветков. – Пушино: РАН, 1999. – 196 с.

Yu.S. Malov, A.I. Marin

About symmetry in work of human heart

Abstract. We analyzed 45 healthy patients, aged 20–35 years, at rest and during physical activity. We studied the temporal characteristics of systole, diastole and ventricular cardiac cycle according to the electrocardiograms. It is found that the duration of systole is equal to 0,382 sec and diastole is equal to 0,618 sec, and it is observed in women at 65 beats per minute, and in men at 55. At rest, the ratio of the systole to the time of the cardiac cycle is close to 0,382, systole to diastole and the cardiac cycle to the latter is close to 0,618. These values correspond to the golden ratio. This means that the time parameters of phases and the cardiac cycle are interconnected at the golden ratio. Physical activity transforms the structures of the cardiac cycle (symmetry of transformation). This changes the parameters of the structures and their relationships. The duration of systole, diastole of ventricles and the cardiac cycle decrease with the growth of the heart rate. Reduction of these parameters is not linear, but exponentially on the basis of the golden ratio. The duration of systole decreases at 1,619 times, the duration of the cardiac cycle at 1,620², and the duration of diastole at 1,622³ times, with an increase of heart rate from 55 to 144 beats per minute in women and from 65 to 170 beats per minute in men. The ventricular diastole decreases most of all, and the ventricular systole decreases less than the others. In this regard, the relationship between these parameters is being changed. For the first time it was revealed, that the golden ratio in the proportions of the duration of the systole, diastole and cardiac cycle is set again, at maximum physical activity. However, these proportions are different from the golden ratio, which was detected in patients at rest. These differences are determinate as increasing of the duration of systole in relation to diastole and cardiac cycle. Lengthening of the duration of systole in relation to the cardiac cycle is a physiological process and does not represent a dysfunction of myocardial contractility.

Key words: systole, diastole, cardiac cycle, heart, golden ratio, Q–T segment, electrocardiogram.

Контактный телефон: 8-921-347-54-93; e-mail: malov36@yandex.ru