

МОНИТОРИНГ МИКРОАЛЬТЕРНАЦИЙ ЭКГ-СИГНАЛА И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЛИККЕР-ШУМА

Г.Г. Иванов, В.Е. Дворников, Маха М.А., Ахмед Е.А., А. Эльгаили

Кафедра госпитальной терапии
Медицинский факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8, Москва, Россия, 117198

А.С. Сула, Д.А. Прилуцкий

ООО «Медицинские компьютерные системы»
Зеленоград, а/я 33

В настоящем сообщении представлены предварительные результаты данных мониторинга показателей дисперсионного картирования с последующим анализом характеристики фликкер-шума (1/f). В исследование были включены данные обследования 47 больных с острым инфарктом миокарда (ОИМ), проведенного в 1—3 сутки заболевания (средний возраст — $54,5 \pm 8,6$ лет). Выполнено 91 мониторинг длительностью 20...90 мин. Выявлены периодические медленно-волновые колебания значений индекса микроальтернаций с длиной волны от 2—5 до 6—15 минут. Характер и степень изменения микроальтернаций является новой областью признаков ЭКГ-диагностики, отражающих электрофизиологический статус и «запас» компенсаторных ресурсов миокарда. Показано, что имеется определенная зависимость характеристики 1/f от тяжести течения заболевания, а фликкер-шум — имеет перспективу использования в качестве метода вероятностного прогнозирования.

Ключевые слова: микроальтернация, микропотенциалы, мониторинг, дисперсионное картирование, фликкер-шум.

Метод дисперсионного картирования (ДК) ЭКГ появился недавно и продолжает активно изучаться. В настоящее время он используется преимущественно в качестве тестирования при скрининге. В проведенных работах показано, что индекс микроальтернаций «Миокард» (ИММ) может отражать наличие «до ишемических, функциональных изменений» (в терминах стандартной ЭКГ), и, вероятно, таких электрофизиологических характеристик, как «функционирование мембран и межклеточных соединений, скорость проведения сложных и разнообразных нарушений перфузии и метаболизма». Это позволяет исследовать диагностические возможности метода [1, 2].

Различные варианты динамического поведения, изменяющегося от периодичности до нерегулярных, шумоподобных колебаний, могут наблюдаться в физиологических системах регулирования как в эксперименте, так и в клинике, так что сложность динамики живых систем должна быть скорее нормой, чем исключением. Между биохимическими и биофизическими колебательными изменениями в тканях существует несомненная связь. П. Хочачка, Дж. Семеро показали, что на уровне клетки субмикроскопические колебания структуры совпадают с ритмикой окислительных процессов [3].

Механизмом, запускающим действие неустойчивостей, являются шумы и флуктуации [4]. Выделяют три основных типа шумов: белый, коричневый и фликкер-шум. Характерной особенностью обычного белого гауссова шума яв-

ляется то, что в нем можно встретить любые отклонения от среднего; распределение вероятностей амплитуды отклонений нормальное, со средним значением, равным нулю [5]. В белом шуме можно встретить колебания с любыми частотами и любыми фазами. Более сложный вид взвешенного шума — это шум, который называют *коричневым*, или броуновским шумом; он характеризует броуновское движение — случайные передвижения малых частиц и ударяемых тепловыми колебаниями молекул.

Промежуточное положение между белым и коричневым шумом занимает *фликкер-шум* («flicker» — «мерцание», англ.). Его можно получить, используя правила перехода: выбор последующего шага на основании трех или четырех последних. Фрагменты поведения частицы из 4 или 5 шагов будут сильно коррелировать, корреляция наблюдается и на участках любого размера, т.е. во фликкер-шуме между предыдущими и последующими значениями существует вполне определенная, хотя и не абсолютно жесткая связь. *Вероятностное распределение 1/f-шума качественно отличается от гауссова*. В отличие от белого шума, имеющего равномерную спектральную плотность на всех частотах, *шум типа 1/f имеет повышенную плотность на низких частотах*. Гистограмма мощности существенно ассиметрична, имеет характерный длинный хвост.

1/f-систему можно представить как совокупность элементов, в каждом из которых происходит постоянное накопление энергии, подводящее элемент к неустойчивому состоянию. В некоторый момент состояние элемента резко меняется, накопленная энергия высвобождается (происходит «разряд»), после чего начинается новый цикл накопления-разрядки типа 1/f. Чем реже происходят разряды, тем больше энергии накапливается. Если разряды происходят независимо, интервалы между ними случайны: система генерирует 1/f-шум

Известно, что к 1/f процессам относится широкий класс совершенно несходных явлений, например: изменения скоростей химических и биохимических реакций, вариации разности потенциалов на нейромембранах, электрический шум в перехватах Ранвье нервного волокна, осцилляции активности одиночных нейронов и альфа-волн головного мозга. Сердцебиения человека содержат компоненту флуктуаций со спектром вида 1/fg, причем у людей в возрасте до 40 лет показатель формы спектра $\gamma \approx 1,05$, а после 60 лет $\gamma \approx 1,27$. Наблюдаются также флуктуации кровяного давления и физиологические флуктуации температуры тела человека [6, 7, 8, 9].

В проведенных работах показано наличие медленноволновых (от 1—3 до 10—12 мин) процессов микрофлуктуационных показателей ДК, которые могут предположительно относиться к категории «фликкер-шума» [10, 11]. Важно отметить и выявленный факт влияния фармакологических препаратов на показатели микроальтернации ЭКГ-сигнала. Кроме того, отмечено, что при мониторинге часто имеет место ступенчатое изменение уровней ИММ как в динамике, так и после электроимпульсных воздействий (оптимальные с точки зрения энергетического обеспечения квазистабильные состояния). Возможно, что выявленные новые феномены, в случае наличия у них признаков фликкер-шума, явятся основой для использования *системного и вероятностного прогнозирования* прогрес-

сирующих изменений электрофизиологических характеристик миокарда и неблагоприятных отдаленных исходов у больных с патологией миокарда. В настоящем сообщении приведены предварительные результаты данных мониторинга показателей ДК и анализ показателя ИММ с использованием характеристики $1/f$.

Материал и методы. В исследование были включены данные обследования 47 больных с острым инфарктом миокарда (ОИМ), проведенного в 1—3 сутки заболевания (средний возраст — $54,5 \pm 8,6$ лет), у которых выполнено 91 мониторинг длительностью от 20 до 90 мин. 1-я группа представлена 39 обследованиями у больных с ОИМ без осложнений, 2-я — 8 обследованиями у больных с рецидивирующим течением. В 3-ю группу вошли 27 больных с осложненным течением (отек легких, гипотензия или летальный исход), в 4-ю группу — 17 обследований у больных с летальным исходом от некардиальных причин (2-сторонняя пневмония, рецидивирующая тромбоэмболия легочной артерии, инсульт, анемия и др.). В 4-й группе у большей части больных проводилась искусственная вентиляция легких на протяжении от 1 до 7 суток. Анализ во всех группах проводился без индивидуальной оценки влияния проводимой поливалентной терапии.

Метод дисперсионного картирования ЭКГ основан на использовании двух групп факторов, влияющих на формирование поверхностных кардиопотенциалов: нелинейных эффектов, возникающих при активации и деактивации ионных каналов мембраны сократительных кардиомиоцитов и электродинамических эффектов, возникающих при лавинных процессах протекания ионных токов через мембрану сократительных кардиомиоцитов. Математическая модель позволяет получить устойчивый сигнал микроколебаний ЭКГ, отражающий не только микроальтернации Т-волны, но и микроколебания QRS-комплекса и Р-волны даже в состоянии покоя.

Основным параметром, результаты анализа которого представлены в настоящей работе, является интегральный показатель, который получил наименование «Миокард», или индекс микроальтернаций миокарда (ИММ). Индекс «Миокард» измеряется в относительной шкале от 0% до 100% и является относительным показателем величины отклонения от нормы. Алгоритмически ИММ вычисляется, как интеграл 9-ти непосредственно регистрируемых дисперсионных индексов G1—G9, которые отражают степень выраженности и локализацию изменений микроальтернаций в миокарде предсердий и желудочков в фазы де- и реполяризации.

Анализировали значения ИММ, а также группы показателей (G1—G9), которые рассчитывались в 30-секундных отрезках. При визуальном анализе выявлены периодические медленноволновые колебания значений ИММ с длиной волны от 2—5 до 6—15 минут (рис. 1). Индикация вычисляемых показателей выполнена приближенной линейной оценкой: для групп G3—G9 одному рангу (одной единице) в среднем соответствует 12 мкВ*мсек, а для групп G1, G2 — 3 мкВ*мсек. Кроме того, мониторинг проведен в эксперименте на 3 наркотизированных свиньях массой 45—60 кг в условиях ИВЛ у животных во время определения порога дефибрилляции (ДФ), где с помощью биполярных импульсов устраняли 20-секундную фибрилляцию желудочков (ФЖ). Использовали дозы разрядов от 70 до 150 Дж. В исследование включены данные 45 эпизодов ФЖ-ДФ (91 разряд).

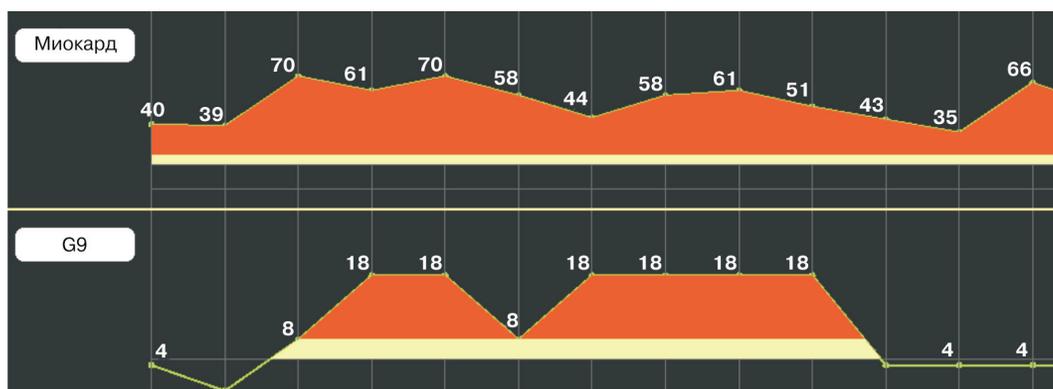


Рис. 1. Пример мониторинга изменений показателя «Миокард» (в %) и G9 (отн. ед.) с индикацией показателей за 1 цикл усреднения (30 сек.)

На основании полученных числовых значений по 30-секундным отрезкам строился частотный спектр $1/f$ в заданном диапазоне от $(1/600)$ Гц до $(1/60)$ Гц. Данные проходили проверку на равномерность выборки. В данной версии определялась разница между самым большим и самым маленьким интервалом дискретизации как величина, не превышающая 10 секунд (рис. 2).

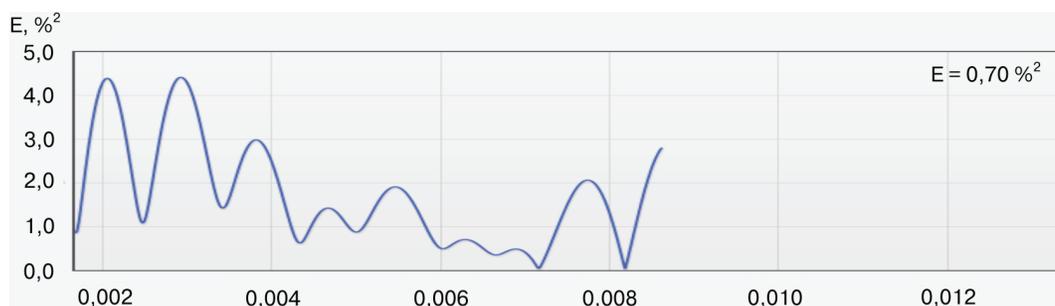


Рис. 2. Гистограмма мощности фликкер-спектра существенно асимметрична, имеет характерный длинный хвост

Анализ полученных данных проведен с помощью методов статистики в программах *Microsoft Excel 2000*; *Primer of Biostatistics 4.03*. Оценивался t -критерий Стьюдента для связанных и несвязанных выборок. Для оценки значимости различий между данными исследования в разных группах больных использован t -критерий Стьюдента с и без коэффициента Уайта. Все данные в таблицах представлены в форме «среднее значение \pm стандартная ошибка». Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Полученные результаты. В табл. 1 представлен анализ доминирующей частоты регистрация медленных волн амплитудных колебаний показателя ИММ в обследованных группах больных. Как следует из приведенных данных, для неосложненного течения ОИМ (1-я гр.) была характерна примерная пропорциональность более быстрых (1,0—2,0 мин.) колебаний и волн с периодом свыше 5 мин (24%). Во 2-й и 3-й группах с осложненным течением или летальным исходом выявлен высокий процент колебаний ИММ с коротким периодом 1,0—2,0 мин.

Таблица 1

**Частота регистрация медленных волн амплитудных колебаний показателя ИММ
в обследованных группах больных (в %)**

Группа	Период колебаний (мин.)			
	1,0—2,0	2,5—3,5	4,0—5,0	> 5,0
1-я (n = 39)	36	27	13	24
2-я (n = 8)	52	29	15	4
3-я (n = 27)	46	29	14	11
4-я (n = 17)	33	30	19	18

В то же время при рецидивирующем течении процент волн с периодом свыше 5,0 в мин. был выше, чем во 2-й группе. В группе с некардиальной причиной летального исхода также был достаточно высок (18%) процент медленных колебаний.

Надо отметить также, что по нашим данным выявляемые тренды медленных колебаний показателя ИММ не коррелировали с паттернами сердечного ритма. Кроме того, наблюдаемые тренды отдельных индексов ДК (G1—G9) имели самостоятельную периодичность колебаний и степень ее выраженности, что требует отдельного изучения. Обращало на себя внимание, что в ряде тяжелых случаев показатели микроальтернаций начала (0—40 мс) и середины (30—70 мс) комплекса QRS (показатели G9 и G7) хорошо коррелировали с показателем ИММ и выявлен определенный тренд зависимости характеристики 1/f и тяжести течения заболевания. Отмечено также, что часто имеет место ступенчатое изменение уровней ИММ как в динамике, так и после электроимпульсных воздействий (оптимальные с точки зрения энергетического обеспечения квазистабильные состояния?).

Зная свойства систем, генерирующих фликкер-шум, можно попытаться оценить сложный и неоднозначный характер их отклика на внешние воздействия, а также условия, при которых может быть проведено выделение и анализ *слабых воздействий*. Важной особенностью этой системы является то, что ее элементы находятся во «взведенном», неравновесном состоянии, причем некоторая часть их близко подходит к критической точке, после достижения которой происходит «разряд». Для этих элементов достаточно очень слабого толчка, чтобы разряд произошел преждевременно.

Применительно к задаче анализа полученных результатов микроальтернаций ЭКГ-сигнала по данным метода дисперсионного картирования может, быть проведена попытка *анализа и выделения электрофизиологических неблагоприятных состояний миокарда* как с точки зрения метаболического обеспечения, так и электрической нестабильности миокарда (варианта выраженных нарушений при малых воздействиях). Стохастические системы с фликкер-шумом могут ответить максимальной реакцией на минимальное возмущение. Необходимым условием для того, чтобы 1/f-система имела высокую чувствительность к внешним воздействиям, является достаточно большое количество активных элементов.

Из табл. 2 видно, что в группе с неблагоприятным течением ОИМ средние значения низкочастотной части спектра были выше и отношение низкочастотной к высокочастотной части — ниже, что может быть отнесено к различиям характеристики 1/f. Стохастические системы с фликкер-шумом могут ответить максимальной реакцией на минимальное возмущение. Необходимым условием для

того, чтобы 1/f-система имела высокую чувствительность к внешним воздействиям, является достаточно большое количество активных элементов.

Таблица 2

Средние значения показателей спектра 1/f в обследованных группах больных ИБС (Е, %²)

Показатель	Группа больных					
	Течение ОИМ без осложнений (n = 39)			Осложненное течение и с летальными исходами (n = 52)		
	уровень 0,002 Гц	уровень 0,01 Гц	отн. 0,002/0,01	уровень 0,002 Гц	уровень 0,01 Гц	отн. 0,002/0,01
Исход	1,89 ± 0,31	1,05 ± 0,25	1,80	3,79 ± 0,51 #	2,89 ± 0,45 #	1,30
Через 1 сутки	2,49 ± 0,41*	1,29 ± 0,26	1,92	3,35 ± 0,66	2,90 ± 0,33 #	1,16

Примечания: из 39 случаев значение 1/f было >3 в 17%; из 52 случаев значение 1/f было >3 в 83%; * — (p < 0,05) достоверность различий по сравнению с показателями в исходе; # — то же по сравнению с показателями в 1-й группе.

Сходную картину мы наблюдали в эксперименте при воздействии ЭИТ. Показано: 1) при продолжительной регистрации амплитудных показателей микроальтернации ДК у наркотизированных свиней в исходном состоянии наблюдаются волновые колебания ИММ с периодами в 3—5 мин. и 10—12 мин.; 2) амплитуда ИММ при «волнах» длительностью 10—12 мин. значительно больше, чем у человека, достигая в ряде случаев 70—90%; 3) при нанесении разрядов дефибриллятора: а) снижается амплитуда колебаний ИММ (в среднем на 10—12%, максимально на 30—40%) и увеличивается количество эпизодов с длительностью волн 2—3 мин.; б) отмечается устойчивая структурированность значений ИММ, составляющих медленные волновые колебания чаще в диапазонах 15—19, 23—28, 33—38, 43—50 и 60—70%, которые повторяются и формируют указанную волновую динамику изменений амплитуды ИММ.

Обсуждение. Необходимо отметить, что несмотря на многочисленные работы, выполненные для изучения физиологических механизмов вариабельности сердечного ритма, до сих пор идут дискуссии о значении тех или иных положений. Особенно это касается вопроса о медленноволновых колебаниях сердечного ритма. Ответ о причинах и значении медленных волн при использовании ВСР становится, как нам представляется, особенно актуальным в связи с выявленными медленно-волновыми процессами показателя ИММ по данным дисперсионного картирования, отражающего микроальтернации миокарда. Наличие постоянных флюктуаций функциональных показателей — это закономерное явление в живых системах. Флюктуации являются ведущим принципом функциональной организации организма, принципом устойчивого неравновесия.

Возможно, что эти колебания микропотенциалов имеют общую природу с медленноволновыми колебаниями частоты сердечных сокращений, генез которых остается до конца не ясным. Еще в 70-е годы Р.М. Баевским и М.К. Чернышовым была выдвинута гипотеза о связи колебательных процессов в организме с деятельностью различных уровней системы управления физиологическими функциями [12]. Позже ими было показано наличие различных волн, регистрируемых при анализе сердечного ритма: волны 1-го порядка — сердечные, волны 2-го порядка — дыхательные, волны 3-го порядка — альфа-волны 3—6 в мин.,

волны 4-го порядка — бета-волны 1—2 в мин., волны 5-го порядка — гамма-волны 1—8 в час. Выявлена связь медленных волн сердечного ритма с колебаниями содержания в крови катехоламинов и кортикостероидов. Отмечена связь между медленными волнами сердечного ритма и активностью системы гипофиз—надпочечники. Параллельное изучение влияния гормонов коры надпочечника показало, что фаза действия адреналина составляет 6,7 мин., норадреналина — 7,7 мин., 17-ОКС — 9 мин., гипофиз—надпочечник — 100 мин. Следовательно, чем больше период биологического ритма, тем с большим числом объектов управления связан соответствующий уровень (контур) управления. Работы по теории автоколебательных процессов в сердечно-сосудистой системе, дают веские основания предполагать, что медленные колебания имеют автоколебательную природу и, с одной стороны, тесно сопряжены с медленными колебаниями тканевого метаболизма, а с другой — с системами, регулирующими этот метаболизм [13].

В этой связи нами также начаты исследования микроальтернационных характеристик при длительном мониторинге у здоровых лиц. Выявление медленных волн в периодике колебаний показателей дисперсионного картирования (как это уже было установлено относительно медленноволновых колебаний частоты сердечных сокращений), вероятно, будет иметь большое значение в изучении и понимании природы колебаний коронарного кровотока и развития ишемических изменений миокарда.

Системы, генерирующие фликкер-шумы, имеющие множество накапливающих энергию элементов, обладают следующими свойствами: 1) зависимостью величины эффекта от частоты их повторений типа $1/f$: «слабые» события происходят часто, а «сильные» редко; 2) высокой чувствительностью к внешним воздействиям при условии, что таких воздействий перед этим не было достаточно долго; 3) последствием: продолжительность отклика на внешнее воздействие может превышать продолжительность воздействия, после чего наступает «затишье» с пониженным уровнем флуктуаций и пониженной чувствительностью к воздействиям; 4) «обратной» зависимостью силы отклика на повторяющееся воздействие; 5) неодинаковостью отклика одинаково устроенных систем на одинаковые воздействия (рис. 3) [14].

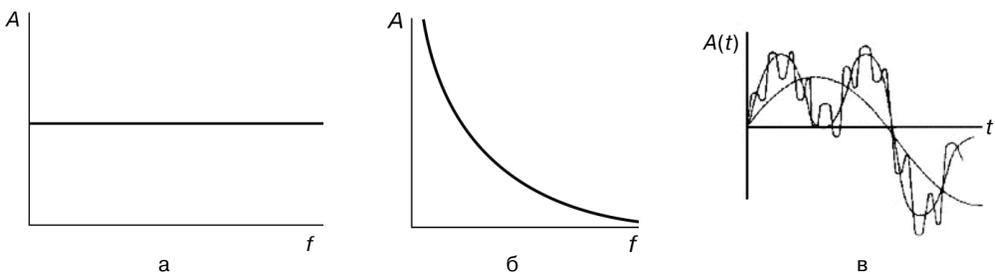


Рис. 3. Схема вариантов частотных шумов:

а — частотный спектр белого шума (f — частота), б — частотный спектр фликкер-шума, в — для фликкер-шума характерно то, что на любых стрелках времени колебания имеют подобный характер

Возможно, что выявленные медленные волновые процессы являются отражением баланса между коронарным кровообращением и метаболическими потребностями миокарда. Соответственно, их уровень, по данным показателей ДК

(гиперэнергетические состояния и энергетический дефицит), может указывать на степень мобилизации адаптивных процессов в миокарде и их истощение. Взаимодействие управляющих механизмов влияет на уровень функционирования физиологических систем, изменяя интенсивность энергетических и метаболических процессов. Другим открытым вопросом остается точная локализация срыва адаптации: в самом ли миокарде или же в одном из многочисленных контуров управления сердечной деятельностью, а также о возможности использования медленноволновых колебаний по данным метода ДК для определения степени отклонения от нормы. Мы уже высказывали свою точку зрения о том, что показатели ДК служат отражением состояния коронарной микроциркуляции, микрососудистой резистентности и коллатерального кровообращения [1], в меньшей степени — тяжести окклюзии эпикардиальных артерий и гетерогенности регионарной перфузии, компенсаторных механизмов миокардиального кровотока и их истощения, а также сопутствующих метаболических изменений. С учетом полученных ранее данных [1, 2, 3], очевидно, что при мониторинговании ИММ может быть высоким при нестабильной стенокардии и не-Q типе инфаркта миокарда, так как имеется незавершенный текущий процесс с большой неоднородностью микроциркуляции и метаболизма миокарда. Показатели микроальтернации при Q-типе ИМ, когда есть некроз и невозбудимый миокард, а ишемизированных кардиомиоцитов с энергодифицитом немного, могут быть и ниже. Возможно, что есть несколько режимов работы разных групп мышц миокарда, которые находятся в состоянии мультистабильности, как, например, более чувствительные к ишемии продольные волокна.

Современные экспериментальные данные свидетельствуют о существовании обратной связи, говоря языком кибернетики, между сократительной функцией сердца и процессом его возбуждения, о существенном влиянии механических условий сокращения сердечной мышцы на процесс ее возбуждения. В отличие от достаточно хорошо изученной природы сопряжения возбуждения с сокращением молекулярно-клеточные механизмы механоэлектрической обратной связи и ее физиологическая и патофизиологическая роль до сих пор окончательно не поняты. В результате этих исследований было установлено, что центральным звеном механоэлектрической связи является механозависимая кооперативная модуляция кинетики связывания-распада комплекса ионов Ca^{2+} и регуляторного белка тропонина С. Это изменение кинетики кальция приводит к кальцийзависимой модуляции Na^+ - Ca^{2+} обменного тока, что является триггером для механовызванного изменения генерации ПД, т.е. вызывает небольшие изменения трансмембранного потенциала, которые, в свою очередь, приводят к изменению потенциалзависимых токов (калиевых, натриевых, кальциевых), существенно модулирующему итоговое изменение потенциала. Эта механоэлектрическая связь может быть физиологически значимой для регуляции функции нормального миокарда, так как обеспечивает согласованные изменения ПД и кинетики внутриклеточного кальция в зависимости от механических условий и является дополнительным фактором адаптации сердечной мышцы к изменению внешних механических

условий сокращения. Возможно, что выявленные изменения паттерна возбуждения в миокарде *in vivo* с дрейфом направления распространения волны возбуждения обусловлены меняющейся скоростью проведения [14].

Таким образом в результате проведенных исследований показано, что при продолжительной регистрации показателей микроальтернаций ЭКГ-сигнала (метод ДК) наблюдаются колебания с периодами в минуты и свыше десятка минут, что может говорить о наличии взаимосвязи между микроальтернациями амплитудных характеристик ЭКГ-сигнала и структурами, которые ответственны за генерацию соответствующих колебаний. Вероятно, что изменение микроальтернаций, отражает известный универсальный механизм изменения функции миокарда в ответ на несоответствие потребления кислорода нагрузкам любого генеза, предъявляемым миокарду. При этом, если текущие быстрые изменения типа «beat-to-beat» являются вариантом быстрых адаптационных изменений, то медленноволновые колебания ДК, как и наиболее медленные колебания ЧСС, определяются эндокринными и метаболическими процессами

Предстоит глубже понять связь показателей ДК ЭКГ с электрофизиологической основой описанных выше изменений, их ассоциацию со всем спектром нарушений перфузии миокарда (спящий, оглушенный миокард и прекодиционирование), возможной гетерогенностью регионарной перфузии миокарда и метаболического баланса, а также показателями оксидативного стресса. Мы должны улучшить наше понимание причин и пределов медленноволновых процессов микрофлюктуационных показателей ДК. Комплексное изучение корреляций показателей ДК ЭКГ с данными оценки изменений метаболизма, кровотока и микроваскулярной дисфункции, ишемического повреждения и различными методами ЭКГ диагностики даст возможность их идентификации и уточнения клинического значения. Так как в основе метода ДК лежит анализ всех фрагментов электрической активности миокарда предсердий и желудочков, а также их интегральная оценка (показатель ИММ), то их использование, с позиций закономерностей фликкер-шума, может быть основой в развитии новых подходов в прогнозировании течения заболеваний миокарда, системного и вероятностного прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Иванов Г.Г., Сула А.С.* Дисперсионное ЭКГ-картирование: теоретические основы и клиническая практика. — М.: Техносфера, 2009. — 192 с.
- [2] *Cruz-Gonzalez I., DeJoseph-Gauthier D., Chia S., Raffel O.C., Jang I.K.* Non-invasive assessment of myocardial ischaemia by using low amplitude oscillations of the conventional ECG signals (ECG dispersion mapping) during percutaneous coronary intervention // *Acta Cardiol.* — 2009. — Feb; 64(1). — P. 11—15.
- [3] *Черниговская Н.В., Ваццилло Е.Г., Петраш В.В., Русановский В.В.* Произвольная регуляция частоты сердечных сокращений как метод коррекции функционального состояния больных неврозом // *Физиология человека.* — 1990. — Т. 16. — N 2. — С. 58—63.
- [4] *Кириченко А.А., Лосев А.В., Сироткин М.П. и др.* Компьютерный анализ variability RR-интервалов у кардиологических больных // *Проблемы клинической медицины.* — М., 1994. — Т. 2. — С. 45—46.

- [5] Berg R.G., Siebenga E., De Goede J. et al. 1/f Noise in nerve membranes // Proc. of the Symp. on 1/f fluctuations. — 1977. — P. 97—104.
- [6] Kobayashi M., Musha T. 1/f fluctuation of heartbeat period // IEEE Tans. Biomed. Eng. — 1982. — V. 29. — N 6. — P. 456—457.
- [7] Nakaoka Y., Imaji T., Hara M., Hashimoto N. Spontaneous fluctuation of the resting membrane potential in Paramecium: amplification caused by intracellular Ca^{2+} // Journal of Experimental Biology. — 2009. — 212, 270—276.
- [8] Kobayashi M., Musha T. 1/f fluctuation of heartbeat period // IEEE Tans. Biomed. Eng. — 1982. — V. 29. — N 6. — P. 456—457.
- [9] Иванов Г.Г., Дворников В.Е., Эльгаили А. и соавт. Длительный мониторинг микроальтернации ЭКГ у больных с острым инфарктом миокарда // Вестник аритмологии. — 2010 Б 11-й Конгресс РОХМиНЭ и 4-й Конгресс «Клиническая электрокардиология» Материалы конгресса. — С. 23.
- [10] Иванов Г.Г., Дворников В.Е., Эльгаили А. и соавт. Медленноволновые процессы микрофлуктуационных показателей ЭКГ у больных с острым инфарктом миокарда // Вестник аритмологии. — 2010 Б 11-й Конгресс РОХМиНЭ и 4-й Конгресс «Клиническая электрокардиология» Материалы конгресса. — С. 24.
- [11] Баевский Р.М., Чернышов М.К. Некоторые аспекты системного подхода к анализу временной организации функции в живом организме // В кн.: Теоретические и прикладные аспекты временной организации биосистем. — М.: Наука, 1976. — С. 174—186.
- [12] Флейшманн А.Н. Медленные колебания гемодинамики. — Новосибирск: Наука, 1998.
- [13] Пархомов А.Г. Низкочастотный шум — универсальный детектор слабых воздействий // Парапсихология и психофизика. — 1992. — N 5. — С. 59—65.
- [14] Аносов О.Л., Хасанов И.Ш., Хензель Б. и др. Метод мониторинга изменений паттерна возбуждения в миокарде in vivo // Вестник аритмологии. — 2007. — 48. — С. 28—34.

MONITORING MICROALTERNATIONS THE ECG-SIGNAL AND THE ANALYSIS THE CHARACTERISTIC OF FLICKER-NOISE

G.G. Ivanov, V.E. Dvornicov, M.A. Maha, E.A. Ahmed, A. Elgaily

Faculty of hospital therapy
Medical faculty

Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 8, Moscow, Russia, 117198

A.S. Soula, D.A. Prilutzkii

Open Company «Medical computer systems»
Zelenograd p.o. 33

In the present message preliminary results of the data of monitoring of parameters ECG dispersion map with the subsequent analysis of the characteristic of flicker-noise (1/f) are submitted. The given inspections of 47 patients have been included in research with a acuter coronary syndrom, surveyed in 1—3 day of disease (middle age — $54,5 \pm 8,6$ years) which are executed 91 monitoring by duration from 20 up to 90 minutes. At the visual analysis are revealed periodic low amplitude oscillations of values of an index of microalternations from a long wave from 2—5 till 6—15 minutes. Character and a degree of change of microalternations is new diagnostic area of attributes of ECG-diagnostics reflecting the electrophysiological status and «stock» compensatores resources of a myocardium It is shown, that there is a certain dependence of the characteristic 1/f from weight of current of disease, and flicker-noise — has prospect of use as a method possibiliti forecasting.

Key words: microalternations, low amplitude oscillations, monitoring, dispersion mapping, flicker-noise.