

Оценка результатов нагрузочного тестирования: корректные ответы на основные вопросы

Аксельрод А.С., заведующая отделением функциональной диагностики
Клиники кардиологии ММА им. И.М. Сеченова

После завершения нагрузочного этапа и восстановительного периода врач переходит к анализу всей полученной информации для ответа на 4 основных вопроса:

1. толерантность к нагрузке (высокая, средняя, низкая);
2. наличие проявлений ишемии миокарда (проба положительная, отрицательная, сомнительная, не информативная);
3. тип реакции АД на нагрузку (нормотонический, гипертонический, гипотонический, симпатикоастенический);
4. индукция нарушений ритма и проводимости (индуцированы или не индуцированы).

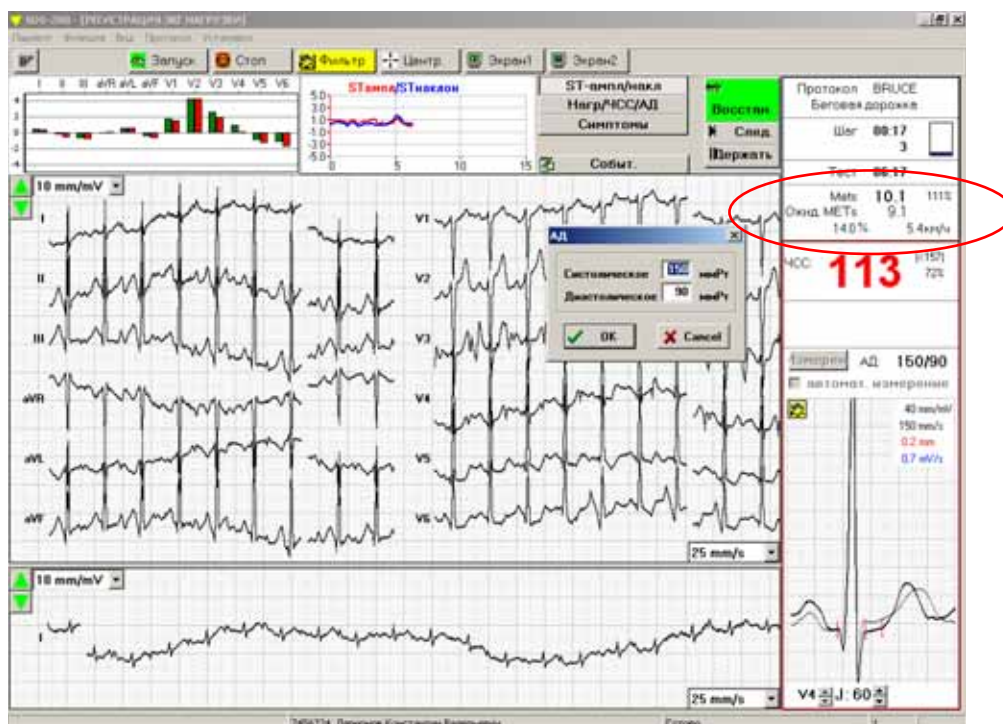
Оценка толерантности к физической нагрузке

Толерантность к физической нагрузке отражает степень физической тренированности пациента и его способность переносить навязанную нагрузку. Толерантность оценивается в ваттах (Вт) при велоэргометрии или в метаболических эквивалентах (единицах, МЕ или Mets) при тредмил-тесте.

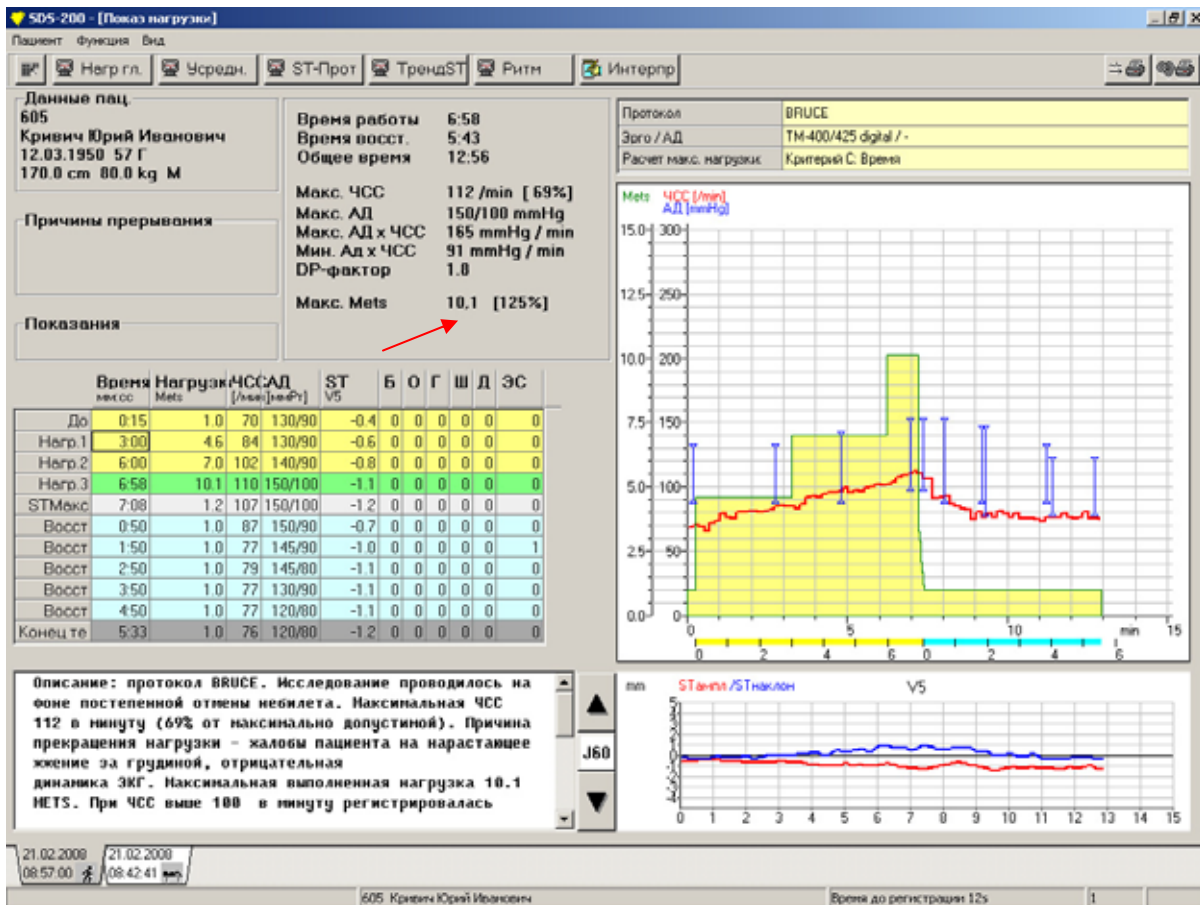
Метаболический эквивалент (МЕ, METs) - это показатель, косвенно отражающий активность метаболических процессов в организме путем расчета уровня метаболизма (потребления O_2) при заданной нагрузке, при этом за исходную величину (1 МЕ) принят уровень метаболизма в покое. При наращивании нагрузки метаболизм возрастает, следовательно, количество Mets также возрастает. С учетом веса пациента все современные системы производят автоматический расчет выполненной работы по формуле $1 \text{ МЕ} = 3.5 \text{ мл } O_2/\text{мин}/\text{кг}$ веса тела. Во время теста в рабочем окне программы можно видеть текущую толерантность к нагрузке (рисунок 1А), а конечный результат (Макс. Mets) выводится в окончательной таблице рабочего окна в соответствующей графе итоговой таблицы (рисунок 1Б).

Рис.1. Рабочее окно программы: А – текущие абсолютные (реальная и ожидаемая) и относительное (%) значения; Б - максимальная выполненная работа, Макс. Mets (помечено стрелкой).

А



Б



Для оценки степени толерантности используются пороговые значения, представленные в таблице 1.

Табл. 1. Пороговые значения толерантности к физической нагрузке.

Mets	Толерантность
до 3.9	низкая
4.0-6.9	средняя
7.0-9.9	высокая
более 10.0	очень высокая

Следует помнить, что представленные в таблице пороговые значения толерантности являются ориентировочными. Каждый врач, ежедневно проводящий нагрузочные тесты, неоднократно сталкивается с ситуацией, когда эти формальные критерии не согласуются с общим впечатлением, которое произвел пациент во время теста. Нередко при достижении пациентом значения 4.0-4.2 Mets врач определяет толерантность как низкую, поскольку эти значения были достигнуты с большими усилиями и сопровождалось жалобами на выраженную усталость, одышку, слабость, головокружение и т.п. Не меньшее количество вопросов вызывает значение 7.0 Mets, поскольку оно может квалифицироваться и как средняя, и как высокая толерантность. На наш взгляд, в подобных случаях определяющим является время достижения этого значения: чем дольше длился нагрузочный этап теста, тем выше толерантность.

ЭКГ критерии положительного нагрузочного теста

В соответствии с рекомендациями ACC/AHA Practice Guidelines Update for Exercise Testing, **проба считается положительной** при наличии диагностически значимой динамики ST-T в нескольких отведениях. Наиболее специфичной является следующая динамика сегмента ST и зубца T:

- горизонтальная депрессия сегмента ST не менее 1 мм;
- косонисходящая депрессия сегмента ST в сочетании с отрицательным или двухфазным зубцом T;
- медленная косовосходящая депрессия сегмента ST не менее 2 мм;
- элевация сегмента ST.

Наиболее специфичной для ИБС является нарастающая горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST более 1 мм в сочетании с ангинозным приступом, который сохраняется в течение как минимум 1-2 минут восстановительного периода. Неустойчивая депрессия сегмента ST, зарегистрированная во время нагрузочного или восстановительного периода, также является основанием для трактовки результата теста как положительного, однако врач имеет право квалифицировать такой тест как сомнительный.

Современные программы для проведения нагрузочного тестирования предоставляют различные графические варианты динамики показателей как во время теста (on line), так и после его окончания (ретроспективный анализ). Возможности программы on line важны, прежде всего, для проведения безопасного теста. Широкий диапазон ретроспективного анализа приводит к максимально достоверной оценке динамики сегмента ST. Сопоставляя одни и те же сомнительные фрагменты в разных окнах программы, врач приходит к определенному заключению. Именно этот этап работы является самым важным, поскольку обеспечивает наибольшую чувствительность и специфичность теста, т.е. способствует уменьшению количества ложноотрицательных и ложноположительных результатов.

Как известно, современное оборудование позволяет представить визуальную оценку динамики сегмента ST в двух вариантах: **усредненные циклы и полная регистрация**.

Усредненный цикл (комплекс) – результат анализа совокупности всех морфологий ЭКГ комплексов данного отведения, зарегистрированных в течение заданного промежутка времени (как правило, в течение 1 минуты). В результате автоматического анализа возле каждого усредненного комплекса имеется абсолютное значение амплитуды и наклона сегмента ST. Усредненные циклы очень привлекают предполагаемой легкостью интерпретации: имеется форма и абсолютное значение, которые значимо или незначимо меняются на фоне нарастания нагрузки. Тем не менее, именно эти циклы могут снижать специфичность теста, увеличивая количество ложноположительных результатов. Прежде всего, форма усредненного комплекса во время нагрузочной ступени практически всегда отличается от исходной (до начала нагрузки). Помимо самой динамики ST-T, на форму влияют дрейф изолинии (за счет дыхательной экскурсии грудной клетки или особенностей походки пациента) и артефициальный шум ЭКГ (мышечный тремор).

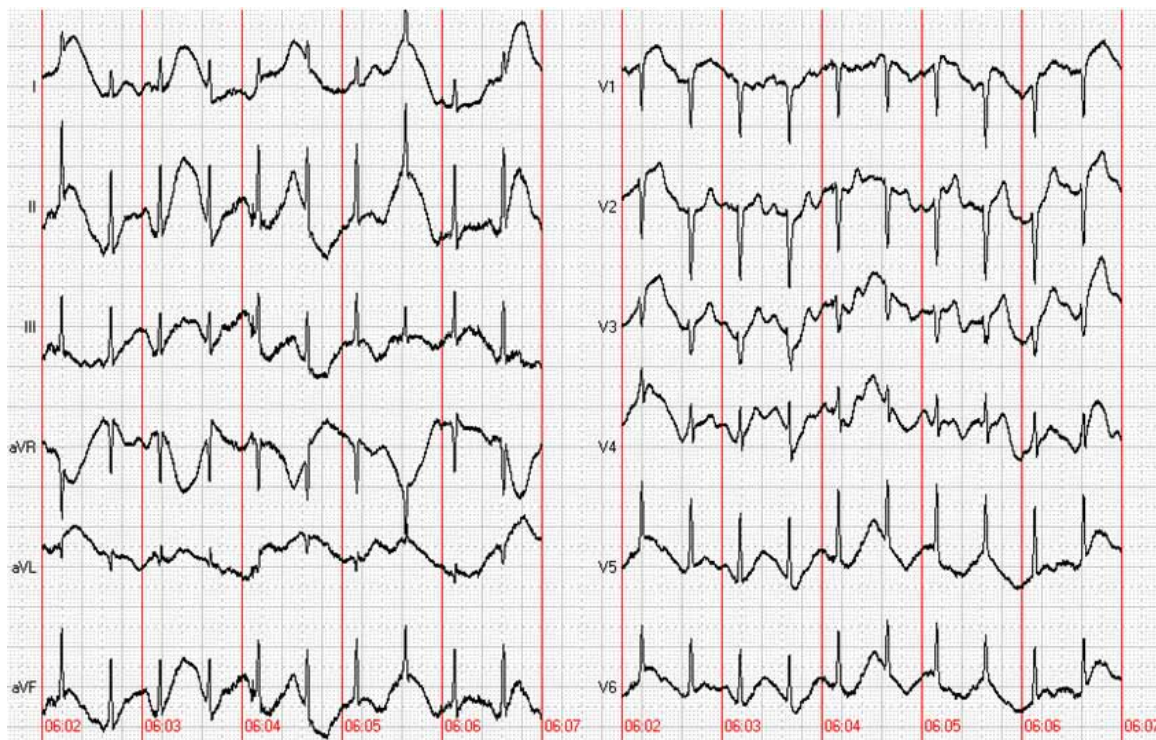
И дрейф изолинии, и артефициальный шум могут быть настолько сильными, а походка больного настолько нестандартной, что некоторых пациентов (как женщин, так и мужчин) приходится обучать движению во время теста «на ходу», советуя перераспределить нагрузку на ноги. Обычно пациента просят стараться зафиксировать корпус, не напрягать руки и не совершать колебательные движения при ходьбе. Тем не менее, именно особенности походки нередко создают значимые помехи, в результате чего возникает необходимость дифференцировать истинную динамику сегмента ST от артефициальной динамики: иллюзия положительного теста может быть очень сильной (рис.1).

Рис. 2. Пациент Р., 53 лет: А – ЭКГ покоя перед нагрузочным тестом; Б – ЭКГ со значительными артефактами во время нагрузочного периода с ЧСС 123 в минуту; В – усредненные циклы (комплексы); Г – типичный дрейф изолинии при артефициальной динамике сегмента ST.

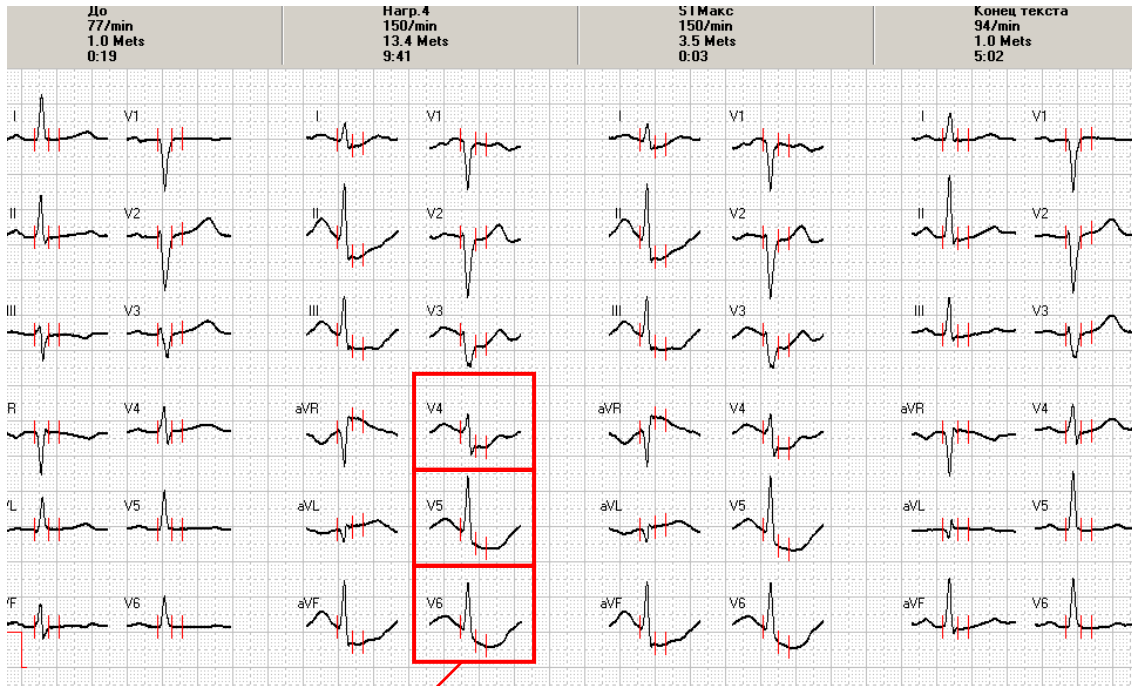
А



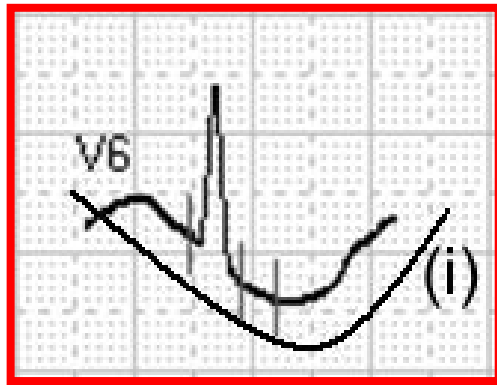
Б



В



Г



Как видно из представленных усредненных комплексов, в некоторых отведениях иллюзия положительного теста очень велика. Поэтому, несмотря на явный артефициальный характер депрессии по стандартной ЭКГ в 12 отведениях, а также типичный дрейф изолинии, визуализирующийся в левых грудных отведениях (дуга *i*, обозначенная на рис. 2Г), этому пациенту

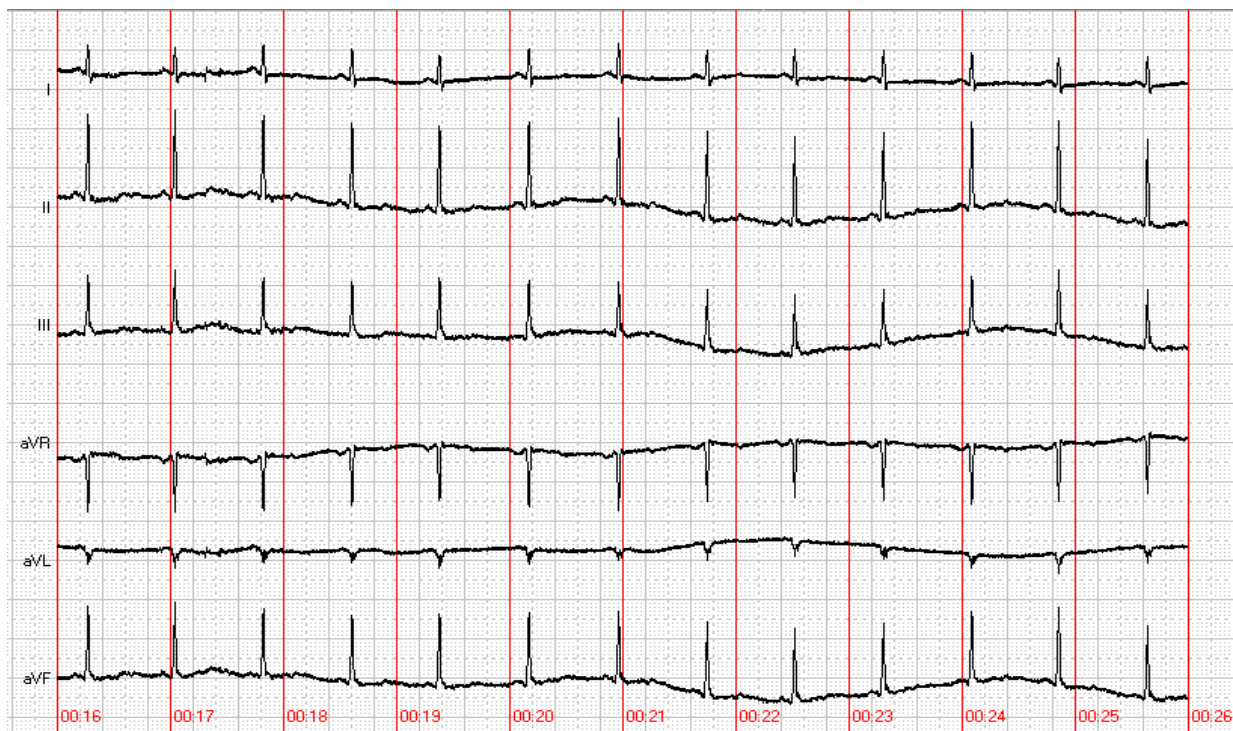
было проведено дообследование (перфузионная сцинтиграфия миокарда с нагрузкой, мультиспиральная компьютерная томография, стресс-эхокардиография). Диагноз ИБС был отвергнут.

Безусловно, именно динамика стандартной ЭКГ должна быть проанализирована в первую очередь. К сожалению, нередко пациенты предъявляют усредненные циклы без сопутствующей полной регистрации. Гораздо реже встречается обратная ситуация: у больного на руках имеется только динамика стандартной ЭКГ без усредненных циклов. В этом случае ишемический характер депрессии, конечно, гораздо более вероятен. Тем не менее, именно сочетание фрагментов стандартной ЭКГ и усредненных комплексов – обязательное условие репрезентативности теста.

В большинстве представленных программ имеются другие варианты ретроспективной оценки сегмента ST, помимо стандартной ЭКГ и усредненных циклов, - например, таблица динамики амплитуды и наклона сегмента ST. Использование всех возможностей программного обеспечения позволяет воспроизвести полную и последовательную картину ишемической динамики ЭКГ во время нагрузочного теста.

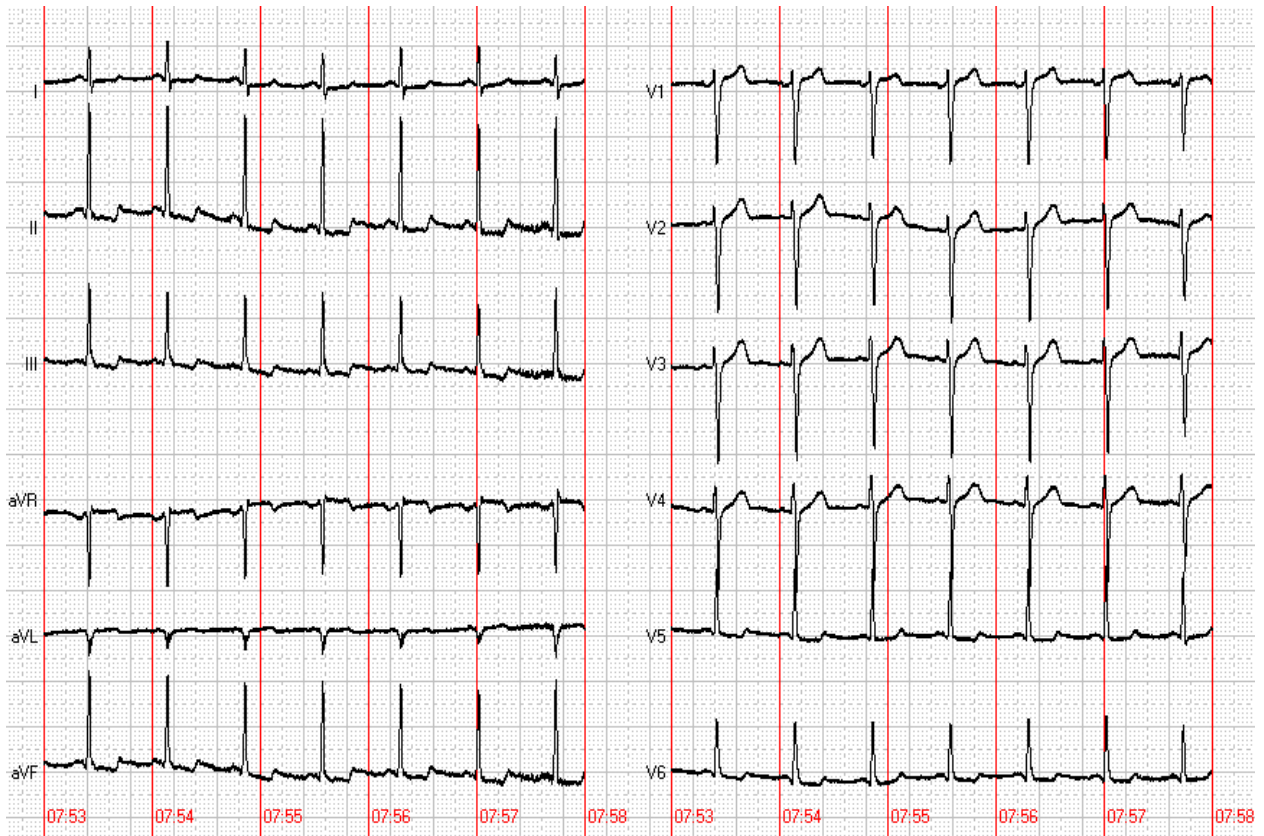
Рис. 3. Пациент М., 46 лет: А – ЭКГ на 1-й ступени теста (синусовый ритм с ЧСС 66 в минуту); Б – на 5-й минуте восстановительного периода (синусовая тахикардия с горизонтальной депрессией сегмента ST в отведениях II, III, aVF, V5-6 до 2 мм); В – сохраняющиеся изменения ЭКГ на 8-й минуте восстановительного периода до использования спрея изокета; Г – положительная динамика ЭКГ после использования спрея изокета; Д – усредненные циклы; Е – таблица динамики амплитуды сегмента ST; Ж – тенды ST (амплитуда и наклон).

А

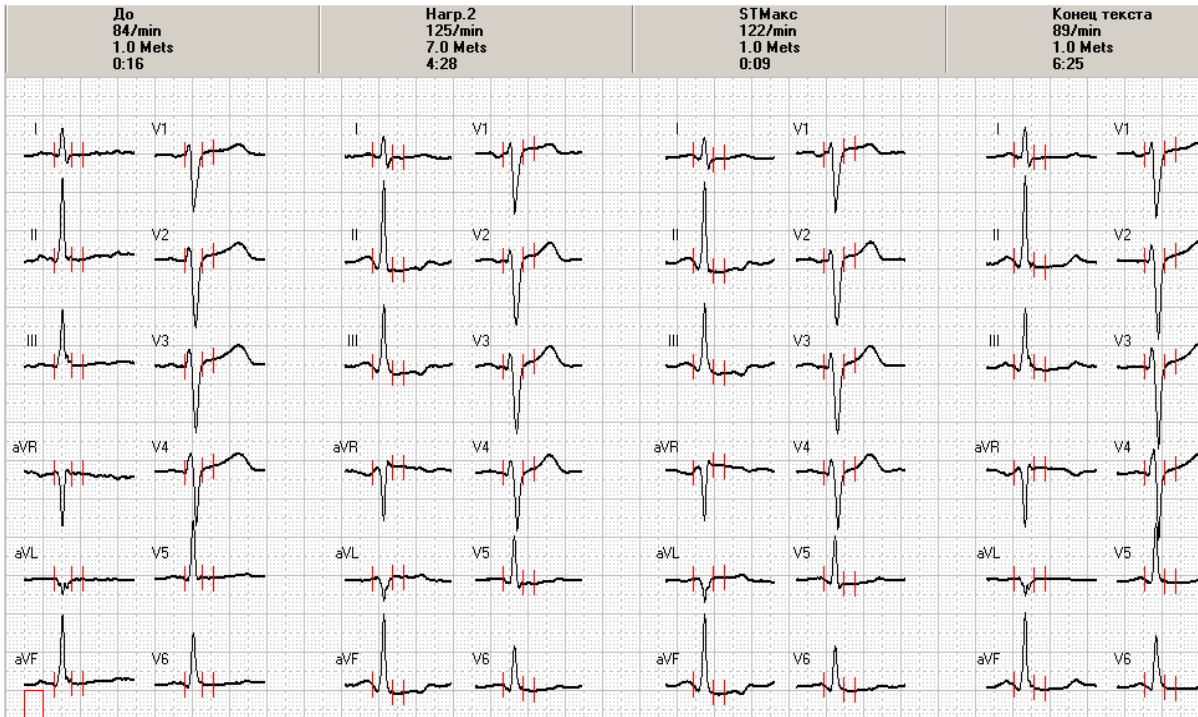


Б



B**Г**

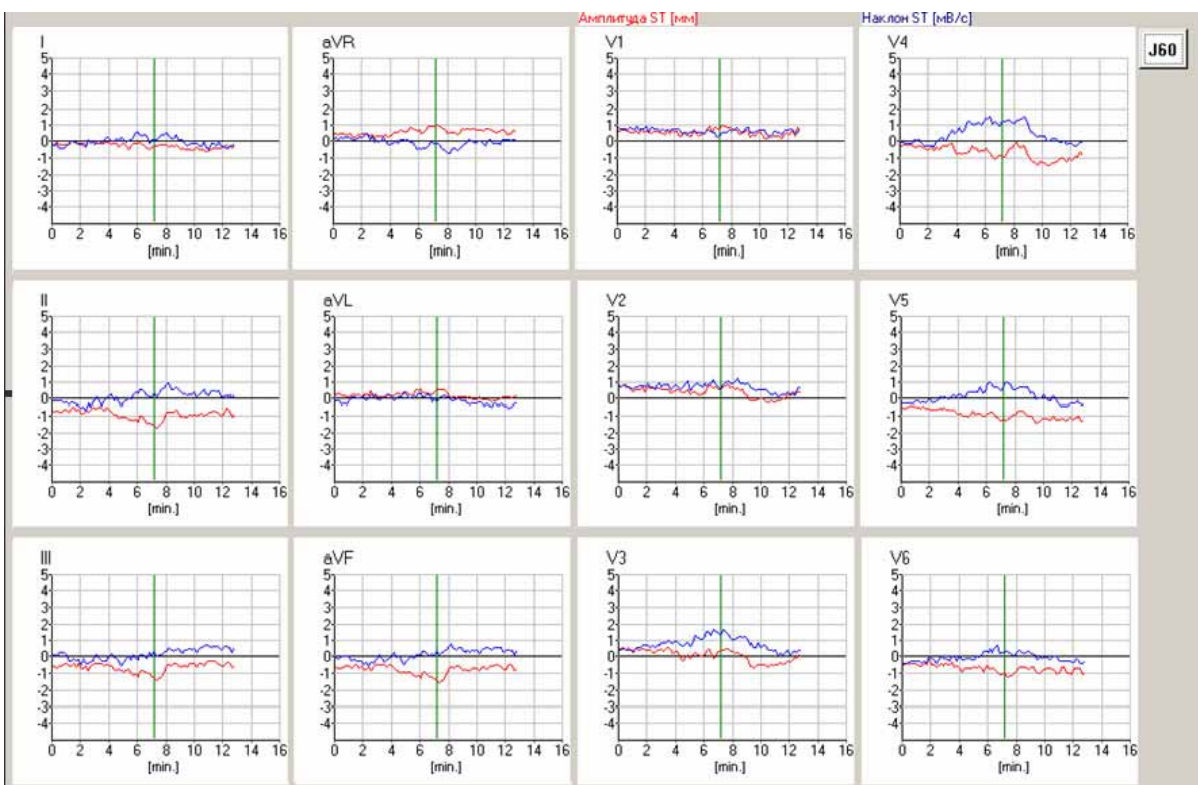
Д



Е

ST-Амплитуды														
	Время	Mets	ЧСС	I	II	III	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5
До	0:16	1.0	84	0.3	0.8	0.5	-0.5	-0.1	0.6	0.9	1.7	2.1	2.0	0.5
Нагр.1	3:00	4.6	110	-0.6	-0.9	-0.3	0.7	-0.1	-0.6	1.5	1.4	1.8	1.7	-0.5
Нагр.2	4:28	7.0	125	-0.6	-2.0	-1.4	1.3	0.4	-1.7	1.5	1.4	1.6	1.2	-1.3
STМакс	4:37	1.0	122	-1.0	-2.4	-1.4	1.7	0.2	-1.9	1.7	1.5	1.7	1.3	-1.2
Восст	0:51	1.0	100	-0.5	-1.3	-0.8	0.9	0.1	-1.1	1.4	1.9	2.1	1.7	-0.6
Восст	1:51	1.0	92	-0.6	-1.7	-1.1	1.2	0.3	-1.4	1.5	1.8	1.7	1.0	-0.9
Восст	2:51	1.0	85	-0.7	-1.6	-0.9	1.1	0.1	-1.2	1.6	1.4	1.4	0.8	-0.9
Восст	3:51	1.0	85	-0.4	-1.4	-1.0	0.9	0.3	-1.2	1.2	1.2	1.2	0.9	-0.8
Восст	4:51	1.0	88	-0.1	-0.7	-0.6	0.4	0.2	-0.7	1.1	1.4	1.6	1.2	-0.4
Восст	5:51	1.0	92	-0.8	-1.4	-0.6	1.1	-0.1	-1.0	1.4	1.3	1.4	1.1	-1.0

Ж



Полное восстановление ЭКГ у пациента отмечено к 15-й минуте восстановительного периода после двукратного использования спрея изоминта. При проведении КАГ выявлен 90% стеноз ствола левой коронарной артерии.

Приведенный выше пример позволяет четко квалифицировать пробу, как положительную. Однако на практике нередко приходится иметь дело с результатами теста, которые, несмотря на все многообразие возможностей программного обеспечения, не позволяют достоверно диагностировать ишемию миокарда. При этом существуют две принципиально различные ситуации: **слабоположительная и сомнительная пробы.**

Проба расценивается как слабоположительная в следующих ситуациях:

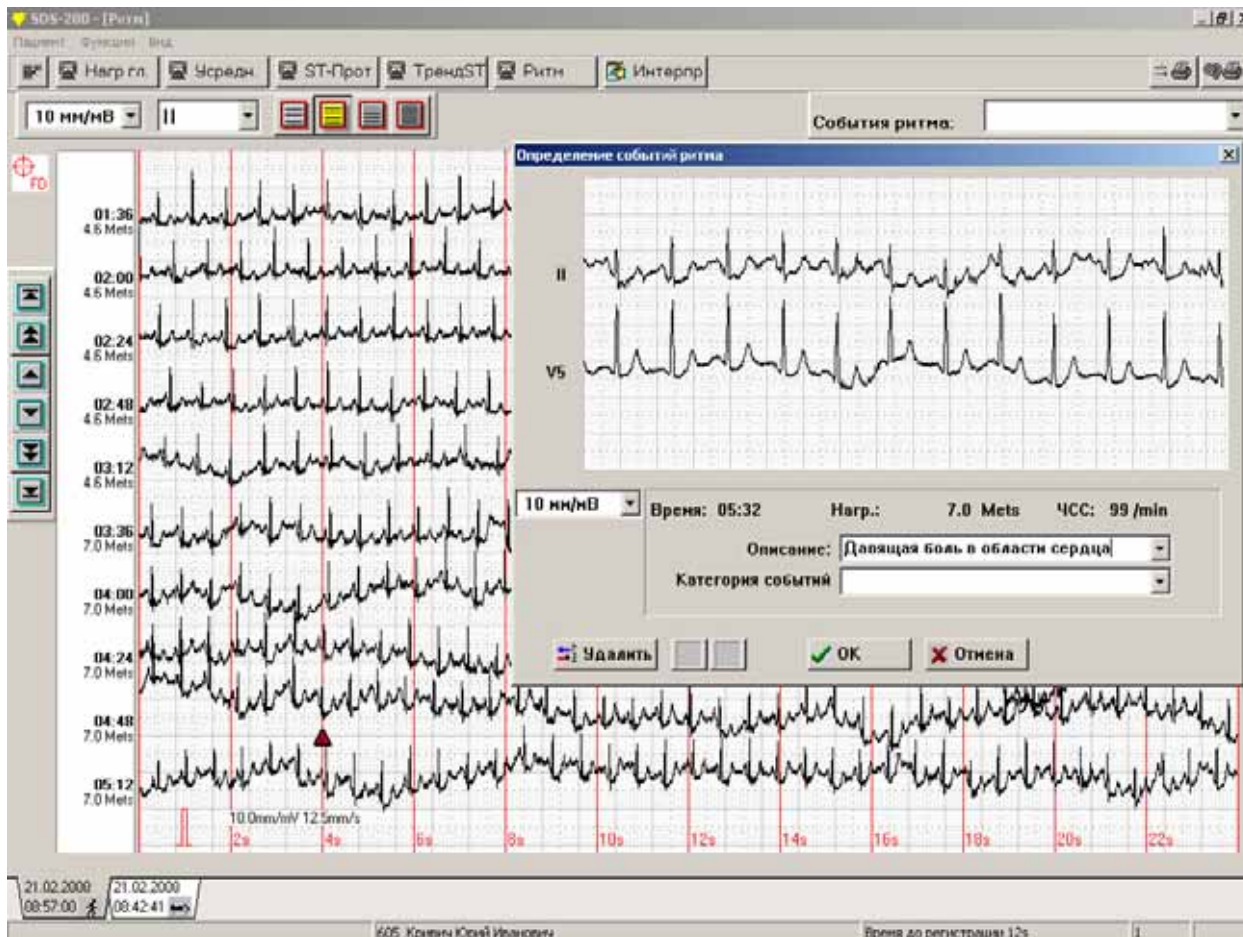
- устойчивая нарастающая горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST менее 1 мм в сочетании с типичным ангинозным приступом;
- устойчивая нарастающая горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST менее 1 мм в сочетании с дискомфортом в области сердца;
- неустойчивая и/или не нарастающая горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST менее 1 мм в сочетании с типичным ангинозным приступом.

Проба может расцениваться как сомнительная в следующих ситуациях:

- изолированная инверсия зубца Т в сочетании с типичным ангинозным приступом;
- неустойчивая не нарастающая горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST менее 1 мм без типичного ангинозного приступа;
- резкое падение АД на фоне нагрузочного теста в сочетании с развитием ангинозного приступа, но при отсутствии значимой динамики ЭКГ.

Нередко, несмотря на приведенные выше критерии слабоположительной и сомнительной проб, начинающий врач не может четко разделить эти ситуации. В любом случае, при наличии «нестандартного» результата теста имеет смысл вывести для распечатки как можно большее количество фрагментов в различных вариантах графического изображения программы.

Рис.4. Выведение спорного фрагмента ритма для распечатки.



Проба не информативна, если пациент не достиг целевой (субмаксимальной) частоты сердечных сокращений при отсутствии диагностически значимой динамики ЭКГ. При этом в различных изданиях в качестве субмаксимальной ЧСС рекомендуется ориентироваться на 75% или 85% от максимально допустимой для данного возраста ЧСС.

Во время нагрузочного периода в рабочем окне программы рядом с реально достигнутой ЧСС автоматически выводится пороговое значение, поэтому врачу ничего не нужно рассчитывать перед проведением тестирования.

В современных системах перед проведением нагрузочного теста врач может ввести вручную пороговое значение ЧСС или выбрать формулу, по которой оно будет рассчитываться, из предложенных программой.

Самым удобным для врача является выведение на экран как абсолютного значения ЧСС, так и процента достигнутой ЧСС от максимально допустимой. Разумеется, чем ближе выполненная нагрузка к максимально допустимой для данного возраста, тем выше чувствительность проведенного теста. Именно поэтому имеет смысл стремиться навязать пациенту как можно большую нагрузку, соответственно, в качестве субмаксимальной ЧСС рациональнее использовать 85% от максимально допустимой для данного возраста ЧСС. При этом о не информативном тесте можно говорить при достижении ЧСС менее 75% от максимально допустимой ЧСС. Максимально допустимая ЧСС может быть ориентировочно рассчитана по формуле «220 минус возраст».

Динамика ЭКГ в **восстановительном периоде** иногда имеет большее диагностическое значение, чем динамика во время нагрузочного этапа. Продолжительность восстановительного периода при отрицательном результате теста должна быть не менее 3 минут. При достижении критериев положительного или сомнительного теста продолжительность восстановительного периода должна быть не менее 5 минут, желательно – до полного восстановления исходных АД и ЧСС, а также возвращения сегмента ST к уровню перед тестом.

Имеются две типичные ситуации высокоспецифичной ишемической динамики сегмента ST в восстановительном периоде, характерные для стенозирующего поражения ствола левой коронарной артерии или тяжелого многососудистого поражения коронарного русла:

- длительное (более 4 минут) восстановление;
- отсроченная (на 3-й минуте) ишемия в восстановительном периоде без предшествующих изменений ЭКГ на фоне нагрузочной стадии (может сочетаться с выраженной артериальной гипотензией).

Оценка реакции АД на нагрузку

С учетом всех известных вариантов классификации, можно выделить следующие **типы реакции АД на нагрузку**:

- нормотонический;
- умеренно гипертонический;
- гипертонический;
- гипотонический;
- симпатико-астенический.

Допустимые диапазоны артериального давления по данным большинства исследователей (т.е. собственно **нормотонический** тип реакции на нагрузку) представлены в таблице 2.

Таблица 2. Нормотонический тип реакции на нагрузку.

Исходное АД, мм рт. ст.	Степень теста (протокол Bruce)	Диапазон АД (мм рт. ст.)
115/70-135/90	1	140/90-150/90
	2	150/90-160/90
	3	160/90-180/100
	4-7	не более 190/100

Тип реакции АД может быть расценен как **умеренно гипертонический**:

- при нормализации уровня АД позже 3 минут после прекращения нагрузки;
- при повышении АД до 190/100 мм рт.ст. ранее 4 ступени;
- при повышении АД максимально до 210/100 мм рт.ст.

Немного подробнее следует остановиться на **стартовом приросте АД**. У малотренированных пациентов и, наоборот, некоторых профессиональных спортсменов зачастую прирост систолического АД на 1-2 ступени теста достигает 50-60 мм рт.ст. (**высокий стартовый прирост АД**). Затем прирост значительно замедляется, и допустимый уровень АД 170/90-190/100 мм рт.ст. держится до окончания теста (динамика по типу «плато»). Такой тип АД обязательно должен быть описан в заключении, а реакция АД на нагрузку квалифицируется как умеренно гипертоническая.

У начинающих врачей, использующих приведенные выше диапазоны, не возникает вопросов, когда тестирование проводится по протоколу Bruce. Поэтому если для тестирования выбран более щадящий протокол, врачу придется самостоятельно решить, является ли динамика АД нормальной для данного пациента.

Мы говорим о **гипотоническом типе реакции на нагрузку** в том случае, если у пациента до проведения теста регистрировались пониженные значения АД, которые затем на фоне продолжительного полноценного тестирования были ниже должных значений. Чаще всего уровень АД у этих больных достигает 140/80-150/90 мм рт. ст. на высоте нагрузки по протоколу Bruce.

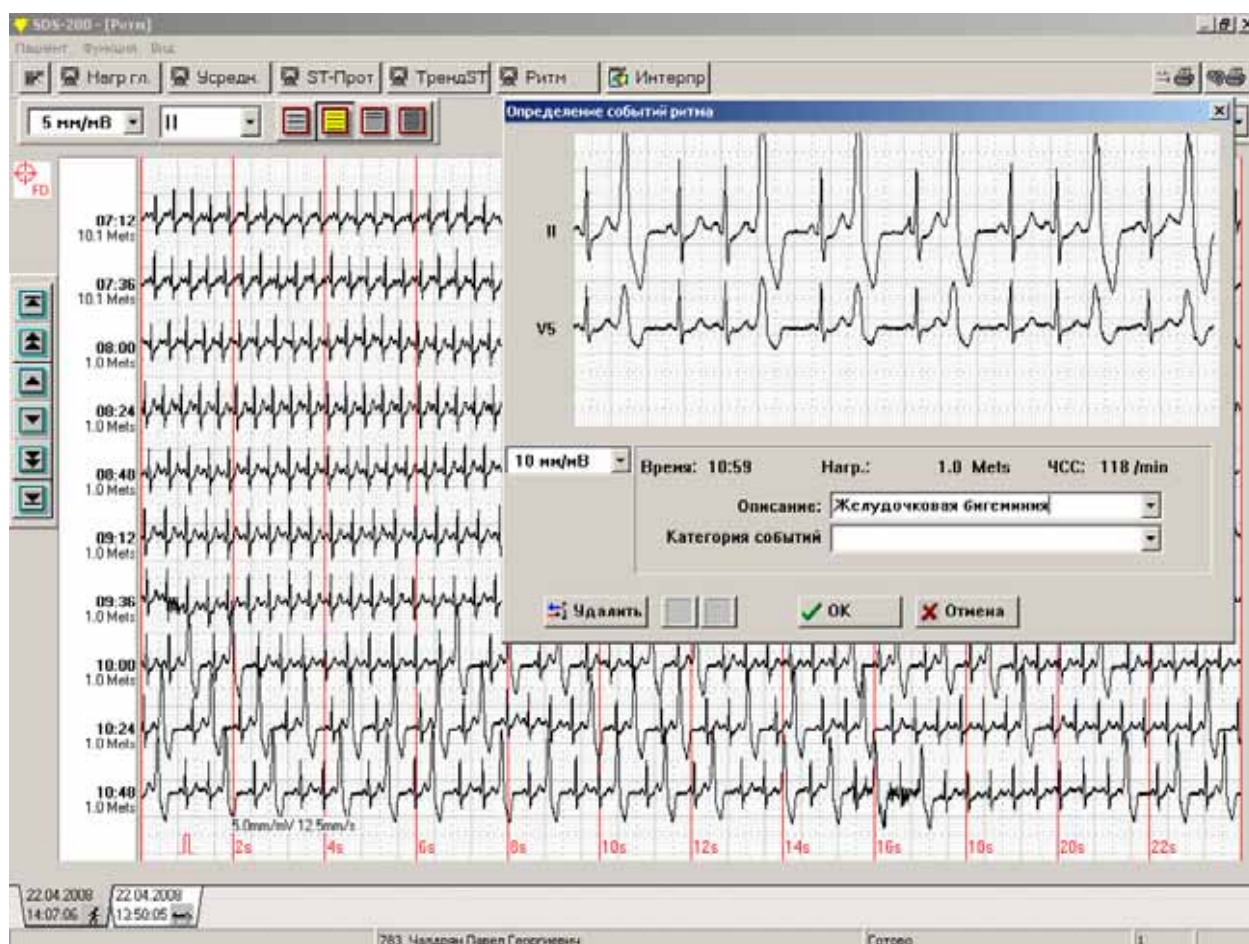
При **симпатико-астеническом типе реакции на нагрузку** характерен выраженный прирост АД на фоне теста с его внезапным падением на высоте нагрузки или на 1-й минуте восстановительного периода, нередко с развитием синкопального состояния. Такой тип реакции АД на нагрузку и сопровождающие его клинические симптомы обязательно должны быть описаны в заключении.

Наглядно динамика АД представлена в рабочем окне программы в виде одного из столбцов таблицы абсолютных значений, а также в виде диапазонов систолического и диастолического давления на общем графике (см. рисунок 1Б).

Индукция нарушений ритма и проводимости.

Связь нарушений ритма с физической активностью – один из важных вопросов практической кардиологии, поскольку в зависимости от наличия этой связи определяется вид антиаритмического препарата. При регистрации нарушений ритма и проводимости на фоне увеличения интенсивности нагрузочного режима принято говорить об индукции нарушений ритма и проводимости. Такую ситуацию обязательно следует отразить в заключении и обязательно распечатать несколько продолжительных фрагментов ЭКГ, где четко визуализируются начало и окончание этих изменений. В большинстве случаев программное обеспечение предоставляет возможность пользователю ввести комментарий к выбранному фрагменту регистрации (рисунок 5).

Рис.5. Индукция желудочковой бигеминии во время нагрузочного теста.



В заключении хотелось бы отметить один важный момент, о котором не стоит забывать после окончания теста. Если на большинство вопросов (толерантность, наличие ишемии, реакция на нагрузку и регистрация нарушений ритма) врач не может дать четкий ответ, стоит подумать о правильности подготовки пациента к нагрузочному тестированию. Так, например, проведение первичного нагрузочного теста на фоне терапии β -адреноблокаторами не позволяет достоверно оценить толерантность к физической нагрузке, тип реакции АД, наличие ишемии миокарда, а также выявить связь нарушений ритма с физической активностью. Такой тест может быть проведен только в порядке динамического наблюдения для оценки эффективности кардиотропной терапии.

Москва, 04.06.2009