

УДК 616.12 – 008:616.127

Методы ЭКГ высокого разрешения и вариабельности сердечного ритма в диагностике электрической нестабильности миокарда у больных с острым коронарным синдромом

Г.Г. Иванов, Х.Ю. Шехаде, А.В. Тюрин, Ф.Ю. Копылов

Отдел кардиологии НИЦ, Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова, кафедра госпитальной терапии Российский университет Дружбы народов, Москва, РФ

Резюме

Использование методов ЭКГ высокого разрешения ВСП имеет свою точку приложения и область использования, которые надо аргументировано показать на достаточном клиническом материале. При этом важно точно очертить оптимальную область применения, возможности и ограничения метода с учетом очевидной необходимости соблюдения принципов доказательной медицины.

Проведенные исследования показали, что параметры ЭКГ ВР и ВСП у больных ОКС имеют различные варианты изменений, которые коррелируют с тяжестью течения заболевания. Параметры ЭКГ ВР имеют два варианта изменений. При 1 варианте изменений (прогностически неблагоприятном) отмечено увеличение временных характеристик (FQRSd, LAS40) и уменьшение амплитудных характеристик (TotQRS, RMS40), при 2 — противоположная направленность. Динамика абсолютных значений ЭКГ ВР может быть использована в качестве самостоятельного диагностического признака наличия ИБС и ишемии миокарда.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, ОКС, ИБС, ЭКГ ВР, QRS комплекс, фрактальная размерность временного ряда (FrD).

Клин. информат. и Телемед.
2004. Т.1. №1. с.65—73

Введение

В настоящее время для выявления больных с высоким риском развития угрожающих жизни аритмий используются различные электрокардиографические методы: ЭКГ высокого разрешения (ЭКГ ВР), вариабельность сердечного ритма, холтеровского мониторирования. Динамика показателей данных методов достаточно хорошо изучена в остром, подостром и отдаленном периодах инфаркта миокарда [1, 2].

В меньшей степени изучены электрокардиографические маркеры внезапной сердечной смерти (ВСС) при ишемии миокарда [3]. В этой связи обращают на себя внимание данные о возможности использования оценки изменений длительности и амплитуды QRS комплекса при ишемии миокарда (стресс-тест, острый коронарный синдром (ОКС), хроническая ишемическая болезнь сердца) по данным ЭКГ ВР [4, 5, 6, 7, 8, 9] и вариабельности сердечного ритма [10]. В доступной нам литературе мы не встретили достаточно полных данных о динамике амплитудных и временных характеристик комплекса QRS и показателей ВСП у больных ОКС.

Целью настоящего исследования явилось изучение показателей ЭКГ ВР и ВСП у больных ОКС для оценки электрической нестабильности миокарда и тяжести течения заболевания.

Материал и методы

Обследовано 50 больных ОКС с безэлевации или депрессии сегмента ST. Из них 32 больных (1-я группа) без исхода в острый инфаркт миокарда и 18 — с формированием не Q-типа инфаркта миокарда (2-я группа). В 1 группе из 32 больных у 12 (36%) в анамнезе был перенесенный ранее инфаркт миокарда. Контрольная группа представлена 24 больными ИБС со стабильной стенокардией II ФК. Средний возраст больных с ОКС составил 59+/-9 лет, контрольной группы — 57+/-7 лет. Больные ОКС обследовались сразу при поступлении в интервал 3—9 часов от начала болевого эпизода, далее на 12—24 час и 5—7 сутки заболевания. Все больные получали стандартную терапию, включающую: гепарин, аспирин, нитраты, бета-блокаторы.

Для регистрации ЭКГ ВР использовали технические средства, разработанные ТОО «Медицинские компьютерные системы» (г. Зеленоград) «KARDi» и пакет прикладных программ. Регистрировали ЭКГ сигналы трех биполярных ортогональных X, Y, Z отведений. Усреднению подвергались комплексы с коэффициентом корреляции 0.98—0.99. Интерпретируемыми считали данные при уровне

шума менее 0,5 мкВ. Исследуемыми параметрами временного анализа являлись:

1) продолжительность нефигурованного комплекса QRS (QRSd),

2) продолжительность фильтрованного комплекса QRS—FQRSd,

3) продолжительность низкоамплитудных сигналов (< 40 мкВ) в конце фильтрованного комплекса QRS—LAS40,

4) общая спектральная плотность комплекса QRS—TotQRS,

5) среднеквадратичная амплитуда последних 40 мс фильтрованного комплекса QRS—RMS40. ППЖ констатировали при наличии, по крайней мере, 2-х из 3-х патологических показателей временного анализа ЭКГ ВР: FQRSd > 120 мс, LAS40 > 38 мс, RMS40 < 20 мкВ. При анализе показателей QRS исключили 4 больных с нарушением внутрисердечной проводимости (в исследование включено 46 человек).

При анализе зубца Р определяли показатели: продолжительность нефигурованного (Pd) и фильтрованного зубца Р (FiP), разницу между ними (FiP—UnFiP), продолжительность сигналов ниже 5 мкВ (Under 5 мкВ), среднеквадратичную амплитуду всей волны Р (TotP) и среднеквадратичную амплитуду последних 20 мс (RMS20). Количественным критерием ППП считали продолжительность фильтрованной волны Р (FiP) более 125 мс. В анализ показателей ЭКГ ВР зубца Р включено 50 человек.

Анализ вариабельности сердечного ритма проводили по записям продолжительностью 5 мин. Исследование начиналось после 10- и минутного отдыха в горизонтальном положении. В процессе анализа ЭКГ изучалась частота и характер ритма, вычислялись показатели вариабельности сердечного ритма (BCP). Регистрировались следующие показатели ритма сердца: RR max — максимальное значение интервала R—R; RR min — минимальное значение интервала R—R; RR — среднее значение интервала R—R; Mo — наиболее частое значение интервала R—R; AMo — амплитуда моды, количество интервалов R—R с длительностью Mo. СКО — среднеквадратичное отклонение интервала R—R (s), ИН — индекс напряжения регуляторных систем (ИН = AMo / 2 x Mo x (R max - R min)). Для определения фрактальной размерности использовался дисперсионный метод [11].

Обработка данных проводилась с помощью пакета статистических программ «Statgraph». Результаты исследования представлены как средние арифметические значения ± стандартные отклонения. Для оценки значимости различий между данными исследования в разных группах больных использован t-критерий Стьюдента. Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Динамика изменений абсолютных значений анализируемых показателей комплекса QRS по данным ЭКГ ВР у больных ОКС приведена в табл. 1. Как следует из полученных данных, в представ-

ленной выборке больных имеет место характерное увеличение абсолютных значений длительности фильтрованного сигнала QRS комплекса (в 73%) к 12—24 часу наблюдения. Из 36 больных у 29 (81%) к 5—7 суткам отмечено уменьшение длительности FQRS. Увеличение амплитудных значений спектра (в 55% случаев) к 12—24 часу ОКС не всегда совпадало с изменением длительности FQRS, как и других анализируемых показателей (табл. 1).

Табл. 1. Направленность изменений анализируемых показателей комплекса QRS у обследованных больных ОКС.

Показатель	Время обследования					
	12-24 час			5-7 сутки		
	направленность изменений значений (+/-)					
	абс. к-во	%	абс. к-во	%	абс. к-во	%
FQRS, мс	(+)	36 (73%)	(+)	7 (19%)	(-)	29 (81%)
	(-)	10 (27%)	(+)	10 (100%)	(-)	0
LAS40, мс	(+)	20 (55%)	(+)	5 (25%)	(-)	10 (75%)
	(-)	16 (45%)	(+)	10 (60%)	(-)	6 (40%)
TotQRS, мкВ	(+)	25 (55%)	(+)	4 (17%)	(-)	21 (83%)
	(-)	21 (45%)	(+)	6 (30%)	(-)	15 (70%)
RMS40, мкВ	(+)	17 (36%)	(+)	8 (50%)	(-)	9 (50%)
	(-)	29 (64%)	(+)	14 (47%)	(-)	15 (57%)

Табл. 2. Направленность изменений анализируемых показателей зубца Р у обследованных больных ОКС.

Показатель	Время обследования					
	12-24 час			5-7 сутки		
	направленность изменений значений (+/-)					
	абс. к-во	%	абс. к-во	%	абс. к-во	%
UnFiP, мс	(+)	16 (32%)	(+)	7 (43%)	(-)	9 (57%)
	(-)	34 (68%)	(+)	11 (33%)	(-)	23 (77%)
FiP, мс	(+)	18 (36%)	(+)	0	(-)	17 (100%)
	(-)	32 (64%)	(+)	14 (43%)	(-)	18 (57%)
TotP, мкВ	(+)	22 (45%)	(+)	13 (60%)	(-)	9 (40%)
	(-)	28 (55%)	(+)	26 (92%)	(-)	2 (8%)
RMS20, мкВ	(+)	30 (60%)	(+)	9 (30%)	(-)	21 (70%)
	(-)	20 (40%)	(+)	16 (78%)	(-)	4 (22%)

Динамика изменений абсолютных значений анализируемых показателей Р зубца ЭКГ ВР у больных ОКС показана в табл. 2. Согласно представленным данным, у 31 больного (68%) абсолютные значения показателей UnFiP и FiP умень-

шались к 12–24 часу. К 5–7 суткам отмечено дальнейшее снижение абсолютных значений UnFiP у 21 больного и FiP – у 17 больных. Амплитудные значения (TotP) увеличивались у большей части больных к 5–7 суткам наблюдения.

С учетом полученных нами данных о наличии различных вариантов динамики изменений длительности комплекса QRS и зубца Р у больных ОКС (представленных в табл. 1 и 2), мы проанализировали все показатели при этих

Табл. 3. Изменения анализируемых показателей QRS комплекса в выделенных группах больных ОКС.

Показатель	Группа	Этап обследования					
		1-й Исход	2-й 12-24 час	3-й 5-7 сутки	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
FQRSd, мс	1а	100,6+/-2,0	98,0+/-2,2	95,0+/-1,8	нд	<0,05	нд
	1б	101,3+/-2,1	105,1+/-2,0*	98,9+/-1,8	нд	нд	<0,05
	1в	95,8+/-1,7	97,1+/-1,9**	101,2+/-2,0**	нд	<0,05	нд
	2	92,0+/-2,1^^^	96,2+/-2,0^^	94,0+/-2,4^^^	нд	нд	нд
LAS40, мс	1а	40,7+/-2,2	36,1+/-3,3	37,1+/-3,5	нд	нд	нд
	1б	43,1+/-2,5	43,2+/-3,0	42,1+/-3,1	нд	нд	нд
	1в	42,4+/-2,1	39,6+/-3,5	40,9+/-3,6	нд	нд	нд
	2	36,0+/-2,0^^,^^^	36,2+/-3,0^^	38,6+/-2,7	нд	нд	нд
TotQRS, мкВ	1а	74,2+/-3,0	60,8+/-3,2	60,0+/-3,4	<0,02	<0,05	нд
	1б	72,0+/-3,0	80,0+/-3,4*	62,0+/-3,1	<0,05	<0,02	нд
	1в	78,8+/-2,8	79,6+/-2,8**	87,6+/-3,0 **,***	нд	<0,05	нд
	2	88,2+/-3,5^,^^,^^-	70,1+/-4,0^,^^,^^^	65,4+/-3,1	<0,01	<0,001	нд
RMS40, МкВ	1а	28,6+/-2,9	36,2+/-2,7	32,0+/-3,0	<0,05	нд	нд
	1б	38,6+/-3,3*	36,6+/-3,9	35,8+/-2,9	нд	нд	нд
	1в	48,2+/-4,0**,***	45,8+/-4,1	53,6+/-4,3**,***	нд	нд	нд
	2	49,6+/-4,5^,^^	41,6+/-4,0	33,3+/-3,6^^^	нд	<0,01	нд
ППЖ	1а	3 (60%)	3 (60%)	1 (20%)	(n = 5)		
	1б	4 (44%)	4 (44%)	3 (33%)	(n = 9)		
	1в	4(29%)	2 (14%)	2 (14%)	(n =14)		
	2	2 (11%)	2 (18%)	3 (27%)	(n =18)		
Итого		13 (28%)	11 (24%)	9 (20%)	(n = 46)		

Примечание:

- * – достоверность различий между группами 1а и 1б;
- ** – то же между группами 1а и 1в;
- *** – то же между группами 1б и 1в;
- ^ – то же между группами 1а и 2 ;
- ^^ – то же между группами 1б и 2;
- ^^^ – то же между группами 1в и 2

Табл. 4. Изменения анализируемых показателей зубца Р в выделенных группах больных ОКС.

Показатель	Группа	Этап обследования					
		1-й Исход	2-й 12-24 час	3-й 5-7 сутки	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
P-Q, мс	1а	213,7+/-5,3	202,2+/-4,7	195,9+/-4,9	нд	<0,05	нд
	1б	182,2+/- 4,4*	156,5+/-4,0*	179,8+/-3,9	нд	нд	<0,01
	1в	162,3+/- 3,0**,***	163,4+/-4,0**,***	161,7+/-3,7**,***	нд	нд	нд
	2	182,5+/-3,3 ^	176,0+/-3,5: ^,^^	182,3+/-4,0^^^	нд	нд	нд
UnFIP, мс	1а	128,8+/-3,9	118,0+/-3,3	118,3+/-4,0	<0,05	<0,05	нд
	1б	124,2+/-3,7	115,7+/-3,6	122,1+/-3,8	нд	нд	нд
	1в	110,7+/-3,9***	114,3+/-3,9	115,1+/-3,7	нд	нд	нд
	2	123,3+/-4,0^^^	119,7+/-4,4	123,0+/-4,4	нд	нд	нд
FiP, мс	1а	129,9+/-2,0	126,7+/-2,2	124,5+/-1,8	нд	нд	нд
	1б	134,4+/-3,1	119,0+/-2,0	125,0+/-1,8	<0,02	нд	нд
	1в	113,8+/-1,7**,***	123,3+/-1,9	121,6+/-2,0	<0,05	<0,05	нд
	2	126,8+/-2,7^^^	124,5+/-3,4	126,6+/-3,5	нд	нд	нд
TotP, мкВ	1а	3,6+/-0,5	3,8+/-0,4	4,6+/-0,4	нд	нд	нд
	1б	4,8+/-0,4 *	5,8+/-0,4 *	6,1+/-0,6*	нд	<0,02	нд
	1в	4,6+/-0,4	4,8+/-0,6	4,8+/-0,5***	нд	нд	нд
	2	6,6+/-1,0^,^^	5,0+/-0,8^	6,4+/-0,9^,^^^	нд	нд	нд
RMS20, мкВ	1а	2,0+/-0,3	2,6+/-0,4	3,4+/-0,5	нд	<0,02	нд
	1б	2,6+/-0,4	3,5+/-0,4	2,8+/-0,5	<0,05	нд	нд
	1в	2,7+/-0,5	2,9+/-0,3	2,9+/-0,6	нд	нд	нд
	2	5,0+/-0,6^,^^,^^^	5,8+/-0,7^,^^,^^^	4,4+/-0,7^^	нд	нд	нд
ППП	1а	5 (42%)	4 (33%)	3 (25%)	(n = 12)		
	1б	6 (50%)	1 (8%)	1 (8%)	(n = 9)		
	1в	0	3 (27%)	2 (18%)	(n = 11)		
	2	5 (45%)	2 (18%)	3 (27%)	(n = 18)		
Итого		16 (33%)	10 (22%)	9 (20%)	(n = 50)		

Примечание:

- * — достоверность различий между группами 1а и 1б;
- ** — то же между группами 1а и 1в;
- *** — то же между группами 1б и 1в;
- ^ — то же между группами 1а и 2;
- ^^ — то же между группами 1б и 2;
- ^^^ — то же между группами 1в и 2

выделенных вариантах динамики изменений у больных ОКС (без исхода в острый инфаркт миокарда – ОИМ). Из них подгруппу 1а составили 5 больных (18%), у которых на 2 и 3 этапах обследования значения FQRS прогрессивно снижались, в подгруппе 1б (n=9, 28%) – на 2 этапе – увеличивались и на 3 – снижались, в подгруппе 1в (n=14, 50%) – увеличивались на 2 и 3 этапах. Инфаркт миокарда в анамнезе был в подгруппе 1б у 5 больных (55%) из 9 и у 3 (60%) из 5 в подгруппе 1а.

Также проведено разделение показателей ЭКГ ВР зубца Р на подгруппы:

1а (у 32% больных) – снижение значений FiP на 2 и 3 этапе, 1б – снижение на 2 и повышение на 3 этапе (29% больных) и 1в – повышение на 2 и снижение на 3 этапах (33% больных). Полученные данные динамики средних значений в выделенных подгруппах представлены в таблице 3 и 4.

Наибольшая частота ППЖ отмечена в подгруппах 1а и 1в на 1 и 2 этапах наблюдения, т.е. в первые сутки заболевания (60% и 44% соответственно). Во 2 группе отмечено увеличение частоты ППЖ с 11% на 1 этапе до 27% на 3 этапе. При сравнении исходных данных вид-

но, что наименьшие значения параметра FQRS и наибольшие TotQRS выявлено во 2 группе. Важно отметить, что достоверных изменений показателей LAS40 в динамике при ОКС во всех подгруппах и на этапах не выявлено. Амплитудные параметры комплекса QRS (TotQRS и RMS40) в подгруппах 1а, 1б и 1в изменялись однонаправленно с параметрами длительности QRS (FQRS), в то время, как в группе с исходом в инфаркт миокарда отмечено снижение амплитудных значений QRS на 3 этапе обследования без достоверных изменений длительности фильтрованного сигнала.

Табл. 5. Показатели VCP и FdR в выделенных группах больных ОКС на этапах обследования (M+/-m).

Показатель	Группа	Этап обследования					
		1-й Исход	2-й 12-24 час	3-й 5-7 сутки	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
P-Q, мс	1а	213,7+/-5,3	202,2+/-4,7	195,9+/-4,9	нд	<0,05	нд
	1б	182,2+/- 4,4*	156,5+/-4,0*	179,8+/-3,9	нд	нд	<0,01
	1в	162,3+/- 3,0**,***	163,4+/-4,0**,***	161,7+/-3,7**,***	нд	нд	нд
	2	182,5+/-3,3 ^	176,0+/-3,5: ^,^^	182,3+/-4,0^^^	нд	нд	нд
UnFiP, мс	1а	128,8+/-3,9	118,0+/-3,3	118,3+/-4,0	<0,05	<0,05	нд
	1б	124,2+/-3,7	115,7+/-3,6	122,1+/-3,8	нд	нд	нд
	1в	110,7+/-3,9***	114,3+/-3,9	115,1+/-3,7	нд	нд	нд
	2	123,3+/-4,0^^^	119,7+/-4,4	123,0+/-4,4	нд	нд	нд
FiP, мс	1а	129,9+/-2,0	126,7+/-2,2	124,5+/-1,8	нд	нд	нд
	1б	134,4+/-3,1	119,0+/-2,0	125,0+/-1,8	<0,02	нд	нд
	1в	113,8+/-1,7**,***	123,3+/-1,9	121,6+/-2,0	<0,05	<0,05	нд
	2	126,8+/-2,7^^^	124,5+/-3,4	126,6+/-3,5	нд	нд	нд
TotP, мкВ	1а	3,6+/-0,5	3,8+/-0,4	4,6+/-0,4	нд	нд	нд
	1б	4,8+/-0,4 *	5,8+/-0,4 *	6,1+/-0,6*	нд	<0,02	нд
	1в	4,6+/-0,4	4,8+/-0,6	4,8+/-0,5***	нд	нд	нд
	2	6,6+/-1,0^,^^	5,0+/-0,8^	6,4+/-0,9^,^^^	нд	нд	нд
RMS20, мкВ	1а	2,0+/-0,3	2,6+/-0,4	3,4+/-0,5	нд	<0,02	нд
	1б	2,6+/-0,4	3,5+/-0,4	2,8+/-0,5	<0,05	нд	нд
	1в	2,7+/-0,5	2,9+/-0,3	2,9+/-0,6	нд	нд	нд
	2	5,0+/-0,6^,^^,^^^	5,8+/-0,7^,^^,^^^	4,4+/-0,7^^	нд	нд	нд
ППП	1а	5 (42%)	4 (33%)	3 (25%)	(n = 12)		
	1б	6 (50%)	1 (8%)	1 (8%)	(n = 9)		
	1в	0	3 (27%)	2 (18%)	(n = 11)		
	2	5 (45%)	2 (18%)	3 (27%)	(n = 18)		
Итого		16 (33%)	10 (22%)	9 (20%)	(n = 50)		

Примечание:

- * – достоверность различий между группами 1а и 1б;
- ** – то же между группами 1а и 1в;
- *** – то же между группами 1б и 1в;
- ^ – то же между группами 1а и 2 ;
- ^^ – то же между группами 1б и 2;
- ^^^ – то же между группами 1в и 2

Так, в подгруппе 1а значения TotQRS снизились к 5–7 суткам по сравнению с исходом на 19 %, а FQRS уменьшились на 5%. В подгруппе 1в увеличение TotQRS к 5–7 суткам на 12% и увеличение на 6% значений FQRS.

В исходе максимальная длительность фильтрованного Р зубца выявлена в подгруппах 1а и 1б, в которых частота ППП составила 42% и 50% соответственно, а на 2 и 3 этапах их частота снижалась. Сходная динамика выявлена и в группе с инфарктом миокарда. Амплитудные значения спектральной мощности зубца Р (TotP) и показателя EMS20 в подгруппах 1а, 1б к 3 этапу увеличивались или имели тенденцию к увеличению (комплекса QRS — снижались).

Анализ динамики некоторых показателей ВСР и значений FdR представлен в табл. 5. Как видно из приведенных данных, динамика отношения LF/HF однонаправлена в выделенных подгруппах больных: 1а и 1б — увеличение на 2 этапе обследования и снижение на 3 этапе. В группе с ИМ наибольшее увеличение также отмечено на 2 этапе. Значения ИН в группах 1а и 2 снижались на 2 и 3 этапах обследования, а наиболее низкие показатели SDNN были выявлены в группе 1а на 1 и гр. 2 на 3 этапах. Значения FdR достоверно снижались к концу 1 суток наблюдения в гр. 1а и имели тенденцию к снижению в гр. 1б и 1в.

Обсуждение

До конца не решенными аспектами проблемы наличия ишемических изменений по данным стандартной ЭКГ и ЭКГ ВР остается целый ряд вопросов, которые требуют своего решения. Среди них в первую очередь необходимо отметить:

1) отсутствие обязательной прямой взаимосвязи клинических и электрокардиографических признаков (зависит от локализации коронарного стеноза и его выраженности);

2) влияние изменения амплитудных характеристик QRS комплекса на диагностику смещения сегмента ST при наличии ишемических изменений (необходимость использования амплитуды и длительности QRS при констатации ишемии миокарда);

3) влияние физической нагрузки на параметры ЭКГ высокого разрешения и связь возникновения ППЖ с ост-

рой ишемией миокарда и аритмиями, возникающими во время нагрузочного теста и при холтеровском мониторинге;

4) проблема взаимосвязи ишемических и аритмических событий, выявляемых методами холтеровского мониторинга и стресс-теста, при остром коронарном синдроме.

В последние годы продолжают активные исследования по использованию амплитудных и временных характеристик QRS комплекса. По данным Pidul R. et al. [12], которые обследовали 1100 больных на 7, 30 день инфаркта миокарда и через 1 год, при длительности QRS >110 мс (78 больных, 7%), летальность на 7 день составила 0,6%, на 30 — 1% и через год 3%, при длительности 90–110 мс (496 больных, 45%) — 6%, 6% и 11% соответственно, при длительности < 90 мс (536 больных, 48%) — 18%, 22% и 26% соответственно.

Tahara N. et al. [4] показали значение использования метода ЭКГ ВР (длительности QRS) для распознавания ишемии при ложноположительных результатах стресс-теста. Сходные данные по нарастанию длительности QRS у больных ИБС при ишемии при стресс-тесте представлены Takeda Y. et al. [5] и Tsunoda S. et al. [6] у больных гипертрофией левого желудочка. Нарастание длительности QRS предложено использовать для диагностики рестеноза коронарных артерий после ангиопластики [7, 13]. Улучшение показателей ЭКГ ВР после реваскуляризации было наиболее выражено в группе больных с достаточно высокой фракцией выброса (> 59%).

По данным Ikeda K. et al. [14], нарушение желудочковой проводимости играет важную роль в увеличении амплитуды R после нагрузки у больных ИБС. Из 43 больных со стенокардией напряжения с ангиографически подтвержденным стенозированием хотя бы одной из главных коронарных артерий (на 70%), при записи 87 однополюсных отведений до и после нагрузочной пробы, только у 13 (14%) выявлено **увеличение амплитуды R (на 0,71 мВ), а также увеличение длительности от начала Q до вершины R**. В остальных случаях (без увеличения длительности достижения зубца R) нарастание амплитуды составило 0,33 мВ. По данным других исследователей [15], оценка изменений величины пространственного вектора максимального (ПВМ) QRS комплекса при нагрузочной пробе (НП) показала, что у 8 из 9 **здоровых лиц его величина увеличилась** от 0,1 до 0,6 мВ и **уменьшилась или осталась неизменной у 18 из 20 больных ИБС**. Авторы считают, что величина ПВМ зависит от массы функционирующего миокарда

и его сократимости. Нагрузочная проба повышает сократимость у здоровых лиц и увеличивает величину вектора R. У больных с ИБС часть миокарда не функционирует и при НП величина вектора R может уменьшаться.

При анализе изменений оси QRS комплекса у 101 больного с ИБС после проведения нагрузочного теста показано, что **сдвиг оси (СО)** на 15 градусов и более, в качестве показателя ИБС, имел чувствительность 18%, а ишемическая депрессия (ИД) ST — 61%. Специфичность СО составила 98%, ИД — 77%. 18% больных с ложноотрицательной ИД имели СО. Ни один из 57 здоровых с ложноположительной ИД не имел СО. Чувствительность ИД и СО не изменились при увеличении количества пораженных сосудов. Специфичность СО влево, при повреждении левой передней нисходящей артерии, была 98%, а СО вправо, при повреждении правой коронарной артерии и/или левой огибающей артерии, была 91%. Таким образом, хотя СО не более чувствителен при определении ИБС, чем ИД, но позволяет определять локализацию коронарного стеноза [16]. Кроме того, Glazier J. et al. [17] было показано значение изменений амплитуды зубца S во время ишемической депрессии сегмента ST при физической нагрузке у больных стабильной стенокардией. Авторы считают, что повышение амплитуды зубца S почти неизменно сочетается с субэндокардиальной ишемией, иногда при отсутствии изменений сегмента ST и может рассматриваться как чувствительный, но мало специфичный добавочный ЭКГ признак ишемии миокарда.

По данным Barnhill J. et al. [18], **увеличение длительности QRS и увеличение вольтажа в течение конечных 40 мс** выявлено при компьютерном анализе комплекса QRS при временной ишемии миокарда у больных с вариантной стенокардией. Увеличение вольтажа по направлению вектора указывало на зону ишемии. В тоже время, по данным Turitto G. et al. [19], при анализе у 13 больных с эпизодами спонтанной ишемии миокарда не выявлено достоверных различий с исходными данными по длительности QRS и наличию поздних потенциалов желудочков.

При обследовании 153 больных с ИБС в 170 наблюдениях выявлен спазм коронарных артерий. Из них в 58 случаях он сопровождался подъемом сегмента ST при полном закрытии одной из коронарных артерий, в 54 — снижением сегмента ST. При стенозе одной коронарной артерии 58 эпизодов спазма не более, чем на 50% не сопровождалось изменениями ST сегмента. Во всех случаях смещение сегмента ST предшествовало *повы-*

шение конечного диастолического давления (КДД) и снижение dP/dt . Во время спазма левой коронарной артерии КДД было достоверно выше и чаще возникало подъем ST сегмента, чем во время спазма правой коронарной артерии. Считают, что нарушения сократительной функции левого желудочка предшествуют ЭКГ изменениям во время спазма коронарной артерии [20].

Berntsen R.F. et al. [21] проведен анализ значения удлинения QRS комплекса как индикатора риска желудочковых тахикардий и фибрилляций желудочков, возникающих при ишемии, индуцированной физической нагрузкой. Сравнительный анализ проведен до и после операции реваскуляризации в группах с аритмиями и без них. Достоверное удлинение QRS комплекса по сравнению с покоем было выявлено в обеих группах. Однако, в группе с аритмиями оно составило $11+/-3$ мс, контрольной группе — $4+/-2$ мс. Удлинение QRS комплекса свыше 15 мс при ишемически зависимых аритмиях при стресс-тесте выявлены у 73% больных. В обеих группах удлинение QRS ассоциировалось с значительной депрессией ST сегмента, но было более выражено в группе с аритмиями.

Результаты оценки изменений длительности QRS при стресс-тесте приводят Alison M. et al. [22]. У здоровых лиц при стресс-тесте — укорачивался на $4+/-2$ мс, у больных ИБС с нормальными размерами левого желудочка — удлинялся на $9+/-3$ мс, у больных с дилатацией и $QRS \leq 120$ мс — удлинялся на $5+/-1$ мс, при дилатации и $QRS > 120$ мс — уширение составило $2+/-8$ мс. По данным Beuregard L. et al. [23], при анализе ЭКГ ВР укорочение длительности фильтрованного QRS было характерно для здоровых лиц, как и нарастание значений RMS, а у больных ИБС — параметры изменялись незначительно. Удлинение фильтрованного сигнала было максимальным после стресс-теста у больных с аритмиями и после реваскуляризации достоверно не изменялось.

В настоящее время снижение показателей ВСР у больных в остром периоде ИМ считается предиктором смерти и аритмических осложнений [24, 25]. При нестабильной стенокардии данные противоречивы [26]. Регистрация показателей ВСР в течение суток после болевого синдрома у больных с нестабильной стенокардией выявляла снижение показателей SDNN, RMSDD, pNN — 50%, повышение значений отношения LF/HF [27].

Анализ работ последних лет по различным аспектам изучения variability сердечного ритма (ВСР) в норме и при различных заболеваниях показы-

вает, что помимо классических методов анализа во временной и частотной области, существует устойчивая тенденция и все больший интерес к изучению variability сердечного ритма с позиций нелинейного анализа. Многообразные влияния на ВСР, включая нейрогуморальные механизмы высших вегетативных центров, обуславливают нелинейный характер изменений сердечного ритма, для описания которого требуется использование специальных методов. Для описания нелинейных свойств variability применялись: сечение Пуанкаре, кластерный спектральный анализ, графики аттрактора, сингулярное разложение, экспонента Ляпунова, энтропия Холмогорова и др. Все эти методы в настоящее время представляют преимущественно-исследовательский интерес и их практическое применение до конца не ясно и, как следствие, ограничено.

Вместе с тем, появляется все больше доказательств обоснованности применения методов нелинейной динамики как при моделировании работы сердечно-сосудистой системы, так и для диагностики [28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35].

Это обстоятельство обусловлено, отчасти, наличием обширного фактического материала, доказывающего с одной стороны обоснованность стандартов на обработку сердечного ритма, принятых рабочей группой Европейского общества кардиологии и Североамериканского общества кардиостимуляции и электрофизиологии в 1994 году, а с другой, — очевидными проблемами при клинической интерпретации получаемых результатов. Обычно при оценке variability или сложности сердечного ритма применяется параметрическая статистика и спектральный анализ. Установлено, что до 85% в спектре мощности кардиоинтервалограммы составляют неперiodические хаотические компоненты, имеющие фрактальную природу. Поэтому в последнее время исследуются характеристики фрактальности сердечного ритма как возможного индикатора поведения независимых нелинейных осцилляторов, принимающих участие в формировании сердечного ритма.

Как известно, ВСР отражает сложную многоуровневую и многоконтурную систему регуляции сердечного ритма, при этом частота сердечных сокращений является интегральным параметром с медленными отклонениями вокруг своих средних значений ввиду непрерывной подстройки к текущему состоянию гомеостаза. На ритм сердца оказывают влияние центральная и вегетативная нервная система, дыхательные колеба-

ния, газовый состав крови и др. **Все эти влияния относятся к стационарным**, так как хотя и имеют колебания вокруг некоторых средних значений, оказывают непрерывное влияние на ритмическую деятельность. Их можно выделить в виде циклических колебаний RR интервалов.

Кроме того, на деятельность сердца оказывают влияние и преходящие факторы или их совокупность, возникающая при ряде ситуаций. Живой организм представляет собой сложную систему с множеством постоянно меняющихся переменных внутренних факторов и внешних воздействий, на которые они реагируют. Это обуславливает *постоянное присутствие* переходных (адаптационных) нестационарных процессов. Их характеристики имеют точку отсчета и параметры зависят от начала отсчета. Поэтому, в принципе, понятно, что регистрация ЭКГ-сигнала в любой произвольный момент времени позволяет оценить **только показатели ВСР в данный временной отрезок**, но не охарактеризовать всю имеющуюся совокупность признаков при использовании временного и частотного анализа. В организме непрерывно протекают переходные процессы с различной постоянной времени. Этот нелинейный компонент может быть охарактеризован фрактальной размерностью временного ряда (FrD), которая, в определенном смысле, отражает сложность представленной группы данных и признаков (переходных процессов).

Анализ с этих позиций может быть особенно важен у больных с ОКС, когда состояние непрерывно меняется, проводится интенсивная терапия. *Данное направление исследований, как нам представляется, имеет вполне определенное и значимое клиническое значение, когда мы говорим о необходимости мониторингового наблюдения, когда априорно присутствует большое число переходных процессов и необходимо оценить динамику изменений общерегуляторных процессов.*

По данным литературы, изменение степени детерминированного хаоса в структуре ритма сердца связывается с повышенным риском внезапной сердечной смерти. Уменьшение значений FrD наблюдалось во время критических состояний у больных с выраженной сердечной недостаточностью, причем снижение сложности процесса изменения сердечного ритма коррелировало с нарастанием декомпенсации. У больных с сахарным диабетом отмечено достоверное снижение значений FrD по сравнению со здоровыми людьми и положительная корреляция снижения значений и степени вегетативной дисфункции.

Очевидно, данный показатель имеет свои определенные границы нормальных значений, в пределах которых имеются индивидуальные колебания, в том числе изменения в ответ на возмущающие воздействия. Вероятно, нет четко очерченного диапазона «нормальных» и «патологических» значений, наверно, большая выборка как больных, так и количества условно здоровых пациентов, позволит разграничить данные значения.

В целом, в настоящее время в литературе достаточно узко представлены клинические исследования с аргументированной и репрезентативной выборкой, хотя, например, по мнению Gerutti S., несмотря на большую методологическую и вычислительную сложность в исследованиях, очень полезно сравнивать результаты, получаемые методами, основанными на линейной оценке ВСП и нелинейными методами [33]. Yambe T. et al. выявляла определенную периодичность нелинейной компоненты при Холтеровском мониторировании [32], противоречивые данные о влиянии дыхания на данный показатель [29, 30]. Имеются данные о снижении при гипертонической болезни в покое и отсутствие ответа при ортостатическом тесте, в то время, как выявлено снижение в контрольной группе [35]. Voss A. et al. было отмечено, что методы, основанные на принципах нелинейной динамики, лучше выявляют пациентов с высоким риском ВСС [31] и изменения в показателях ВСП у больных перед началом ФЖ.

Как нам представляется, использование метода нелинейной динамики в анализе ВСП имеет свою точку приложения и область использования, которые надо аргументировано показать на достаточном клиническом материале. При этом, важно точно очертить оптимальную область применения, возможности и ограничения метода с учетом очевидной необходимости соблюдения принципов доказательной медицины.

Таким образом, проведенные исследования показали, что параметры ЭКГ ВР и ВСП у больных ОКС имеют различные варианты изменений, которые коррелируют с тяжестью течения заболевания. Параметры ЭКГ ВР имеют два варианта изменений. При 1 варианте изменений (прогностически неблагоприятном) отмечено увеличение временных характеристик (FQRSd, LAS40) и уменьшение амплитудных характеристик (TotQRS, RMS40), при 2 — противоположную направленность. Динамика абсолютных значений ЭКГ ВР может быть использована в качестве самостоятельного диагностическо-

го признака наличия ИБС и ишемии миокарда.

Литература

- Каретникова В.Н., Бернс С.Д., Гуляева Е.Н. и соавт. Клиническая значимость и взаимосвязь замедленной желудочковой активности, продолжительности интервала Q—T и его дисперсии у больных инфарктом миокарда на госпитальном этапе. Вестник аритмологии. 1999. N11. 19 — 22.
- Yung-Zong L., Hong-Yi T., Fu-Xin Z et al. A study to predict sudden cardiac death after myocardial infarction detected by ventricular late potential. XXI International Congress on Electrocardiology. July 7, 1994. Yokohama, Japan.
- Радзевич А.Э., Сметнев А.С., Попов В.В., Уранова Е.В. Электрокардиографические маркеры риска внезапной сердечной смерти. Влияние ишемии и реваскуляризации миокарда. Кардиология. 2001. N6. 99 — 104.
- Tahara N., Takaki H., Kawada T., Sugimachi M., Sunagawa K. QRS width changes during exercise as an index of ischaemia: high-resolution computer analysis in patients with false positive ST response. XXI Congress of the European Society of Cardiology, August 28 — September 1, 1999, Barcelona, Spain. Abstr. 747.
- Takeda Y., Takaki H., Taguchi A. et al. Diagnostic utility of the high-resolution analysis of QRS width in patients with false-negative ST response. XXII Congress of the European Society of Cardiology, August 26 — 30, 2000. Amsterdam, The Netherlands. Abstr.:1387.
- Tsunoda S., Takeda Y., Takaki H. et al. Utility width measurement to identify ischaemia in hypertensive patients with electrocardiographic left ventricular hypertrophy: high-resolution. XXIII Congress of the European Society of Cardiology. September 1 — 5, 2001, Stockholm, Sweden. Abstract: P1106.
- Allibardi P., Dainese F., Reimers B., Sacca S. Value of QRS duration criteria to detect restenosis after PTCA using ECG stress testing in patients with single coronary vessel disease. XXIII Congress of the European Society of Cardiology. September 1 — 5, 2001, Stockholm, Sweden. Abstract: P1108.
- Takeda Y., Takaki H., Tahara N. et al. Improved accuracy of exercise in patients with prior myocardial infarction: high-resolution analysis of QRS width. XXIII Congress of the European Society of Cardiology. September 1 — 5, 2001, Stockholm, Sweden. Abstract: P1104.
- Pilhal M., Jarneborn L., Sangren G. Increasing QRS magnitudes during exercise indicate ischaemic heart disease. XVIIth Congress of European Society of Cardiology, August 25 — 29, 1996, Birmingham, United Kingdom.
- Белялов Ф.И. Многодневная динамика вегетативной активности при нестабильной стенокардии. Кардиология. 2001. N4, 57.
- Bassingthwaite J.B., Raymond G.M. Evaluation of the dispersal analysis methods for fractal time series. Ann-Biomd-Eng. 1995, Jul — Aug — 23(4). P. 491 — 505.
- Pidul R., Feinberg M., Hod H. et al. The Prognostic Significance of Intermediate QRS Prolongation in Acute Myocardial Infarction Treated With Thrombolysis. ACC / 50th Annual Scientific Session. March 18 — 21, 2001, Orlando, Florida.
- Gajos G., Pietrzak I., Gackowski A. et al. Comparison of the effect of coronary angioplasty on signal-averaged electrocardiogram in patients with normal and depressed left ventricular function. XXI Congress of the European Society of Cardiology, August 28 — September 1, 1999, Barcelona, Spain. Abstr. 714.
- Ikeda K., Kurota I., Yamaki M. et al. Local conduction delay causes R-wave amplitude increase in patients with effort angina. J. Electrocardiol., 1988. 21. N1. 39 — 44.
- Talwar K.K., Narula J., Dev V., Bhatia M.L. Evaluation of spatial R maximum cardiac vector changes in exercise testing: Pre-exercise versus post-exercise measurements. — Int. J. Cardiol. — 1989. Vol. 24, N3. P.293 — 295.
- Ogino K., Fukugi M., Hirai S. et al. The usefulness of exercise-induced QRS axis as a predictor of coronary artery disease. Clin. Cardiol., 1988, 11, N2, 101 — 104.
- Glazier J., Cherchia S., Margonato A., Mseri A. Increase in S-wave amplitude during ischemic ST-segment depression in stable angina pectoris. Amer. J. Cardiol., 1987, 59, N15, 1295 — 1299.
- Barnhill J., Wikswa J.P., Dawson A.K. et al. The QRS complex during transient myocardial ischemia: studies in patients with variant angina pectoris in a canine preparation. — Circulation, 1985, 71, N5, 901 — 911.
- Turitto G., Caref E., Zanchi E. et al. — Amer. J. Cardiol. 1991. — 67, N8. — C. 676 — 680.
- Haze K., Sumiyoshi T., Fukami K. et al. Clinical characteristics of coronary artery spasm: Electrocardiographic, hemodynamic and arteriographic assesment. Jap. Circulat. J., 1985, 49, N1, 82 — 93.
- Berntsen R.F., Gjestvang F.T., Rasmussen K. QRS prolongation as an indicator. Am. Heart J. 1995 Mar.; 129(3): 542 — 8.

22. Duncan A., O'ullivan Ch., Gibson D., Henein M. Stress Induced QRS Broadening and Septal Long Axis Incoordination in Patient With Coronary Disease and Left Ventricular Dysfunction. ACC / 50th Annual Scientific Session, March 18 — 21, 2001, Orlando, Florida.
23. Beauregard L., Volosin K., Askense A., Waxman H. Effects exercise on signal-averaged electrocardiogram. Pacing Clin. Electrophysiol. 1996, Feb.; 19(2); 215 — 21.
24. Kleiger R.E., Miller J.P., Bigger J.T. The Multi-center Postinfarction Research Group. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. Am. J. Cardiol., 1987; 59: 256 — 262.
25. Cripps T.R., Malik M., Farrell T.G., Camm A.J. Prognostic value of reduced heart rate variability after myocardial infarction clinical evaluation of a new analysis method. Br. Heart J. 1991; 65: 14 — 19.
26. Ferreison E.R., Boissonnet C.P., Pizarro R. et al. In unstable angina reduced heart rate variability is not predictive of an adverse in-hospital outcome (abstract). Europ. Heart J. 1990; 20: Suppl: 354.
27. Lanza G.A., Pedrotti P., Rebuzzi A.G. et al. Usefulness of the addition of the heart rate variability to Holter monitoring in predicting in-hospital cardiac events in patients with unstable angine pectoris. Am. J. Cardiol. 1997; 80: 3: 263 — 267.
28. Kanters J.K., Hojgaard M.V., Agner E. et al. Short- and long-term variations in non-linear dynamics of heart rate variability. Cardiovasc. Res. 1996. Mar.; 31(3): 400 — 409
29. Fortrat J.O., Yamamoto Y., Hughson R.L. Respiratory influences on non-linear dynamics of heart rate variability in humans. Biol. Cybern. 1997, Jul; 77(1): 1 — 10.
30. Kanters J.K., Hoggaard M.V., Agner E. et al. Influence of forced respiration on nonlinear dynamics in heart rate variability/ Am. J. Physiol. 1977. April; 272 (4). Pt2.: R1149 — 1154.
31. Voss A., Kurths J., Klein H.J. et al. The application of methods of non-linear dynamics for the improved and predictive recognition of patients threatened by sudden cardiac death. // cardiovasc. Res. 1996 .Mar; 31(3): 419 — 433.
32. Yambe T., Nanka S., Kobayashi S. et al. Detection of cardiac function by fractal dimension analysis. Artif. Organs. 1999. Aug; 23(8): 751—756.
33. Cerutti S., Carrault G., Cluitmans P.J. et al. Non-linear algorithms for processing biological signals. Comput. Methods Programs Biomed. 1996. Oct; 51(1): 51—73.
34. Curione M., Bernardini F., Cedrone L. et al. The chaotic component of human heart rate variability shows a circadian periodicity as documented by the correlation dimension of the time-qualified sinus R — R intervals. Clin. Ther. 1998. Nov. — Dec.; 149(6): 09 — 412.
35. Kagiya S., Tsukashima A., Abe I. et al. Chaos and spectral analyses of heart rate variability during heart-up tilting in essential hypertension. J. Auton. Nerv. Syst. 1999. May. 28; 76(2 — 3): 153 — 158.

Methods ECG of high-resolution and heart rate variability in diagnostics of electrical instability of a myocardium for patients with an acute coronary syndrome

G.G. Ivanov, H.Yu. Shehade, A.V. Turin, F.Yu. Kopilov

Department of cardiology of Research and development Center Moscow Medical Academy named Sechenov I.M., faculty of hospital therapy RPFU, Moscow, Russian Federation

Abstract

Now for detection ill with high hazard of development of menacing life of arrhythmias are used different ECG methods: a ECG of high-resolution (ECG HR), variability of cardiac rhythm, Holter's monitoring. The speaker of indexes of datas of methods is well enough investigated in acute, subacute and remote phases of a myocardial infarction.

Are to a lesser degree investigated ECG markers of sudden cardiac death (SCD) at an ischemia of a myocardium. In this connection will convert on itself attention datas on a possibility of usage of an estimation of modifications of duration and amplitude QRS of a complex at an ischemia of a myocardium (stress-test, acute coronary set of symptoms (ACS), chronic ischemic illness of heart) on datas a ECG HR and variability of a cardiac rhythm [10]. In accessible to us to the literature we have not met enough complete datas on the speaker amplitude both time responses of a complex QRS and indexes BCP for ill ACS.

By the purpose of the present research was the study of indexes a ECG BP and BCP for ill ACS for an estimation of electrical stability of a myocardium and gravity of current of disease.

Keywords: heart rate variability, ACS, ECG HR.

Методи ЕКГ високого дозволу та варіабельності серцевого ритму в діагностиці електричної нестабільності міокарда у хворих на гострий коронарний синдром

Г.Г. Іванов, Х.Ю. Шехаде, О.В. Тюрін, Ф.Ю. Копилов

Відділ кардіології НДЦ ММА ім. І.М. Сєченова, кафедра госпітальної терапії РУДН, Москва, РФ

Резюме

Використання методів ЕКГ високого дозволу ВСР має своє місце застосування й область використання, які треба аргументовано показати на достатньому клінічному матеріалі. При цьому, важливо чітко окреслити оптимальну область застосування, можливості й обмеження методу з урахуванням очевидної необхідності дотримання принципів доказової медицини.

Проведені дослідження показали, що параметри ЕКГ ВР і ВСР у хворих на ГКС мають різні варіанти змін, що корелюють у взаємозв'язку з тяжкістю протікання захворювання. Параметри ЕКГ ВР мають два варіанти змін. При 1 варіанті змін (прогностично несприятливому) відзначається збільшення тимчасових характеристик (FQRSd, LAS40) і зменшення амплітудних характеристик (TotQRS, RMS40), при 2 — протилежну спрямованість. Динаміка абсолютних значень ЕКГ ВР може бути використана як самостійна діагностична ознака наявності ІХС та ішемії міокарда.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, ГКС, ІХС, ЕКГ ВР, QRS комплекс, фрактальна розмірність часового ряду (FrD).

Переписка

д.м.н., професор **Г.Г. Іванов**
 больница № 53
 ул. Трофимова, д. 26
 Москва, 109432, РФ
 e-mail: ivgen@aha.ru