

Ю.С. Малов

## Нагрузочные пробы в диагностике хронической сердечной недостаточности

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

**Резюме.** Диагностика бессимптомных форм хронической сердечной недостаточности в значительной степени затруднена. Единственной возможностью её выявления являются методы функциональных нагрузочных проб. Обследованы 135 больных ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью и 16 здоровых пациентов. Максимальные нагрузочные пробы проведены у 58 и суточное мониторирование электрокардиограммы – у 77 больных. Показателями сердечной недостаточности служили отношения продолжительности систолы желудочков ко времени кардиоцикла и диастоле желудочков, преобразованные в показатели оптимальной работы сердца, не изменялись, несмотря на нагрузку. У больных гипертонической болезнью 1 стадии без признаков сердечной недостаточности показатели в покое были такими же, как в контрольной группе и близки к числам золотой пропорции. Во время нагрузки они достоверно увеличились, что свидетельствует о наличии у них сердечной недостаточности. Это подтверждено методом субмаксимальных нагрузочных проб и суточного мониторирования электрокардиограммы. У больных ишемической болезнью сердца и гипертонической болезнью 2 стадии увеличение этих показателей наблюдалось в покое и нарастало при физической нагрузке. Наибольшие отклонения систолического и систоло-диастолического отношения установлены у больных с явными признаками сердечной недостаточности и их увеличение под воздействием физической нагрузки. Отмечено, что в ночное время при брадикардии отношения продолжительности систолы желудочков к кардиоциклу и диастоле желудочков были самыми низкими и нарастали днем по мере увеличения нагрузки. Нагрузочные пробы позволяют выявить бессимптомные и подтвердить клинические формы сердечной недостаточности у больных хроническими сердечно-сосудистыми заболеваниями на ранних стадиях их развития.

**Ключевые слова:** систола, диастола, кардиоцикл, миокард, золотая пропорция, систолическое отношение, сердечная недостаточность, сократимость миокарда, функционально-нагрузочные пробы, сердечно-сосудистые заболевания.

**Введение.** Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) – функциональный синдром, вызванный повреждением сердечной мышцы и нарушением её сократительной функции. Выраженность этого синдрома у больных зависит от величины поражения сердца и компенсаторных возможностей: гипертрофии миокарда, механизма Франка–Старлинга, активации симпатoadrenalовой и ренин-ангиотензин-альдостероновой систем. Диагностика ХСН в основном осуществляется по клиническим признакам (усталость, одышка, отеки, влажные хрипы в легких). На ранних стадиях развития заболеваний сердца у больных в покое эти симптомы часто отсутствуют и появляются только при физической активности, что четко отражено в классификациях ХСН, принятых Нью-Йоркской ассоциацией кардиологов [2] и Всероссийским научным обществом кардиологов и Обществом специалистов по сердечной недостаточности России [8].

Выявить бессимптомные формы сердечной недостаточности (СН) возможно только при проведении функциональных нагрузочных проб, которые широко используются в кардиологии для выявления нарушения коронарного кровообращения. Самым точным методом установления степени выраженности СН является определение максимального потребления

организмом кислорода при проведении нагрузочных проб. Метод дорогостоящий, сложный, небезопасен для больного. Поэтому он не нашел широкого применения в клинической практике для диагностики ХСН.

Для этих целей в клинике чаще других используют пробу с 6-минутной ходьбой. Она проста в исполнении, не требует сложного оборудования, хорошо воспроизводится. Однако в оценке результатов данной пробы присутствует элемент субъективизма как со стороны пациента, так и врача.

В последнее время для установления диагноза бессимптомных форм ХСН предложена методика стресс-эхокардиографии, которая основана на изучении частоты сердечных сокращений (ЧСС), минутного объема крови (МОК) и времени извольмического расслабления (ВИВР) левого желудочка [9]. У здоровых лиц при физической нагрузке происходит линейное повышение ЧСС, МОК и постепенное уменьшение ВИВР. У больных ХСН при более низкой ЧСС кривые, отражающие изменения данных показателей, приобретают параболическую форму – признак развития СН. Методика физиологична, но требует специальной аппаратуры и высокой квалификации исследователя. Поэтому она пока не нашла широкого применения в клинической практике.

Известно, что у больных СН удлиняется систола желудочков относительно кардиоцикла [11]. Это было подтверждено в ряде исследований последнего времени [7, 10]. Доказано, что относительное увеличение продолжительности систолы желудочков к кардиоциклу и диастоле отражает нарушение сократимости миокарда. Продолжительность систолы желудочков, определяемая по величине интервала Q–T ЭКГ, весьма вариабельная, так как она зависит от ЧСС и половых различий. Поэтому использовать данный показатель для диагностики ХСН напрямую практически невозможно.

Для получения сравнимых между собой результатов, не зависящих от частоты ЧСС и половых особенностей интервала Q–T, необходимо отношения продолжительности систолы желудочков к длительности кардиоцикла и диастолы привести к оптимальному режиму работы сердца по ранее предложенным нами формулам [3, 4, 7]. В оптимальном режиме работы сердца у здоровых людей отношения продолжительности систолы желудочков к кардиоциклу и диастоле соответствуют числам золотой пропорции (ЗП) (0,382 и 0,618 соответственно). Они выявляются у женщин при ЧСС 55 уд/мин, у мужчин при ЧСС 64 уд/мин [5]. Эти числа являются постоянными величинами (инвариантами) и поэтому могут быть использованы в качестве контроля. Отклонение полученных показателей от данных величин в процентах отражает степень выраженности ХСН.

Удлинение интервала Q–T относительно кардиоцикла и диастолы в покое зафиксировано у большинства больных ХСН II функционального класса (ФК) и у всех больных ХСН III и IV ФК [3, 7]. Однако у половины пациентов ХСН I ФК и у ряда пациентов ХСН II ФК в покое этот показатель остается в пределах нормы или незначительно повышен. Чаще такая картина наблюдалась у больных гипертонической болезнью (ГБ) 1 стадии, артериальной гипертензией (АГ) 1 степени при отсутствии явных признаков гипертрофии левого желудочка и у больных с начальными проявлениями ишемической болезни сердца (ИБС).

Функциональные пробы способствуют проявлению скрытой в условиях покоя патологии. С их помощью удается определить степень её выраженности или компенсаторные возможности системы кровообращения. При физической нагрузке возрастает потребность миокарда в кислороде и возникает несоответствие между этой потребностью и его поступлением при скрытой или явной коронарной патологии [1]. Недостаток кислорода отрицательным образом сказывается на сократительной функции миокарда. Физические нагрузки вызывают ухудшение этой функции, усиливают выраженность СН.

СН тесно связана с отношениями длительности систолы желудочков ко времени кардиоцикла и диастолы. Увеличение продолжительности систолы желудочков относительно времени кардиоцикла и диастолы является показателем СН.

**Цель исследования.** Изучить возможность использования нагрузочных проб для диагностики бессимптомных форм ХСН у больных с заболеваниями системы кровообращения.

**Материалы и методы.** Обследованы 135 больных ИБС, стенокардией напряжения, постинфарктным кардиосклерозом, ГБ и их сочетанием. Возраст больных колебался от 39 до 68 лет. Из них мужчин было 86, женщин – 49. Контрольную группу составили 16 здоровых человек в возрасте от 20 до 30 лет.

Для выявления скрытой ишемии миокарда и бессимптомных форм ХСН 58 больным была проведена функциональная нагрузочная проба на тредмиле до достижения субмаксимальной ЧСС. ЭКГ записывалась со скоростью 50 мм/с перед проведением и на высоте нагрузки.

Больные, которым проводилась физическая нагрузка, были разделены на три группы, отличающиеся между собой различной выраженностью ХСН. В первую группу вошли 18 больных ГБ 1 стадии, АГ 1 степени (мягкая гипертензия) без признаков гипертрофии левого желудочка, у которых отсутствовали симптомы ХСН. Вторая группа представлена 26 больными, страдающими ИБС, ГБ 2 стадии с признаками гипертрофии левого желудочка и одышкой при повседневной физической нагрузке. Третья группа (14 больных) состояла из пациентов, перенесших инфаркт миокарда или имеющих блокаду правой либо левой ножки пучка Гиса. У них имелись признаки ХСН (одышка, усталость, отеки лодыжек).

Для диагностики неманифестной СН у 77 больных ИБС и ГБ использовалось суточное ЭКГ-мониторирование. Для выявления изменений интервала Q–T и его отношения к кардиоциклу применялись отрезки ЭКГ, записанные ночью и днем при минимальной ЧСС, а также во время физической нагрузки. Больные были распределены на 3 группы по предыдущему принципу.

Такие же исследования проводились и у здоровых лиц. Продолжительности систолы, диастолы желудочков и кардиоцикла определялись по величине интервалов Q–T, T–Q и R–R ЭКГ.

**Результаты и их обсуждение.** Данные об изменении отношения систолы желудочков к кардиоциклу (систолическое отношение – СО), диастоле (систола-диастолическое отношение – СДО) и процент отклонения их от чисел золотой пропорции до и во время функциональной нагрузки у здоровых и больных представлены в таблице 1.

Установлено, что у здоровых лиц СО и СДО, приведенные к показателям оптимальной работы сердца, до и во время физической нагрузки оставались близкими к числам ЗП. У больных они достоверно увеличились. Так, до нагрузки СО у всех больных равнялось  $0,446 \pm 0,007$ , процент отклонения от ЗП составил 16,8%, СДО –  $0,812 \pm 0,04$  (процент отклонения от ЗП – 31,4%), что соответствует 2 ФК ХСН. В период физической нагрузки СО возросло и достигло  $0,472 \pm 0,003$  (23,7%), СДО –  $0,985 \pm 0,1$  (59%).

Таблица 1

## Изменения СО и СДО при физической нагрузке у здоровых и больных

Показатель	СО			
	до нагрузки		во время нагрузки	
	абс. числа	% откл.	абс. числа	% откл.
Здоровые	0,386±0,003	1,7	0,389±0,0005	2
Больные	0,446±0,007*	16,8	0,472±0,003*	23,7
1 группа	0,384±0,004	0,5	0,429±0,001*	11
2 группа	0,428±0,002*	11	0,451±0,005*	18
3 группа	0,485±0,007*	26,8	0,524±0,009*	37,3
	СДО			
Здоровые	0,619±0,007	0,1	0,630±0,009	2
Больные	0,812±0,008*	31,4	0,985±0,1*	59
1 группа	0,627±0,04	0,5	0,774±0,02*	26,5
2 группа	0,734±0,01	18,5	0,878±0,05	41,9
3 группа	0,879±0,08*	42,2	1,02±0,18*	65,7

**Примечание:** \* – различия между здоровыми и больными,  $p \leq 0,05$ .

Изменения СО и СДО зависели от степени выраженности СН. Так, у больных 1-й группы, до нагрузки СО и СДО были близки к числам ЗП (0,382 и 0,618 соответственно). Во время функциональной нагрузки СО увеличилось до 0,428±0,001, СДО – до 0,774±0,02. Отклонения от чисел ЗП этих показателей составили 11 и 26% соответственно, что указывает на наличие у больных 1-й группы ХСН I ФК.

У больных 2-й группы уже в покое выявлено увеличение СО (0,428±0,002) и СДО (0,734±0,01). Отклонения СО и СДО от чисел ЗП составили 11 и 18,5%, что подтверждает наличие у них ХСН. Функциональная нагрузка у больных этой группы вызывала дальнейшее увеличение этих показателей (0,451±0,005 и 0,878±0,05), то есть имело место нарастание выраженности СН.

У больных 3-й группы признаки ХСН проявлялись высокими показателями СО (0,485±0,007, процент отклонения 26,8) и СДО (0,879±0,08 и 42,2 и соответственно), характерными для ХСН III ФК. Функциональные нагрузки вызывали еще большее нарастание СО и СДО (до 0,524±0,009 и 1,1±0,09 соответственно). Такие уровни данных показателей зафиксированы у больных ХСН IV ФК.

Таким образом, у здоровых лиц отношения систолы желудочков к кардиоциклу и диастоле, приведенные к оптимальной работе сердца, до и во время функциональной нагрузки практически не меняются. У больных ГБ 1 стадии эти показатели во время нагрузочной пробы увеличились. У остальных больных в покое выявлены повышенные СО и СДО, которые зависели от выраженности СН, и нарастали при фи-

Таблица 2

## Изменение отношений систолы желудочков к кардиоциклу и к диастоле при ЭКГ-мониторировании здоровых и больных ХСН

Показатель	СО					
	ночь		день		физ. нагрузка	
	абс. число	% откл.	абс. число	% откл.	абс. число	% откл.
Здоровые	0,377±0,0003	-1	0,388±0,0005	1,6	0,392±0,0003	2,6
Больные	0,418±0,006*	9,5	0,446±0,005*	16	0,480±0,007*	25,6
1 группа	0,384±0,001	0,6	0,404±0,0008	5,5	0,440±0,002*	15,1
2 группа	0,415±0,003*	8,7	0,448±0,007*	17,3	0,464±0,006*	21
3 группа	0,450±0,009*	17,8	0,480±0,01*	25,6	0,547±0,02*	43,2
	СДО					
Здоровые	0,624±0,008	1	0,630±0,01	2	0,638±0,004	4
Больные	0,742±0,04*	20	0,809±0,03*	30	0,912±0,06*	47,5
1 группа	0,654±0,007	6	0,690±0,015*	11,6	0,796±0,03*	28,8
2 группа	0,733±0,01*	18,6	0,829±0,02*	34	0,951±0,07*	54,5
3 группа	0,840±0,03*	35	0,912±0,04*	47	0,991±0,05*	60

**Примечание:** \* – различия между здоровыми и больными,  $p \leq 0,05$ .

зической нагрузке. Следовательно, функциональные нагрузки способствовали выявлению бессимптомных форм ХСН.

Изменение отношений систолы желудочков к кардиоциклу и диастоле при Холтеровском мониторинге представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 следует, что у здоровых лиц соотношения продолжительности систолы желудочков к кардиоциклу и диастоле после приведения их к оптимальному режиму функционирования сердца оставались одинаковыми независимо от времени исследования и функциональной нагрузки и были близки к числам ЗП. Отмечалась лишь тенденция к незначительному снижению СО в ночное время. У больных ИБС и ГБ этот показатель зависел как от времени исследования, физической нагрузки, так и от степени выраженности ХСН.

Установлено, что у всех больных ИБС и ГБ имело место изменение СО и СДО в разное время суток. Наименьшее нарушения данных показателей наблюдались в ночное время суток, они увеличивались в дневное время и значительно возрастали при функциональной нагрузке. Характер изменений СО и СДО зависел от вида заболевания и степени выраженности ХСН. Так, у больных ГБ 1 стадии в ночное время данные показатели не отличались от здоровых обследуемых и умеренно увеличивались днем при минимальной ЧСС ( $0,404 \pm 0,0008$ ), но достоверно возрастали при физической нагрузке ( $0,440 \pm 0,002$ ). Это подтверждает полученный нами ранее факт развития систолической и диастолической дисфункции левого желудочка у больных ГБ на ранних стадиях её развития [6].

Выявленные изменения соотношения систолы желудочков и кардиоцикла, систолы и диастолы желудочков установлены у больных, которые отмечали одышку при повседневной физической нагрузке. У трети из них в ночное время СО и СДО были близки к ЗП ( $0,382$  и  $0,618$ ), у остальных – повышенными.

В дневное время при минимальной ЧСС СО и СДО у больных 2-й группы превышали контрольные цифры и равнялись соответственно  $0,448 \pm 0,007$  и  $0,829 \pm 0,02$ . Отклонения этих показателей от чисел ЗП составили 17,3 и 34%. При физической нагрузке у всех больных этой группы отмечено достоверное увеличение СО ( $0,464 \pm 0,006$ ) и СДО ( $0,951 \pm 0,07$ ). В ночное время у 1/4 части больных этой группы при брадикардии (40–60 сокращений в минуту) сердце функционировало в оптимальном режиме. По-видимому, этим можно объяснить исчезновение некоторых симптомов ХСН после ночного отдыха.

Что касается больных с клиническими признаками ХСН, то у них наблюдалось увеличение СО и СДО как в ночное, так и дневное время при минимальной ЧСС и особенно отчетливо это проявлялось во время физической нагрузки. Наименьшие величины изучаемых параметров наблюдались в ночное время и соответствовали показателям, встречающимися у больных ХСН II ФК ( $0,450 \pm 0,009$  и  $0,840 \pm 0,03$ ). Отклонение их от чисел ЗП составили 17,8 и 35%. Днем

при минимальной ЧСС отношения продолжительности систолы желудочков к кардиоциклу и диастоле достоверно увеличивались и максимально нарастали при физической нагрузке ( $0,547 \pm 0,02$  и  $0,991 \pm 0,05$ ), соответствуя показателям ХСН IV ФК.

Таким образом, с помощью суточного ЭКГ-мониторирования у больных ИБС и ГБ можно выявлять не только явные, но бессимптомные формы ХСН в зависимости от времени суток. У больных ХСН в ночное время показатели СО и СДО уменьшаются. Факт оптимизации работы сердца ночью установлен только у больных с бессимптомной или мало симптомной ХСН при ЧСС 40–50 уд/мин. Днем в период покоя у большинства больных наблюдаются показатели СО и СДО, характерные для СН. Физическая нагрузка вызывает увеличение СО и СДО независимо от степени выраженности СН. Чем выше ее ФК, тем более выражены отклонения данных показателей от ЗП. Следовательно, функциональные пробы способствуют проявлению скрытой в условиях покоя СН и подтверждают ее клинические формы.

С помощью физических нагрузок удается определить степень выраженности СН или компенсаторные возможности системы кровообращения. Возникающее при физической нагрузке несоответствие между потребностью миокарда в кислороде и его поступлением отрицательным образом сказывается на сократительной функции миокарда. Физические нагрузки вызывают ухудшение этой функции, усиливают выраженность СН. Это позволяет выявить бессимптомные формы ХСН, уточнить степень их выраженности и динамику изменений. Для этих целей можно использовать как максимальные нагрузочные пробы, так и суточное ЭКГ-мониторирование.

Полученные результаты не противоречат литературным данным, скорее уточняют их. Они сопоставимы с результатами исследований, в которых использовались проба с 6-минутной ходьбой или стресс-тест и совпадают с данными, полученными при изучении соотношений продолжительности систолы желудочков и кардиоцикла [9, 10].

Для определения степени выраженности СН нет необходимости использовать оба показателя. Они изменяются однонаправлено, СО – величина менее вариабельная, чем СДО. У здоровых людей отклонение СО от ЗП составляет  $\pm 5\%$ , СДО –  $\pm 10\%$ . Это связано с тем, что при увеличении ЧСС продолжительность систолы уменьшается медленнее, чем время кардиоцикла и особенно диастолы. Поэтому отношения продолжительности систолы желудочков к диастоле колеблются в больших пределах.

**Заключение.** При проведении нагрузочных проб происходит увеличение ЧСС, уменьшение продолжительности кардиоцикла, систолы и диастолы желудочков как у здоровых, так и больных сердечно-сосудистыми заболеваниями. Однако систола желудочков относительно кардиоцикла и диастолы увеличивается. У здоровых пациентов эти изменения

осуществляются по принципу ЗП. Поэтому при любой ЧСС в пределах физиологического функционирования сердца, изучаемые отношения можно преобразовать в числа ЗП, чтобы получить сравнимые с ними данные.

У больных, страдающих СН, продолжительность систолы желудочков по мере нарастания ЧСС уменьшается медленнее, чем у здоровых. Поэтому отношение её к кардиоциклу и диастоле увеличивается больше, чем в контроле. Процент отклонения СО и СДО от констант (инвариант) отражает степень выраженности СН. Нагрузочные пробы позволяют выявить бессимптомные формы СН, то есть обнаружить их у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями на ранней стадии развития.

### Литература

1. Аронов, Д.М. Функциональные пробы в кардиологии / Д.М. Аронов, В.П. Лупанов. – М.: МЕДпресс-информ, 2003. – 296 с.
2. Диагностика и лечение острой и хронической сердечной недостаточности. Рекомендации Европейского Общества Кардиологов (пересмотр 2012 г.) / Росс. кардиол. журн. – 2012. – № 4. – Прилож. 3. – С. 1–68.
3. Малов, Ю.С. Ранняя диагностика хронической сердечной недостаточности / Ю.С. Малов // Новые СПб врач. введом. – 2009. – № 3. – С. 28–32.
4. Малов, Ю.С. Диагностика хронической сердечной недостаточности по данным ЭКГ / Ю.С. Малов // Новые СПб врач. введом. – 2011. – № 2. – С. 83–89.
5. 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.
6. 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.
7. Малов, Ю.С. Хроническая сердечная недостаточность (патогенез, клиника, диагностика, лечение) / Ю.С. Малов. – СПб.: СпецЛит, 2014. – 205 с.
8. Национальные рекомендации ОССН, РКО и РН МОД по диагностике и лечению хронической сердечной недостаточности (четвертый пересмотр) / Сердечная недостаточность. – 2013. – № 81 (7). – С. 3–94.
9. Шуленин, С.Н. Диагностика сердечной недостаточности с помощью стресс-эхокардиографии / С.Н Шуленин [и др.] // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2010. – № 3. – С. 21–25.
10. 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 – 36 с.
11. Фогельсон, Л.И. Клиническая электрокардиография / Л.И. Фогельсон. – М.: Медгиз, 1957. – 459 с.
12. Цветков, В.Д. Сердце, золотое сечение и симметрия / В.Д. Цветков. – Пушино: РАН, 1999. – 196 с.

Yu.S. Malov

### Stress test in diagnostics of congestive heart failure in patients

**Abstract.** *It is difficult to diagnose asymptomatic congestive heart failure the only one opportunity to reveal it is to perform stress test. 135 patients with ischemic heart disease have been examined vs 16 healthy patient. 58 patients underwent maximal stress test of electrocardiography Holter monitor. Indicators of the heart failure were the ratio of the duration of the systole to the time of the cardiac systole and diastole. It is found the ratio of the duration of the systole to the time of the cardiac systole and diastole converted to optimal indicators of the heart work at healthy patients were not changed during the stress test. In the group of patients with arterial hypertension stage 1, the indicators were the same as those in the group of healthy patients and close to the golden standard at rest but during the stress test all indicators increased, which proves the presence of the signs of heart failure. It confirmed by both methods. Patients with ischemic heart disease and arterial hypertension stage 2 increased indicators have been registered at rest (without performed stress test) and the extend of changes have been registered. It is noted that at night when the duration of bradycardia ventricular systole and diastole of the cardiac cycle to the ventricles were the lowest during the day and grew as the load increases. Stress tests help to indentify and confirm asymptomatic clinical forms cardiovascular disease at early stage of their development.*

**Key words:** *systole, diastole, cardiocycle, golden ratio, heart failure, myocardium, cardiac contractility, functional load tests, cardio-vascular diseases.*

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