

Симметричный подход к изучению сердца и его патологии

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

Резюме. Золотая пропорция, или представленная в ней аффинная симметрия, присуща структурам сердца и ряду его функциональных параметров. Важнейшим аспектом симметрии является инвариантность, т.е. постоянство некоторых признаков систем, по отношению к которым происходят преобразования. У 275 здоровых людей, 404 больных артериальной гипертензией и 133 больных ишемической болезнью с хронической сердечной недостаточностью изучены возможные инварианты работы сердца. Установлено, что инвариантами у здоровых людей являются соотношения целого ряда параметров структуры и функций сердца, близкие к золотой пропорции. К ним относятся соотношения продолжительностей систолы, диастолы и кардиоцикла при оптимальной работе сердца, отношение систолического артериального давления к диастолическому, последнего к пульсовому, систолического и диастолического артериального давления к конечно-систолическому объёму левого желудочка. Кроме того, к инвариантам можно отнести относительную толщину миокарда левого желудочка, отношения скоростей трансмитрального кровотока, размеров и объёмов левого желудочка в систолу и диастолу. У больных эти показатели изменяются в зависимости от вида и степени тяжести заболевания. Для больных гипертонической болезнью без признаков сердечной недостаточности характерно увеличение пропорций систолического и диастолического артериального давлений к конечно-систолическому объёму, относительной толщины миокарда левого желудочка, систолического и систолодиастолического отношений. Развитие хронической сердечной недостаточности сопровождается уменьшением соотношений систолического и диастолического давлений к конечно-систолическому объёму, снижением фракции выброса при увеличении пропорций между размерами и объёмами левого желудочка в систолу и диастолу. Указанные показатели могут быть использованы для диагностики заболеваний сердца и хронической сердечной недостаточности.

Ключевые слова: сердце, золотая пропорция, числа ряда Фибоначчи, артериальное давление, систола, диастола, кардиоцикл, трансмитральный кровоток, относительная толщина миокарда левого желудочка.

Введение. Строение Вселенной, биосферы, растений, всех живых существ во многих аспектах подчиняется закону золотого сечения (ЗС). Одним из существенных качеств совершенного творения является гармония. Пифагорейцы впервые стали трактовать гармонию как единство противоположностей и пытались выразить простыми числовыми отношениями. Из многих пропорций, которыми издревле пользовался человек, существует одна, единственная и неповторимая, обладающая уникальными свойствами – это золотая пропорция (ЗП), или золотое сечение (ЗС) [1, 18, 21, 25].

ЗП отвечает такому делению целого на 2 части, при котором большая его часть относится к меньшей, как целое к большей части. Известно, что структура организма в целом, как и отдельных биологических систем, основывается на принципе ЗС [1, 18]. Это значит, что целое определяет оптимальность организации системы по отношению к их функциям, т.е. конкретный набор частей системы и реализацию их свойств [16]. Для каждой системы, в том числе и живой, свойственна симметрия. Существуют два представления о симметрии. Одно из них, дошедшее до нас из античных времен, связано с пропорцией ЗС и числами Фибоначчи. Здесь «симметрия» означает тот вид согласованности отдельных частей объекта, который соединяет их в единое целое» [2]. ЗС отражает в себе два важных аспекта организации: оно сим-

метрично по причине заключенной в нем аффинной симметрии и оптимально по отношению к композиции противоположностей [23].

Второй вид симметрии представляет собой категория, обозначающая сохранение признаков объекта относительно его преобразований [7]. По закону симметрии, выдвинутому Ю.А. Урманцевым [19], абсолютно каждая система неизбежно имеет симметрию по некоторым признакам и при некоторых преобразованиях и асимметрична в других аспектах. Отсюда следует, что она присуща и живым системам, но только при определенном их состоянии. При изменении этого состояния (например, при физической нагрузке, заболевании) пропорция может нарушаться. По мнению В.Д. Цветкова [22], организация сердечного цикла в соответствии с ЗП и последовательностью Фибоначчи является результатом эволюционного развития млекопитающих. Человек не является его исключением.

Первооткрывателем ЗП считают греческого математика и философа Пифагора. Уже в те времена пятиконечная звезда как яркое выражение ЗС являлась символом жизни и здоровья. Леонардо да Винчи именовал ЗП как *Sectio aurea* и впервые показал, что в основе строения головы человека заложен принцип ЗС. При изучении данной пропорции оказалось, что она является величиной иррациональной, то есть несоизмеримой, её нельзя представить в виде отно-

шений двух целых чисел. Она отвечает простому математическому выражению $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ и равна 1,6180339. Эта пропорция означает некий математический предел гармонии природы, который приводит противоположности к единству.

Если целое принять за единицу, то большая его часть составит 0,618, меньшая – 0,382. Эти же числа получаются при делении большей части и меньшей на целое. Квадрат числа 0,618 равняется 0,382, а квадрат 1,618=1,618+1. Их называют золотыми числами. По-видимому, в этой пропорции скрыта одна из фундаментальных тайн природы, которую предстоит ещё открыть [1].

При рассмотрении здоровья человека как разновидности природной гармонии можно увидеть, что в основе его структуры и многих функций заложена ЗП. Проблема нормы (здоровья) – одна из фундаментальных проблем медицины. Она характеризует структуру и функции здорового организма. Математическое выражение гармонии и симметрии – один из методов оценки здоровья (нормы) человека [9]. Норма – высшая степень симметрии относительно отклонений, уменьшающих её порядок. Мерилом здоровья (нормы) являются показатели, отражающие целостность структур и функций, соответствующих колебаниям факторов внешней среды [9]. К.С. Симонян [17] впервые выдвинул идею применения ЗС в качестве принципа определения не просто нормы, а идеальной нормы. Понятие нормы немислимо без понятия числа и меры. Иррациональное число 1,618, а также «золотые» числа 0,618 и 0,382 можно рассмотреть в качестве показателей идеальной нормы – инвариантов.

С ЗП тесно связан ряд чисел (последовательность) Фибоначчи: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610 и так далее. В этом ряду каждое последующее число является суммой двух предыдущих чисел. Оказалось, что отношение рядом стоящих чисел приближается к ЗП, а в пределе оно равняется $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$. Полученные отношения как бы колеблются около постоянной величины (1,618), постепенно приближаясь к ней по мере увеличения чисел. Это подобно самой жизни, которая вечно стремится к равновесию и никогда его не достигает, то приближаясь, то удаляясь от некоторой золотой середины [1]. В расположении числа Фибоначчи выражают целочисленность в организации природы.

Совокупность обеих закономерностей отражает диалектическое единство двух начал: непрерывного и дискретного, подвижного и инертного [18]. Поэтому ряд чисел Фибоначчи и порождённая ими ЗП в той или иной форме проявляются в самых разных организмах: в их эволюции, строении, функционировании. Последовательность Фибоначчи находят в растительном и животном мире, в том числе и в человеке [1, 21].

Числа Фибоначчи представлены в структуре как целого организма человека, так и его органов и систем. Например, общее число костей скелета человека, количество мышц, структуры дыхательной системы,

желудочно-кишечного тракта, печени соответствует или близки числам Фибоначчи [6, 18].

Не является исключением структура и деятельность сердца. В результате математической обработки экспериментальных данных по изучению активности сердечной мышцы В.Д. Цветков [22] пришел к выводу, что интервалы асинхронного и синхронного напряжения, фаза напряжения, интервал сокращения, фаза активности состояния миокарда относительно общей длительности (Т) сердечного цикла соответствуют числам: $0,050\sqrt{T}$; $0,081\sqrt{T}$; $0,131\sqrt{T}$; $0,210\sqrt{T}$; $0,340\sqrt{T}$, т.е. отражают последовательность Фибоначчи – 5, 8, 13, 21, 34.

Целый ряд показателей, характеризующих работу сердца, приближаются к золотым числам, например, длительности систолы, диастолы и кардиоцикла сердца. Известно, что длительность механической систолы практически равна электрической систоле – длительности интервала Q–T на электрокардиограмме (ЭКГ). Давно подмечено, что при частоте сердечных сокращений, равной 60 ударов в минуту, интервал Q–T в среднем равняется 0,385 с, а интервал T–Q – 0,615 с, что соответствует золотым числам. То же самое можно сказать о предложенном К.М. Фогельсоном и И.А. Черногоровым [20] для диагностики поражений мышцы сердца систолическом показателе (СП = $\frac{Q-T}{R-R} \times 100\%$).

Н.В. Дмитриева [4], используя геометрический анализ ЭКГ, установила, что у здоровых людей соотношение длительности диастолы, общей систолы и всего кардиоцикла равняется 0,388:0,612:1, а продолжительности систолы желудочков и общей систолы соотносятся как 0,6:1. Эти соотношения близки к ЗП, отклонение составляет менее 5%. Отношение $\frac{R-P}{R-T}$ у здоровых людей в среднем равнялось $1,285 \pm 0,065$, что близко к золотому вурфу 1,309 (квадрат 1,618, деленный на 2) [3].

А.М. Жирков [5] на 46 добровольцах выявил, что продолжительности систолы, диастолы и кардиоцикла при нормосистолии относятся в ЗП как 0,382:0,618:1. В.Д. Цветков [22] нашел, что у млекопитающих в основе временных, механических, объемных и кровотоковых структур лежат свойства ЗС и числа ряда Фибоначчи. По его данным, продолжительности систолы, диастолы и всего кардиоцикла соотносятся в пропорции: 0,382:0,618:1. ЗС или представленная в нем аффинная симметрия, в «чистом виде» присуща структурам сердечного цикла только в «золотом» режиме кровообращения. Такой режим соответствует покою при частоте сердцебиений, равной 63 в 1 мин для человека, 94 – для собаки. Каждое звено в системе сердца, начиная от субклеточных элементов до всей сердечной мышцы, имеет оптимальную организацию по ЗС и оптимальные преобразования золотых отношений при физической нагрузке. За счет ЗП удается достичь такого сопряжения с сосудистой системой, при которой функция сердца осуществляется с минимальными затратами мышечной массы и энергии.

Аффинная симметрия наблюдается и в других проявлениях деятельности сердца. Было показано,

что пульсовое давление, минимальное давление и максимальное давление находятся в отношении 0,365:0,635:1, т. е. близко к ЗП. Характерно, что это соотношение в аорте не изменяется при разном уровне нагрузки и разной частоте сердечбиений.

ЗП это не числовое выражение, а отношение связанных между собой величин. В.Д. Цветков [22] впервые отметил, что существует пропорциональность близкая к ЗС между среднесистолическим, среднедиастолическим и средним давлением в аорте. Оказалось, что отношения систолического (САД) и диастолического (ДАД), ДАД и пульсового (ПАД) артериального давления у здоровых людей представляют собой величины, приближающиеся к ЗП [23]. Полученные нами данные [10, 12] показали, что у здоровых людей ударный объем (УО) составляет 0,58 – 0,65 КДО, а конечно-систолический объем (КСО) – 0,42— 0,35. Доли УО и КСО приблизительно составляют 0,6 и 0,4.

Исходя из изложенного, можно предположить, что работа сердечно-сосудистой системы во многих аспектах подчиняется принципам ЗП. Золотые числа составляют основу законов композиции сердечных структур. Каждое звено в системе сердца, начиная от субклеточных элементов кардиомиоцита до всей сердечной мышцы в целом, имеет оптимальную организацию по ЗП в покое и оптимальные преобразования золотых отношений при физической нагрузке [22]. Часто инварианты, близкие к ЗП, встречаются не только при анализе строения, но и функционирования сердца. Указанные ранее авторы в основном изучали целочисленные показатели деятельности сердца, которые близки к числам ЗП, (продолжительности систолы, диастолы), а не их отношения.

Цель исследования. Определить инварианты работы сердца здоровых людей, представляющие собой соотношения структурных либо функциональных показателей, и возможности использования их для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.

Материалы и методы. Обследовано 404 больных артериальной гипертензией и 133 больных ишемической болезнью сердца и гипертонической болезнью в возрасте от 42 лет до 70 лет. Контрольную группу составили 275 здоровых (нормотензивных) лиц в возрасте 18–50 лет, 197 из них были в возрасте 18–35 лет. Диагноз устанавливали на основании клинических, лабораторных и инструментальных методик исследования с обязательным использованием электро- и эхокардиографии (ЭКГ), а также суточного мониторинга АД (СМАД). Анализировали следующие показатели: величины САД, ДАД и ПАД по данным традиционных измерений и СМАД, конечно-систолический размер (КСР) левого желудочка (ЛЖ), конечно-диастолический размер (КДР) ЛЖ, КСО ЛЖ и КДО ЛЖ, УО ЛЖ, относительную толщину миокарда ЛЖ (ОТМлж) – отношение толщины стенок ЛЖ к величине его КДР, пропорции скоростей трансмитрального кровотока раннего наполнения и в период систолы

предсердий (V_e/V_a), а также длительности систолы к общей длительности кардиоцикла (CO_0) и длительности систолы к продолжительности диастолы ($СДО_0$), приведенные к режиму оптимального функционирования сердца.

Результаты и их обсуждение. Показано, что ЗП длительностей систолы и диастолы по отношению к кардиоциклу, систолы по отношению к диастоле у мужчин и у женщин соответствуют разной частоте сердечбиений [10, 11]. Эти отношения, близкие к 0,618, наблюдаются у мужчин при частоте сердечных сокращений (ЧСС) 64 ударов в 1 мин, у женщин – 55 в 1 мин. Данное различие связано с тем, что продолжительность систолы у женщин на 0,03 с больше, чем у мужчин.

При увеличении ЧСС уменьшается продолжительность систолы и диастолы, но при этом время диастолы сокращается быстрее, чем систолы. Продолжительность систолы становится больше, чем диастолы. При ЧСС 168 в 1 мин у мужчин и при 144 у женщин отношение систолы к кардиоциклу составляет 0,618, диастолы к кардиоциклу – 0,382, а соотношение систолы к диастоле приближается к ЗП (1,618).

ЧСС, при которых наблюдается ЗП, у женщин соответствуют числам ряда Фибоначчи (55 и 144), у мужчин – близки к ряду чисел, полученных от сложения чисел ряда Люка через одно (65 и 170). Этот ряд представлен следующими числами 15, 25, 40, 65, 105, 170 и т.д. Деленные на 5, они дают последовательность Фибоначчи. Следует заметить, что отношение максимальной ЧСС к оптимальной, наиболее экономичной, у женщин составляет 2,618, или квадрат 1,618, у мужчин – 2,625, или квадрат 1,620. При любом пульсе в диапазоне ЧСС от 55 до 144 у женщин и от 64 до 170 у мужчин отношение систолы к диастоле при пересчете на оптимальный режим работы сердца близко к ЗП. Отклонения составляют не более 2%.

По-видимому, это предельные частоты, при которых сердце работает в диапазоне физиологических возможностей. Они определяют оптимальные преобразования сердца при физической нагрузке. Дальнейшее увеличение ЧСС может сопровождаться перенапряжением и повреждением мышцы сердца. Известно, что частота пульса, равная 170 уд/мин, является предельной при проведении физических нагрузок. Это основывается на том, что взаимосвязь между ЧСС и мощностью выполняемой физической нагрузки имеет линейный характер у большинства здоровых людей вплоть до частоты пульса 170 уд/мин.

При более высокой частоте пульса линейный характер между ЧСС и мощностью физической нагрузки нарушается. Сердце работает в пределах физиологических возможностей, когда соотношение систолы к диастоле находится в пределах инвариантов: от 0,618 до 1,618. В диапазоне этих отношений сохраняется симметрия преобразований сердца, т.е. оно способно возвращаться к оптимальному режиму работы, при котором наиболее четко прослеживается ЗП.

Регистрация АД у 275 нормотензивных лиц по Н.С. Короткову и осциллографически показала (табл. 1), что соотношения САД/ДАД и ДАД/ПАД близки к ЗП и не зависят от возраста. Отклонения САД/ДАД от ЗП в среднем не превышают $\pm 2,5\%$, а ДАД/ПАД – $\pm 4\%$.

Наиболее близкие к инвариантам были отношения данных показателей у здоровых лиц в возрасте от 31 до 40 лет. Известно, что уровень АД может зависеть от места, условий, времени измерения давления, физической и умственной нагрузки, класса измерительных аппаратов и т.д.

Установлено, что соотношения между различными видами АД при традиционном способе измерения врачом, самоконтроле в офисе, повторном измерении врачом, по данным СМАД и самоконтроля АД вне клиники достоверно не различаются, несмотря на отличия в абсолютных значениях АД. Отклонения отношения САД/ДАД от пропорции ЗС не превышают 2%, а ДАД/ПАД – не более 4%, что вполне допустимо. Не установлено также изменений соотношения данных видов АД в зависимости от способа измерения АД.

При самоконтроле АД у нормотензивных пациентов в течение суток отношение САД к ДАД утром составляет 1,638, вечером – 1,635, то есть мало меняется и соответствует ЗП. Отношение ДАД к ПАД, соответственно, равно 1,587, 1,590. Эти соотношения не изменяются также и в ночное время, хотя отмечается некоторое снижение АД. По итогам трехдневного самоконтроля АД у 105 здоровых лиц последнее остается стабильным и в среднем равняется 117/72 мм рт. ст., что соответствует ЗС (САД/ДАД – 1,625, ДАД/ПАД – 1,6). Данные показатели свидетельствуют о том, что у здоровых лиц усредненные соотношения САД и ДАД, ДАД и ПАД представляют собой ЗП. Можно предположить, что выявленная закономерность отражает оптимальное функционирование сердца по обеспечению кровью органов и тканей.

Ранее проведенные нами [8, 13] исследования АД вышеуказанных отношений у больных гипертонической болезнью (ГБ) 1, 2 стадии, переходящей артериальной гипертензией (ПАГ), изолированной клинической гипертензией (ИКГ) и «маскированной» артериальной гипертензией (МАГ) показали, что, несмотря на различные уровни АД при разных формах гипертензии, отношения САД/ДАД мало чем отличаются друг от друга и близки к пропорции ЗС, (табл. 2).

Это указывает на устойчивый баланс между повышением САД и ДАД у больных с разными формами гипертензии. Соответствие отношений ДАД/ПАД пропорции ЗС отмечено и у больных ГБ, ПАГ и МАГ.

Таблица 2

Средние значения АД и отношения САД/ДАД и ДАД/ПАД в зависимости от формы артериальной гипертензии

Показатель	ГБ	ИКГ	ПАГ	МАГ
САД	157	144	133	133
ДАД	96	92	80	83
ПАД	61	52	50	50
САД/ДАД	1,629	1,57	1,625	1,604
ДАД/ПАД	1,574	1,769	1,6	1,66

Только у больных ИКГ наблюдается более выраженное отклонение этого отношения от ЗС (9%). Оно вызвано неравномерным повышением ДАД по сравнению с САД, что способствует уменьшению ПАД. Соотношения данных параметров не изменяются и после лечения, хотя АД достоверно снижалось. Таким образом, у больных ГБ 1, 2 стадии и другими формами артериальной гипертензии повышение САД и ДАД происходило в соответствии с закономерностями ЗС.

Исследование данных показателей было также проведено у 133 больных ИБС и ГБ с признаками хронической сердечной недостаточности (ХСН). Установлено, что соотношения САД и ДАД, ДАД и ПАД у больных с ХСН практически не отличаются от здоровых лиц и больных ГБ без ХСН (табл. 3).

Отсюда следует, что пропорциональность данных показателей остается стабильной, несмотря на изменение уровней АД и нарушения сократительной функции сердца. Установлено наличие ЗП между САД, ДАД и КСО у здоровых людей. САД относится к КСО как квадрат числа 1,622 (2,633), что близко к ЗП. Четкая закономерность прослеживается между ДАД и КСО. Их отношение равняется 1,633. Между АД и КДО отсутствуют какие-либо закономерности. Эти данные свидетельствуют о том, что у здоровых людей существует зависимость АД от КСО, определяемая ЗП.

Изменение данной пропорции свидетельствует о нарушении сократительной способности миокарда, что наблюдается у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями. Так, у больных ГБ без проявлений

ХСН отношение САД к КСО достоверно увеличивается и составляет 3,996 или квадрат 1,998, ДАД/КСО – 2,033. Отклонения от ЗП, соответственно, представляют 23 и 25%. Это обусловлено, с одной стороны, повышением у больных АД, с другой, – незначительным уменьшением КСО, вызванным инотропизмом.

Иная картина наблюдается у больных с ХСН. Данные отношения у них ниже ЗП и составляют, соответ-

Таблица 1

Отношения САД/ДАД и ДАД/ПАД у здоровых лиц в зависимости от возраста

Отношения	Возраст, лет				
	18–20	21–30	31–40	41–50	18–50
САД/ДАД	1,586 \pm 0,008	1,596 \pm 0,01	1,608 \pm 0,009	1,583 \pm 0,02	1,594 \pm 0,01
ДАД/ПАД	1,684 \pm 0,009	1,672 \pm 0,012	1,625 \pm 0,01	1,682 \pm 0,018	1,676 \pm 0,009

Золотые пропорции сердца у здоровых и больных сердечно-сосудистыми заболеваниями

Показатель	Здоровые	Больные ГБ без ХСН	Больные ИБС и ГБ с ХСН
САД/ДАД	1,593±0,011	1,629±0,014	1,594±0,018
ДАД/ПАД	1,668±0,012	1,574±0,016	1,679±0,020
$\frac{САД}{КСО}$	1,616±0,05	1,945±0,042*	1,454±0,053*#
ДАД/КСО	1,632±0,060	2,030±0,040*	1,251±0,032*#
КСР/КДР	0,627±0,001	0,640±0,001	0,861±0,005*#
КСО/КДО	0,380±0,003	0,336±0,003*	0,594±0,008*#
КСО/УО	0,597±0,004	0,508±0,004*	1,630±0,042*#
УО/КДО (ФВ ЛЖ)	0,624±0,006	0,688±0,005*	0,348±0,014*#
ОТМлж	0,390±0,008	0,449±0,011*	0,470±0,015*#
V_e/V_a	1,581±0,076	1,286±0,032*	0,874±0,068*#
СО0	0,388±0,002	0,413±0,002*	0,482±0,003*#
СД00	0,629±0,003	0,671±0,02*	0,984±0,020*#

Примечание: * – различие между показателями здоровых и больных; # – в группах больных, $p \leq 0,05$.

ственно, 1,454 и 1,251. Различие между здоровыми людьми и больными ГБ без признаков ХСН и при наличии её достоверны. Уменьшение данных показателей у больных с ХСН в основном связано с увеличением КСО, как проявлением сердечной недостаточности. Эта величина находится в прямой зависимости от степени выраженности ХСН.

Отношения, близкие к ЗП, установлены у здоровых людей между размерами и объёмами ЛЖ в систолу и диастолу. КСР относится к КДР ЛЖ в пропорции, которая приближается к 0,618 (0,627±0,001). Такая же закономерность прослеживается при сопоставлении КСО с УО и последнего с КДО (ФВ). Отношение КСО к КДО соответствует величине близкой 0,382. Отклонения, как правило, не превышают 5% [10, 12].

У больных ГБ без ХСН уменьшаются пропорции между КСО и УО и КСО и КДО при увеличении отношения УО/КДО. При развитии у больных клиники ХСН изменение этих показателей носит иной характер. У больных с ХСН отмечается повышение отношений КСР/КДР, КСО/КДО и особенно выраженное КСО/УО при снижении ФВ.

Если фракция выброса относится к инварианту работы сердца, то пределы её колебаний в норме не должны быть столь широкими, как это принято в кардиологии в настоящее время. По-видимому, следует считать, что диапазон колебаний ФВ при идеальной норме должен составлять 58–65%, так как отношение УО к КДО у здоровых лиц равняется 0,58–0,65, в среднем 0,624±0,006.

Эмпирическим путем было установлено, что относительная толщина миокарда левого желудочка (ОТМлж) у здоровых лиц близка к 0,382. Однако эти данные не интерпретировались с точки зрения гармонии, ЗП. Нами на двух группах здоровых лиц (52 и 105 человек в возрасте 20–35 лет и 20–50 лет) было подтверждено, что этот показатель, отражающий морфологическую структуру сердца, в первой группе составляет 0,380±0,006, во второй – 0,390±0,008. Та-

кие же данные представлены и другими авторами [15, 24]. Следует предположить, что ОТМлж представляет собой инвариант, отражающий нормальную структуру сердца. При заболеваниях сердца и сосудов этот показатель изменяется. Это отчетливо видно уже у больных ГБ 1, 2 стадии. Относительная толщина миокарда левого желудочка у них превышает контрольные цифры и составляет 0,449±0,011 ед., что свидетельствует о концентрическом ремоделировании ЛЖ. Более выраженные сдвиги ОТМлж выявлены у больных ГБ и ИБС с ХСН при снижении сократимости ЛЖ.

Соотношение скоростей трансмитрального кровотока в периоды раннего наполнения и систолы предсердий также оказалось близким к ЗП. При изучении эхокардиограмм 105 здоровых лиц было установлено, что это соотношение составляет в среднем 1,581, что соразмерно с ЗП, отклонение составляет менее 4%, что укладывается в математические погрешности. По данным других источников [15, 24], эта величина колеблется от 1,6 до 1,638 и может выступать в качестве инварианта, который характеризует гармоничную работу сердца. Уменьшение его расценивают как проявление диастолической дисфункции ЛЖ. Это отношение достоверно снижается у больных ГБ и, особенно, у больных с ХСН.

Продолжительности систолы, диастолы и кардиоцикла не только близки к золотым числам сами по себе, но и их отношения соответствуют ЗП. Это убедительно доказал П.П. Черныш [23]. Он на большом материале (118 здоровых лиц) показал, что соотношения продолжительности систолы к диастоле, диастолы к кардиоциклу, систолы предсердий и желудочков к кардиоциклу приближаются к 0,618. При использовании фактических данных без учета ЧСС наблюдается большой разброс показателей. Поэтому при исследовании мы использовали параметры, соответствующие оптимальному режиму работы, которые получали путем пересчета по предложенным нами формулам [10, 11].

У здоровых лиц CO_0 составляет $0,388 \pm 0,002$ и близко к $0,382$. Процент отклонения его от ЗП, пересчитанный по формулам, у отдельных лиц не превышает ± 5 . $СДО_0$ также находится в пределах колебаний ЗП и составляет $0,630 \pm 0,003$. Отклонение его от $0,618$ не больше $\pm 10\%$. Такое отклонение допустимо при исследовании живых систем или их частей, когда изучаемые параметры изменяются в разных направлениях. У одного и того же исследуемого при разной частоте сердечных сокращений величина отклонений CO_0 не превышала $1-3\%$, $СДО_0$ – $3-5\%$, что укладывается в допустимую математическую погрешность.

У больных ГБ без ХСН наблюдается достоверное повышение CO_0 и $СДО_0$, что свидетельствует о нарушении сократительной функции миокарда, хотя клинических проявлений сердечной недостаточности у них не отмечено [13]. Более отчетливые изменения этих пропорций выявлены у больных ИБС и ГБ с ХСН.

Представленные результаты исследования подтверждают закономерности строения и функций сердца, основанные на ЗП, которая наилучшим образом проявляется при оптимальной работе данного органа, т. е. в покое. Об этом свидетельствуют параметры и их отношения, которые соразмерны с ЗП или золотыми числами, а также с числами Фибоначчи.

Достаточно большое количество таких параметров и их отношений в значительной степени позволяют исключить случайность этих явлений. ЗП соответствуют отношения видов АД, продолжительностей фаз и сердечного цикла, размеров и объемов ЛЖ в систолу и диастолу, а также отношения САД и ДАД к КСО, скорости транзитного кровотока и ОТМлж. Отношения параметров структур и функций сердца в покое у здоровых людей, близкие к ЗП, можно рассматривать как инварианты и использовать их в качестве контрольных показателей при исследовании больных.

В отличие от данных В.Д. Цветкова [22], который нашел, что параметры, близкие к ЗП, наблюдаются у человека при ЧСС 63 в 1 мин, наши исследования дали несколько иные результаты, которые зависели от пола исследуемых. Отношения продолжительности систолы к продолжительности диастолы и длительности этих фаз к кардиоциклу, соответствующие ЗП, наблюдаются у мужчин при ЧСС 64 в 1 мин у женщин – 55 в мин.

При приведении получаемых показателей у здоровых людей к параметрам, которые свойственны оптимальному режиму работы сердца, установили их сопоставимость. У больных данные отношения отклоняются от ЗП, и это отклонение находится в прямой зависимости от тяжести течения болезни.

Большие трудности возникают при интерпретации нормативных показателей ФВ и индекса Ve/Va . За условную норму ФВ в настоящее время принята величина больше $45-50\%$, от 45 до 35% так называемая «серая зона» и меньше 35% – сниженная [14]. ФВ менее 35% свидетельствует о нарушении насосной функции сердца и является плохим прогностическим

признаком. В то же время в литературе встречается немало данных о том, что ФВ у здоровых людей колеблется около 62% [15, 24]. Наши результаты подтверждают литературные: отношение УО к КДО составляет $0,624 \pm 0,006$ с колебаниями от $0,582$ до $0,651$ (ФВ $58-65\%$). Эти цифры близки к ЗП. Если это так, то норматив ФВ не должен быть так широк, как это принято в практической медицине. ФВ должна считаться повышенной, если она больше 65% и сниженной при величине меньше 58% .

Чертой, разделяющей норму от патологии, для индекса Ve/Va транзитного кровотока является единица. Величина меньше единицы указывает на нарушение релаксации ЛЖ. Нами впервые подмечено, что соотношение скорости раннего транзитного кровотока и скорости в период систолы предсердий у здоровых людей равняется $1,581 \pm 0,076$ с максимальными пределами колебаний от $1,456$ до $1,780$, т.е. близко к ЗП ($1,618$). По данным других авторов [15], Ve/Va составляет $1,605$. Показатели ниже $1,450$ следует считать пониженными, а выше $1,8$ – повышенными. Доказательством тому является повышенные величины этого индекса до 2 и более у больных с ХСН III–IV ФК, у которых развивается рестриктивный тип транзитного кровотока.

Существующие нормативы ФВ и индекса Ve/Va , полученные эмпирическим путем, не соответствуют аффинной симметрии (гармонии) сердца и требуют дополнительных исследований и уточнений.

Заключение. Выявленные инварианты структуры и функции, соответствующие ЗП, отражают оптимальный режим работы сердца и могут быть использованы в качестве нормативных показателей. Отклонение этих показателей более чем на 5% , в ряде случаев на 10% , указывает на развитие патологического процесса. Характер этих изменений зависит от вида и степени тяжести заболевания.

Полученные данные подтверждают единые принципы строения и функционирования сердца человека. Одним из этих принципов является ЗП. При патологии эти соотношения нарушаются. Инварианты, представленные ЗП и золотыми числами, могут быть использованы для диагностики заболеваний сердца, в том числе и ХСН.

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, В.И. Бабинов, В.А. Макарычев // Кардиология. – 1991. – № 1. – С. 79–82.
4. Дмитриева, Н.В. Симметричный подход к анализу электрокардиограммы / Н.В. Дмитриева // Изв. АН СССР. Сер. Биол. 1989. – № 3. – С. 450–457.
5. Жирков, А.М. Некоторые клиничко-патогенетические особенности осложненного и неосложненного инфаркта миокарда: автореф. дис. ... доктора мед. наук / А.М. Жирков. – СПб. ВМА 1995. – 46 с.

6. Иванов, С.В. «Золотое сечение» в морфологии и физиологии человека / С.В. Иванов // Новые Санкт-Петербургские врачебные ведомости. – 2011. – № 4. – С. 69–71.
7. Коробко, В.И. Золотая пропорция и проблемы гармонии систем / В.И. Коробко. – М.: Из-во строит. Вузов СНГ, 1997. – 21 с.
8. Куликов, А.Н. Возможности оптимизации диагностики и лечения гипертонической болезни на основе суточного мониторирования и аутометрии артериального давления: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / А.Н. Куликов. – СПб.: ВМА, 2003. – 44 с.
9. Малов, Ю.С. Биологические основы здоровья и болезней человека / Ю.С. Малов. – СПб., 2007 – 168 с.
10. Малов, Ю.С. Ранняя диагностика хронической сердечной недостаточности / Ю.С. Малов // Новые Санкт-Петербургские врачебные ведомости. – 2009. – № 3. – С. 28–32.
11. Малов, Ю.С. Диагностика хронической сердечной недостаточности по данным ЭКГ // Новые Санкт-Петербургские врачебные ведомости. – 2011. – № 2. – С. 83–87.
12. 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.
13. Малов, Ю.С. Дисфункция миокарда у больных гипертонической болезнью / Ю.С. Малов, А.Н. Куликов // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2013. – № 3. – С. 93–96.
14. Национальные рекомендации ОССН, РКО и РН МОД по диагностике и лечению хронической сердечной недостаточности (четвертый пересмотр) / Журн. сердечная недостаточность. – 2013. – № 81 (7). – С. 1–94.
15. Обрезан, А.Г. Хроническая сердечная недостаточность / А.Г. Обрезан, И.В. Вологодина. – СПб.: «Вита Нова», 2002. – 320 с.
16. Салтыков, А.Б. Теория функциональных систем и клиническая медицина / А.Б Салтыков // Клин. мед. – 2008. – Т. 86, № 1. – С. 4–9.
17. Симонян К.С. Перитонит / К.С. Симонян. – М.: Медицина, 1971. – 296 с.
18. Суббота, А.Г. «Золотое сечение» («Sectio aurea») в медицине / А.Г. Суббота. – СПб.: 1994. –146 с.
19. Урманцев, Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии / Ю.А. Урманцев. – М.: Мысль, 1974. – 116 с.
20. Фогельсон, Л.И. Клиническая электрокардиография / Л.И. Фогельсон. – М.: Медгиз, 1957. – 459 с.
21. Фернандо, Корбалан. Золотое сечение. Математический язык красоты / Фернандо Корбалан. – М.: Де Агостини, 2014. – 160 с.
22. Цветков, В.Д. Сердце, золотое сечение и симметрия / В.Д. Цветков. – Пушкино: РАН, 1999. – 196 с.
23. Черныш, П.П. Системно-симметричный подход в оценке индивидуальной нормы и эффективности лечения хронической сердечной недостаточности у больных ишемической болезнью сердца: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / П.П. Черныш. – Ташкент, 2003. – 42 с.
24. Шевченко, Ю.Л. Диастолическая функция левого желудочка / Ю.Л. Шевченко, Л.Л. Бобров, А.Г.Обрезан. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2002. – 238 с.
25. Виппер, Ю.Ф. Золотое деление, как основной морфологический закон в природе и искусстве. (Открытие проф. Цейзинга) / Ю.Ф. Виппер. – Москва, 1876. – 24с.

Yu.S. Malov, A.N. Kulikov

Symmetry approach to research of heart and its pathology

Abstract. Golden ratio or presented in it affine symmetry are properties inherent to the structure of the heart and some of cardiac functional parameters. The most important aspect of symmetry is invariance, i.e. some signs of systems permanence in relation to continuous conversion. Possible invariants of the heart structure and function in 275 healthy subjects, 404 patients with hypertension and 133 patients with coronary artery disease and chronic heart failure were examined. It was found that invariants in healthy people are close to the golden ratio relations in a number of parameters of cardiac structure and function. These invariants include: the ratio of the durations of systole or diastole and cardiac cycle in optimum heart performance, the ratio of systolic and diastolic blood pressure, diastolic and pulse blood pressure, systolic or diastolic blood pressure and end-systolic volume of the left ventricle. Furthermore, invariants can be attributed to the relative thickness of the left ventricular myocardium, transmitral flow velocity ratio, size and volume of the left ventricle in systole and diastole. These invariants are very sensitive to the type and severity of the cardiac disease. For hypertensive patients without evidence of heart failure is characterized by increased proportions of systolic and diastolic blood pressure to end-systolic volume, the relative thickness of left ventricular systolic and systolic-diastolic relations. Development of congestive heart failure accompanied by a decrease in systolic and diastolic ratios pressures with end-systolic volume, ejection fraction decrease with increasing proportions of the size and volume of the left ventricle in systole and diastole. These indicators can be used to diagnose heart disease and chronic heart failure.

Key words: heart, golden proportion, the number of the Fibonacci series, blood pressure, systole, diastole, cardiocycle, transmitral blood flow, relative thickness of the left ventricular myocardium.

Контактный телефон: 8-921-347-54-93; e-mail: malov36yandex.ru