

УДК 613.614:613.693

Минутные, циркадные и сезонные колебания микроальтернаций ЭКГ-сигнала по данным дисперсионного картирования

Г. Г. Иванов^{1,2,3}, Р. М. Баевский³, Г. Гази², Е. Ю. Берсенев³, В. Б. Русанов³¹Отдел кардиологии НИЦ ММА им. И. М. Сеченова, Москва, Россия²Кафедра госпитальной терапии РУДН, Москва³Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Резюме

Метод ДК ЭКГ связан с изучением низкоамплитудных колебаний ЭКГ сигнала. Исследование минутных, суточных и сезонных ритмов показателей дисперсионного анализа ЭКГ (ДК ЭКГ) открывает новые возможности для не инвазивного изучения процессов на молекулярно-клеточном уровне организации живой системы. В данной публикации впервые представляются материалы по мониторингу показателей ДК ЭКГ.

В статье представлены результаты трех серий исследований, соответственно посвященных изучению минутной, суточной и годовой периодики интегрального показателя «Миокард». Во 2-й и 3-й сериях исследований были использованы материалы наземного эксперимента «МАРС-500», который проводился в Институте медико-биологических проблем РАН с целью моделирования работы экипажа при полете к Марсу. У всех участников эксперимента ежемесячно проводилось ДК ЭКГ.

Наиболее важным результатом исследования явилось выявление сезонных ритмов показателей ДК ЭКГ у испытуемых, длительное время находящихся в гермокамере, в условиях изоляции. Можно полагать, что сезонные изменения электрофизиологических характеристик миокарда обусловлены «управляющими сигналами», возникающими внутри организма (эндогенный механизм), что указывает на внутреннюю природу выявленных колебаний.

Ключевые слова: дисперсионное картирование электрокардиограммы, сезонные биологические ритмы, показатель «Миокард», мониторинг электрофизиологических показателей, эксперимент «Марс-500».

Клин. информат. и Телемед.
2013. Т.9. Вып.10. с.25–32

Введение

Временная организация колебаний микроальтернаций ЭКГ-сигнала в течение суток, как и колебаний частоты пульса, артериального давления и других физиологических показателей формируется под влиянием биологических ритмов деятельности симпатического и парасимпатического звеньев вегетативной нервной системы, а также суточной динамики содержания нейроморальных субстанций (кортизола, ТТГ, инсулина, опиоидов, вазоактивных пептидов), прямо или опосредованно участвующих в регуляции сердечно-сосудистой системы. Как известно, циркадные ритмы сформировались в процессе эволюции для синхронизации большинства важнейших функций организма в процессе адаптации к воздействию факторов внешней среды. Исследования последних лет показали, что клетки периферических тканей и органов способны генерировать собственные самоподдерживающие ритмы и изменять их соответственно локальным потребностям. Временная организация физиологических процессов является фундаментальной закономерностью жизнедеятельности организмов, она присуща всем уровням организации живой материи — от молекул до системных структур. Становление биологической временной системы происходит по определенной генетической программе и коррелирует с онтогенезом [9]. У человека отмечено более 100 функций, имеющих суточный ритм [3].

Большое внимание в биоритмологии уделяется исследованию ритмов сер-

дечной деятельности. Сам по себе сердечный ритм — это биоритмологическая категория, которая являлась объектом изучения врачей и ученых еще в древние времена. Пульсовая диагностика возникла в древнем Китае и Тибете и с тех пор ритм сердца рассматривается не только как источник информации о состоянии системы кровообращения, но и как индикатор психических, энергетических, метаболических и многих других процессов, происходящих в организме. За последние полвека пульсовая диагностика получила свое дальнейшее развитие в исследованиях по изучению variability сердечного ритма (BCR) [2, 5]. Современные компьютерные системы позволяют на основе анализа ВСР получать информацию о функциональном состоянии человека в различных условиях: в клинике, в производственной обстановке, во время спортивных соревнований, в космосе. Созданы носимые миниатюрные системы для непрерывной записи электрокардиограммы в течение суток и более. Но наряду с новыми техническими решениями получают развитие и новые методы и технологии исследований, открывающие новые горизонты в познании структуры и функций живых систем.

В данной публикации будут впервые обнародованы результаты мониторинга микроальтернаций электрокардиографического сигнала, которые расширяют наши представления о роли биологических ритмов в обеспечении процессов адаптации и гомеостаза. Речь идет о развитии и углублении концепции о сердечно-сосудистой системе, как индикаторе адаптационных процессов в целостном организме. Эта концепция, впервые выдвинутая в космической

медицине [6], получает все более широкое применение в различных областях медицины и физиологии. На примере электрокардиографии, которая считается традиционным кардиологическим методом, будет продемонстрирована взаимосвязь и взаимозависимость всех процессов и уровней в живом организме.

Современная электрокардиология далеко ушла от традиционного клинического применения ЭКГ в 12 отведениях и располагает новыми технологиями, позволяющими на основе применения специальных методов анализа ЭКГ-сигнала судить об энергетических и обменных процессах в миокарде на клеточном уровне. Важнейшей тенденцией современного этапа ее развития является расширение круга диагностических задач, которые могут решаться с использованием новых ЭКГ-методов функциональной диагностики. Они разрабатываются на основе и с привлечением последних достижений электрофизиологии, биофизики, информатики, математического моделирования и компьютерных технологий. Эта информация, не видимая на стандартной ЭКГ и не доступная стандартным технологиям анализа ЭКГ сигнала, важна для интегративной оценки состояния сердца, но, главным образом, для не инвазивного изучения процессов на молекулярно-клеточном уровне организации живой системы.

Методика и материалы исследований

Метод дисперсионного картирования ЭКГ (ДК ЭКГ) появился в последнее десятилетие и продолжает активно изучаться [1, 4]. Он связан с изучением низкоамплитудных колебаний ЭКГ-сигнала. Основу диагностики нарушений составляют изменения ионно-транспортной функции структуры клеточных мембран и митохондриального энергооборота, вследствие нарушения микроциркуляции и ряда других факторов. Характер и степень изменения микроальтернаций является новой диагностической областью признаков, отражающих «запас» электрофизиологических компенсаторных ресурсов миокарда. Даже в здоровом сердце периодические процессы де- и реполяризации миокарда при каждом сокращении имеют незначительные

колебания, которые отражаются в низкоамплитудных колебаниях ЭКГ-сигнала (низкоамплитудная альтернатива ЭКГ). Как и любые флуктуации в нелинейном объекте регулирования, микроальтернативы зубцов ЭКГ являются эффективными маркерами скрытых процессов в миокарде, предшествующих патологическим изменениям.

Метод анализа микроальтернатив ЭКГ сигнала позволяет развивать доклиническую диагностику, направленную на исследование состояний, пограничных между нормой и патологией, а также использовать его при мониторинге любых клинических ситуаций, требующих простого и достоверного динамического наблюдения за состоянием миокарда. Показана возможность применения этого метода для выявления самых ранних отклонений электрофизиологических характеристик миокарда [4]. В микроальтернативах полностью утрачивается информация об амплитудных особенностях исходных волн ЭКГ, т. е. микроальтернативы имеют вид случайного низкоамплитудного процесса, который уже не содержит исходных морфологических признаков зубцов ЭКГ в анализируемом отведении. Микроальтернативы регистрируются, как микроколебания ЭКГ-сигнала в последовательных сокращениях сердца.

Метод ДК ЭКГ основан на компьютерном формировании карты электрических микроальтернатив ЭКГ-сигнала, отнесенных к определенным камерам сердца (два предсердия, два желудочка). Для реализации метода ДК ЭКГ разработаны прибор «Кардиовизор» в РФ и его аналог HeartVue™ 6S в США. Как показано в настоящее время, микроальтернативы ЭКГ во многих клинических случаях являются эффективными предикторами, т. е. предсказателями скрытых, никак клинически не проявляющихся патологических изменений миокарда. Измерители микроальтернатив предназначены не для диагностики вида патологии, а для констатации ее наличия и предсказания патологических или жизнеугрожающих состояний миокарда на доклиническом или скрытом периоде развития патологии.

Амплитуды микроальтернатив могут быть на два порядка меньше амплитуд зубцов стандартной ЭКГ. Так, при анализе Т-зубцов средние амплитуды микроальтернатив составляют ~2...15 мкВ, в то время как исходные амплитуды Т-волн составляют 0,3...0,7 мВ, т. е. 300...700 мкВ.

Прибор «Кардиовизор» работает от 4-х обычных по конструкции электродов, накладываемых по классической схеме регистрации 3-х стандартных отведений от конечностей. Основное

время одной измерительной процедуры составляет 30 сек. Для регистрации низкоамплитудных дисперсий электрокардиосигнала от цикла к циклу, которые являются предметом изучения в методе ДК ЭКГ, в течение 30 сек. регистрируется ЭКГ-сигнал шести стандартных отведений от конечностей: I, II, III, aVL, aVF, aVR с последующим анализом и расчетом и трехмерной визуализацией электромагнитного излучения миокарда по параметрам этой амплитудной дисперсии стандартного ЭКГ-сигнала от конечностей.

Таким образом, метод основан на информационно-топологической модели малых колебаний ЭКГ. Амплитуды этих колебаний (дисперсия колебаний) составляет всего 3–5% от амплитуды зубца R. Термин дисперсия соответствует общепринятому в кардиологии определению разности между наибольшим и наименьшим значениями варьирующей величины. Дисперсионные характеристики, при возникновении патологии миокарда, начинают изменяться раньше, чем зубцы ЭКГ-12. Поэтому при их контроле можно получить информацию о патологическом процессе уже на ранних стадиях его развития [4].

Амплитуда анализируемых колебаний очень мала и для их количественного анализа невозможно использование общепринятой (дипольной) модели возникновения поверхностных потенциалов, поэтому применяется качественно новая модель — электродинамическая. Дисперсионные характеристики в программе «Кардиовизор» рассчитываются по 9 группам отклонений. В группах G1–G9 анализируются дисперсии, отражающие степень выраженности и локализацию электрофизиологических нарушений в миокарде предсердий и желудочков в фазы де- и реполяризации. Используются ранговые (интервальные) критерии изменений флуктуаций показателей PQRST и определяется площадь под кривой, огибающей эти флуктуации (рис. 1).

Суммарная величина этой площади (мкВ × мс) по всем группам дисперсионных отклонений, т. е. фактически выраженность этих отклонений, оценивается интегральным индикатором, который получил наименование индекс микроальтернатив «Миокард» (ИММ, в %). Показатель «Миокард» изменяется в относительном диапазоне от 0% до 100% и выводится на экран дисплея, как относительный показатель величины отклонения от нормы. Показатель «Миокард» = 0% соответствует полному отсутствию каких либо значимых отклонений, т. е. положению всех дисперсионных линий внутри границ нормы. При отсутствии клинически значимых

изменений показатель «Миокард» имеет величину 0–15% и чем больше значение этого индикатора, тем больше отклонение от нормы.

Переход от одного измерительного цикла к многократному последовательному измерению микроальтернаций, к их мониторингу, является технологически новой процедурой. Мониторинг показателей дисперсионного картирования не имеет аналогов, так как ни один из известных методов этот ресурс не измеряет. Исследований, посвященных изучению минутной, суточной и годовой периодики микроколебаний ЭКГ-сигнала на протяжении кардиоцикла P–QRS–T у здоровых лиц и больных с различной патологией практически не проводилось.

Ниже представлены результаты трех серий исследований, соответственно посвященных изучению минутной, суточной и годовой периодики интегрального показателя «Миокард».

В 1-ю серию исследований для анализа микроальтернаций в мониторинговом режиме минутных колебаний были включены данные обследования 33 здоровых лиц и 74 больных с острым инфарктом миокарда (ОИМ). Больных ОИМ (средний возраст – 54,5 ± 8,6 лет) обследовали в 1–3 сутки заболевания. Было выполнено 91 мониторирование длительностью от 20 до 90 мин. Анализировали значения ИММ в 30 секундных отрезках последовательно на протяжении времени мониторинга. На рис. 2 представлен пример анализа микроальтернаций в мониторинговом режиме.

Во 2-й серии исследований оценивались циркадные (суточные) изменения показателей ДК. Для изучения суточной динамики микроколебаний ЭКГ использовались записи суточного холтеровского мониторирования, из которых «нарезались» участки длительностью в 15–20 минут (без значимых артефактов) из каждого часа и анализировались их средние значения. Прово-

дился стандартный анализ показателей ДК в 30-секундных отрезках времени. Вычислялись интегральный показатель ИММ и расчетный индекс частотно-метаболической адаптации (индекс $ЧСС_{\max}/ИММ_{\max}$). Проанализированы записи в 2-х группах лиц:

1) у 6 участников наземного эксперимента MAPC-500 (возраст 32–40 лет), в котором испытуемые находились 520 суток в гермокамере, моделируя работу

экипажа при полете к Марсу [10]. Общее число проанализированных суточных записей = 32;

2) у 10 практически здоровых лиц (сотрудников клиники).

В 3-й серии исследований оценивали сезонную динамику изменений показателей ИММ и ЧСС/ИММ 4 раза в год (зима, весна, лето и осень). Группы лиц, включенных в эту серию исследований, представлены в табл. 1.

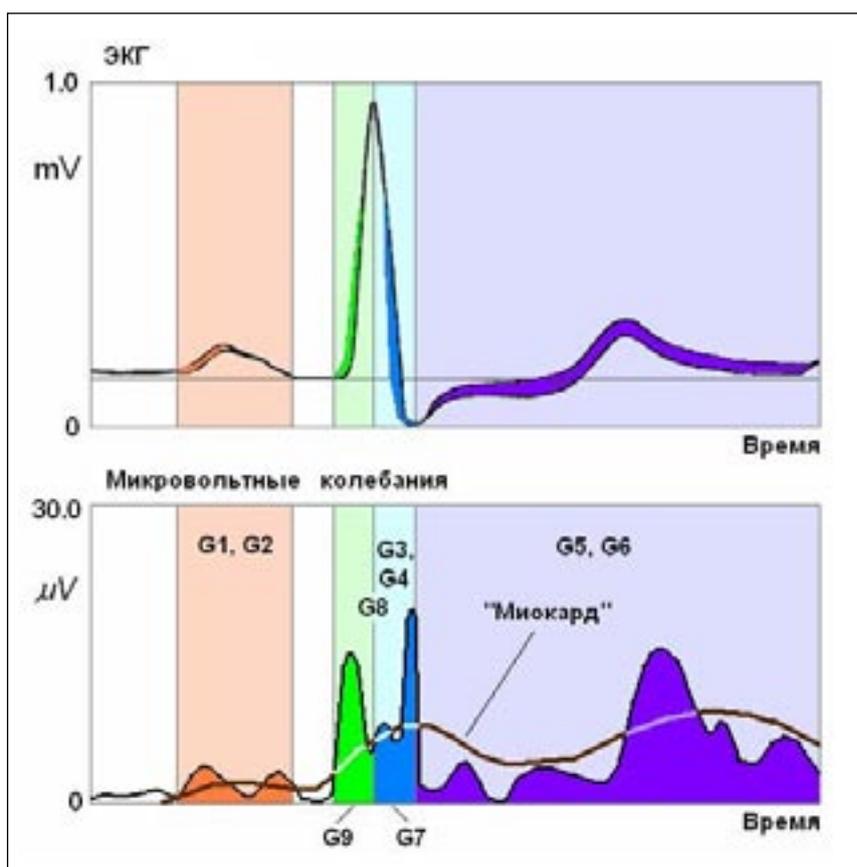


Рис. 1. Исходная ЭКГ и соответствующие ей интервалы расчета амплитуд микроколебаний ЭКГ-сигнала по группам G1–G9 [4].

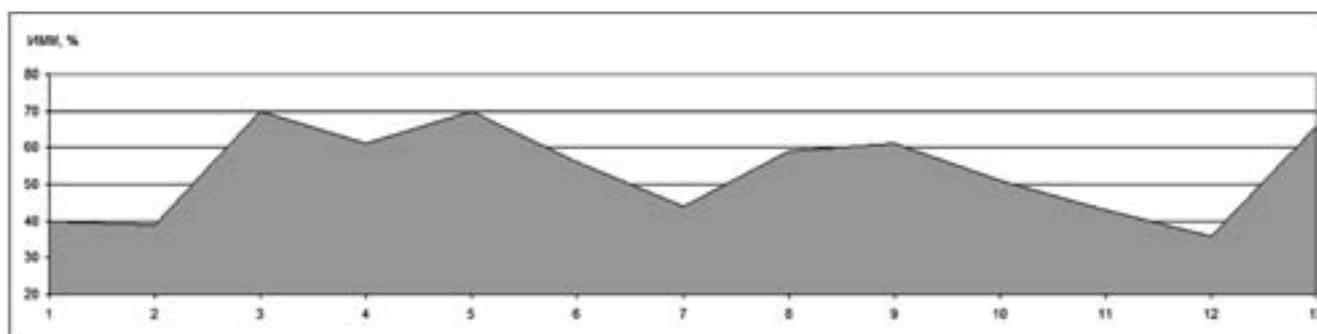


Рис. 2. Пример работы в мониторинговом режиме анализа микроальтернаций. Слева шкала текущих измерений показателя ИММ (в %).

Табл. 1. Сезонная динамика изменений показателей ИММ и ЧСС/ИММ четыре раза в год (зима, весна, лето и осень).

Группы	Научные программы	Подгруппы	Число исследований	Место исследования
Практически здоровые лица	Программа МАРС-500 ГНЦ РФ – ИМБП РАН	Испытатели в течение 520 дней, находившиеся в гермокамере (www.imbp.ru/mars500)	26	г. Москва ГНЦ РФ – ИМБП РАН
		Испытатели, живущие в естественной социально-производственной обстановке (Контрольные группы (www.iki.rssi.ru/mars500))	29	г. Москва г. Магадан г. Минск
Больные ИБС	Научная программа НИЦ ММА им. И. М. Сеченова и РУДН	Лица, живущие в естественной социально-производственной обстановке	51	г. Бейрут
		Больные ИБС	138	

У испытуемых, участвующих в программе МАРС-500, запись ЭКГ и исследования с помощью прибора «Кардиовизор-Обс» проводились ежемесячно в течение 520 суток (исследования проводились синхронно у испытуемых в гермокамере и в контрольных группах). У здоровых лиц и у больных в г. Бейруте дисперсионное картирование ЭКГ проводилось в течение года 4 раза с интервалом в 3 месяца (весна, лето, осень и зима). Анализ данных в группе больных ИБС проводился без индивидуальной оценки влияния проводимой поливалентной терапии, (в случае ее необходимости), которая, как правило, включала в себя бета-блокаторы, ингибиторы АПФ, статины, диуретики.

Результаты исследований

1-я серия исследований. При визуальном анализе результатов мониторинга показателей ИММ выявлены колебания его значений с периодами от 2–5 до 6–15 минут. Контрольную группу составили 33 человека. У больных эти колебания не модулировались медикаментозными воздействиями. Больные ОИМ были разделены на 2 группы: 1-я группа представлена 39

Табл. 2. Частота изменений показателя ИММ с различными периодами колебаний в группах здоровых лиц и больных с ОИМ при мониторинге режиме.

Диагноз	Период колебаний, (мин)	
	1,0–4,0	> 4,0
Здоровые (n = 33)	66%	34%
1 гр (n = 39) ОИМ	63%	37%
2 гр. (n = 35) ОИМ с осложнениями	77%	23%

обследованиями у больных с ОИМ без осложнений, 2-я группа – 35 обследованиями с осложненным течением. Анализ во всех группах проводился без индивидуальной оценки влияния проводимой поливалентной терапии. В табл. 2 представлены результаты анализа периодических компонентов мониторинговой записи микроальтернатив. Выделены типы периодик:

а) с периодами до 4-х минут, так называемые ультранизкочастотные колебания, отражающие состояние сегментарных и надсегментарных нервных центров, регулирующих в основном энерго-метаболические процессы;

б) с периодами выше 4-х минут, характеризующими гормональный уровень регуляторного механизма (7).

Как видно из представленных данных, различие между группами выявляется только по числу случаев с более

длинными периодами (> 4,0 мин.). При этом, больные с осложненным течением ОИМ отличаются значительно более низкой активностью гормонального уровня регуляции и ростом активности энерго-метаболического уровня. Можно предполагать, что это обусловлено перенапряжением и истощением регуляторных механизмов.

2-я серия исследований. Результаты анализа исследований суточной динамики микроколебаний ЭКГ сигнала у участников эксперимента МАРС-500, находящихся в условиях длительной изоляции и у группы здоровых лиц, живущих в естественной социально-производственной обстановке, представлены на рис. 3. Важно отметить, что суточная динамика индекса $ЧСС_{\max}/ИММ_{\max}$ в обеих группах почти идентична. Минимальные значения индекса наблюдаются в районе 5 часов утра. Абсолютные зна-

чения этого показателя в группе участников эксперимента МАРС-500 в ночные часы несколько ниже, в остальное время практически аналогичны группе здоровых людей, живущих в естественной социально-производственной обстановке.

3-я серия исследований. На рис. 3 представлены в одинаковом масштабе средние значения ИММ у испытуемых, находившихся в гермокамере и суммарные средние данные у испытуемых-добровольцев в трех городах (Москва, Магадан, Минск). У испытуемых в гермокамере, начиная с первого месяца изоляции величина ИМ отклонялась на 3–5%, достигая в отдельных случаях 18–20%. В большей степени это происходило только у двух испытуемых из шести. В остальных случаях величина ИММ не превышала 15%, а у одного из испытуемых она снижалась до 6–8%. После окончания эксперимента ИММ нормализовался у всех испытуемых. Средние значения ИМ в течение всего эксперимента находились в пределах 13,2–15%.

В табл. 3 представлены данные о годовых средних значениях ИММ и их сезонном разбросе. Следует отметить, что среднегодовые значения ИММ в указанных городах существенно не отличались и находились в тех же пределах (13,2–14,2%), что изменения ИММ у испытуемых в гермокамере. В целом ИММ имеет наименьшие значения в Минской группе и примерно одинаковые значения в Московской и Магаданской. Последние различаются лишь в осенне-зимний период. Максимумы ИММ приходятся на осенний (Москва и Минск) и весенний (Магадан) периоды, а минимумы на лето. Результаты исследований показывают, что во всех городах отмечаются осенние и весенние подъемы величины ИММ. Характер этих изменений разный, но их сезонность достаточно наглядна. Поэтому наличие однотипных изменений в трех разных группах испытуемых, живущих в различных экологических условиях, однозначно указывает на связь этих изменений с энерго-метаболическими изменениями в миокарде. Весной и особенно осенью организм вынужден перестраивать свою энергетическую систему и соответственно к увеличению нагрузки на сердечно-сосудистую систему и соответственно к повышенным энергозатратам миокарда. Таким образом, рост дисперсии микроколебаний электрического потенциала сердца в осенний и весенний период, по-видимому, связан с повышенными энергетическими затратами миокарда при перестройке адаптационных реакций организма.

Испытуемые, находящиеся в стабильных условиях гермокамеры, казалось

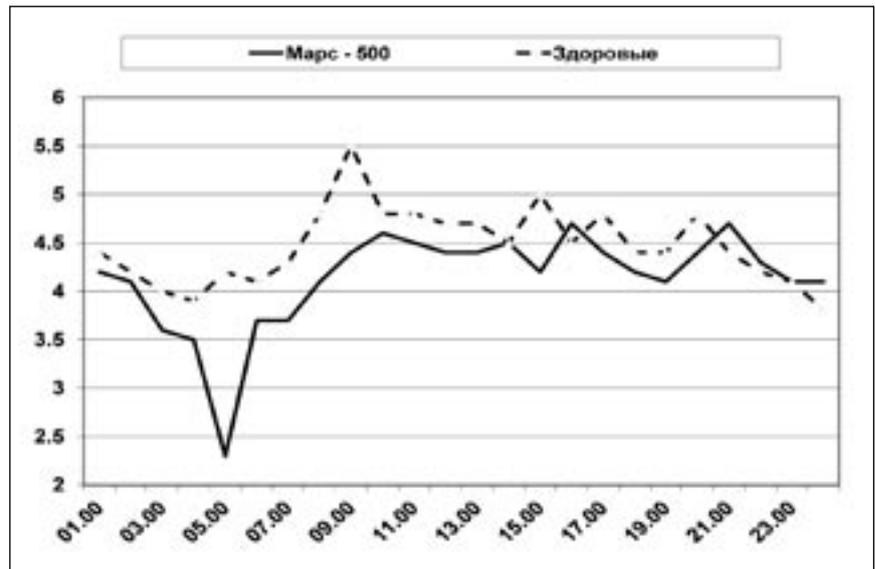


Рис. 3. Циркадная динамика индекса $ЧСС_{\max}/ИММ_{\max}$ в обследованных группах лиц.

Табл. 3. Средние значения индекса «Миокард» в трех городах.

Города	Средние значения ИММ, %	Максимальное значение	Минимальное значение
Минск	13,17	16,2 (октябрь)	12,1 (июнь)
Москва	14,07	14,9 (ноябрь)	12,3 (июль)
Магадан	14,17	14,8 (март)	13,2 (Июль)

бы, не должны испытывать влияния изменений окружающей среды. Однако, как показывают представленные на рис. 4. данные, в годовой динамике ИММ в гермокамере выявляются увеличения этого показателя в осенний и в весенний периоды

Более подробное обсуждение сезонных изменений ИММ может быть проведено на основе сравнения **годовой** динамики ИММ у испытуемых в эксперименте МАРС-500 (гермокамера и контрольные группы) и в г. Бейруте (здоровые и больные). Здесь важно рассмотреть следующие три аспекта проблемы:

- 1) связь сезонных изменений ИММ в гермокамере и в контрольных группах;
- 2) связь сезонных изменений ИММ в контрольных группах с изменениями у здоровых лиц в г. Бейруте;
- 3) связь между сезонными изменениями ИММ у здоровых людей и у больных в г. Бейруте. Конкретные данные исследований в виде индекса $ЧСС_{\max}/ИММ_{\max}$ представлены в табл. 3.

Значения индекса $ЧСС_{\max}/ИММ_{\max}$ в контрольных группах были достоверно выше, чем у испытуемых, находившихся в условиях длительной изоляции. При этом минимальные значения индекса у испытуемых в гермокамере наблюдались весной, а в контрольных группах летом, максимальные же значения в обеих группах были зимой. Разность между максимальными и минимальными значениями была незначительной (0,68 и 0,54).

Сравнение испытуемых контрольных групп со здоровыми людьми в г. Бейруте показывают, что разница между абсолютными значениями индекса $ЧСС_{\max}/ИММ_{\max}$ была незначительной. Максимумы значений были зимой, а минимумы летом (у испытуемых контрольных групп) и осенью (в Бейруте). Разность между максимальными и минимальными значениями в первом случае была значительно выше (0,54), чем во втором (0,27).

Абсолютные значения индекса $ЧСС_{\max}/ИММ_{\max}$ у больных были в два

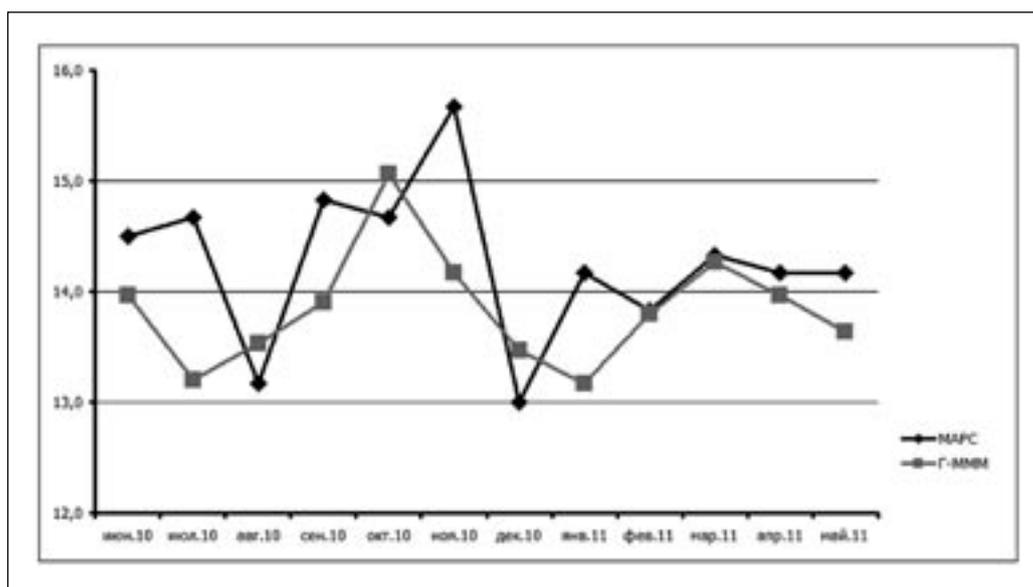


Рис. 4. Сравнение годовой динамики ИММ у испытуемых в гермокамере (МАРС) и у испытуемых в трех городах (Г-ИММ), находящихся в естественной социально-производственной обстановке.

Табл. 4. Сравнение годовой динамики ЧСС_{макс}/ИММ_{макс} у испытуемых в эксперименте МАРС-500 (гермокамера и контрольные группы) и в г. Бейруте (здоровые и больные).

Группа	Зима	Весна	Лето	Осень
МАРС-500 – гермокамера (n = 26)	4,45±0,12	3,77±0,11*	3,90±0,14*	4,10±0,15
МАРС-500 – контрольные группы (в трех городах) (n = 29)	5,74±0,13**	5,45±0,14*,**	5,20±0,11*,**	5,30±0,12*,**
Бейрут (здоровые, n = 51)	5,75±0,14	5,77±0,3*	5,55±0,15	5,50±0,11*
Бейрут (больные, n = 138)	2,7±0,4**	2,8±0,4**	2,8±0,4**	3,1±0,3**

Примечание: * – достоверность различий с зимним периодом, ** – то же между данными в эксперименте «МАРС-500» и между группами здоровых и больных в г. Бейруте.

раза ниже, чем у здоровых. Их максимальное значение у больных наблюдалось осенью, в то время как у здоровых лиц весной. Разность между максимальными и минимальными значениями была незначительной (0,27 и 0,21).

Обсуждение и заключение

В процессе жизнедеятельности уровень функционирования организма подвергается непрерывной перестройке внутренних связей между

физиологическими системами, которая проявляется изменениями их активности. Было показано, что метаболические процессы характеризуются периодическими колебаниями [7], в частности колебаниями с периодами в 2–3 минуты на молекулярном уровне в том числе при ферментативных реакциях, связанных с расщеплением глюкозы с образованием АТФ. Нарушение этих процессов ведет к недостаточности синтеза АТФ и, следовательно, к метаболическому энергодефициту. Между биохимическими и биофизическими колебательными изменениями в тканях существует несомненная связь. П. Хочачка, Дж. Семеро [8] выявили, что на уровне клетки субмикроскопические колебания структуры совпадают с ритмикой окислительных процессов. Разработка мониторинго

режима регистрации показателей дисперсионного картирования ЭКГ позволило неинвазивным путем наблюдать за биологическими ритмами электрофизиологических процессов в миокарде на молекулярно-клеточном уровне.

Как показано в 1-й серии исследований, именно у больных с осложненным течением ОИМ более часто наблюдаются ритмы с периодами 1–4 минуты, характерные для активации энерго-метаболического уровня регуляции физиологических функций. Наличие циркадных ритмов изменений ИММ, характерных для здоровых людей и сохраняющихся даже в условиях длительной изоляции показывает, что регуляция энерго-метаболических процессов в миокарде обеспечивается многими звеньями регуляторного механизма. Эти факты

могут служить хорошей иллюстрацией положения о сердечно-сосудистой системе как индикаторе адаптационных реакций всего организма.

Еще более наглядные подтверждения этого положения дают результаты изучения сезонной периодики показателей ДК ЭКГ. Как известно, сезонные ритмы необходимы для синхронизации биологических явлений с годовым циклом внешних условий, что особенно важно в умеренных и северных широтах с резкой годовой изменчивостью климата. В 3-й серии исследований эта роль сезонных колебаний видна на примере сравнения амплитуды сезонных колебаний ритма индекса $ЧСС_{\max}/ИММ_{\max}$ в городах Москва, Минск и Магадан с амплитудой колебаний у здоровых лиц в южном городе Бейруте. Наряду с функциями биоритмов, направленными на компенсацию сезонных колебаний основных параметров окружающей среды важное значение имеют и эндогенные механизмы сезонных биоритмов. Их действие является адаптивным, обеспечивая полноценное приспособление организма к циклическим изменениям параметров окружающей среды. Резкое снижение абсолютной величины индекса $ЧСС_{\max}/ИММ_{\max}$ у больных с ОИМ и уменьшение амплитуды сезонных колебаний свидетельствует об ослаблении эндогенного механизма сезонных биоритмов.

Наконец, наличие сезонных ритмов показателей ДК ЭКГ у испытуемых, длительное время находящихся в гермокамере, в условиях изоляции подтверждает важную роль эндогенного механизма в необычных условиях окружающей среды. Не менее интересным является то, что и у испытуемых в гермокамере и у людей, живущих в естественных социально-производственных условиях наблюдаются одинаковые по величине сезонные колебания ИИМ, которые находятся в пределах 13–15%. Этот факт является очень важным, поскольку показывает наличие отчетливых сезонных колебаний ИИМ у испытуемых, защищенных от прямого воздействия факторов окружающей среды, в том числе от климатических влияний. Следовательно, можно полагать, что сезонные изменения электрофизиологических характеристик миокарда обусловлены «управляющими сигналами», возникающими внутри организма (эндогенный механизм), что указывает на внутреннюю природу выявленных колебаний. Создается впечатление, что сезонные колебания электрофизиологических характеристик миокарда «записаны» в кардиомиоцитах подобно генетической информации. Установление этого нового факта расширяет наши пред-

ставления о биологической организации системы управления в живом организме и может быть отнесено к фундаментальным результатам исследования.

Литература

1. Аносов О. Л., Хасанов И. Ш., Хензель Б. и др. Метод мониторинга изменений паттерна возбуждения в миокарде *in vivo* // Вестник аритмологии, 48, 2007, с. 28–34.
2. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем. Вестник аритмологии, 2001, 24, с. 69–85
3. Заславская Р. М. Хронодиагностика и хронотерапия заболеваний сердечно-сосудистой системы. – М.: Медицина, 1991. – 319 с.
4. Иванов Г. Г., Сула А. С. Дисперсионное ЭКГ-картирование: теоретические основы и клиническая практика. – М. Техносфера 2009, 192 с.
5. Никулина Г. А. К вопросу о «медленных» ритмах сердца // В кн.: Математические методы анализа сердечного ритма. – М.: Наука, 1968, с 56.
6. Парин В. В., Баевский Р. М., Волков Ю. Н., Газенко О. Г., Космическая кардиология, – Л., Медицина, 1967, 298 с.
7. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики-Новосибирск: Наука, 1998. 234 с.
8. Хочачка П., Семеро Дж. Биохимическая адаптация: Пер. с англ. 1988. М.: Мир. 568 с.
9. Lakatua D. Molecular and genetic aspects of chronobiology. – Heidelberg: Springer – Verlag, 1992. – 216 p.
10. www.imbp.ru/mars500
11. www.iki.rssi.ru/mars500

Minute, circadian and seasonal fluctuations of microalternations of an electrocardiogram-signal according to dispersive mapping

G. G. Ivanov^{1, 2, 3}, R. M. Baevskiy³
Ghazi Halab², É. J. Bersenev³
V. B. Rusanov³

¹Cardiology department of Moscow Medical Academy of I. M. Sechenova Russia

²Chair of hospital therapy of Russian University of People Friendship, Moscow

³Institute of biomedical problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract

The method of an electrocardiogram dispersive mapping (ECG DM is connected with studying low amplitude fluctuations of an electrocardiograms signal. A basis of these fluctuations infringements of ionic-transport function, structure of cellular

membranes and mitochondrial power formations, infringements of microcirculation and a number of other factors. Character and degree of change of microalternations is new diagnostic area of the signs reflecting «stock» electrophysiological compensatory resources of a myocardium. Research of minute, daily and seasonal rhythms of indicators of the dispersive analysis of an electrocardiogram (electrocardiogram recreation centre) opens new possibilities for not invasive studying of processes at moleculo-cellular level of the live system organization.

In these publication materials on monitoring of ECG dispersive mapping for the first time are represented. Transition from one measuring cycle to repeated consecutive measurement of microalternations, to their monitoring, is technologically new procedure and has no analogues. In article results of three series of the researches accordingly devoted to studying of the minute, daily and annual periodical press of an integrated indicator «Myocardium» are presented. The data of 33 healthy people and 74 patients with a sharp heart attack of a myocardium have been included. In 1st series of researches for the analysis of microalternations in a monitor mode of minute. In the 2nd and 3rd series of researches materials of experiment «MARS-500» which was spent at Institute of bio-medical problems of the Russian Academy of Sciences for the purpose of modelling of work of crew at flight to Mars have been used. 6 verifiers within 520 days were in it in hermochamber, simulating the interplanetary ship, and as control groups almost healthy people-volunteers in various regions were simultaneously investigated. All participants of experiment it was monthly spent an DM ECG. Besides in 3th series of researches the data received by employees of the Russian University of People Friendship in Beirut (51 the healthy person and 138 patients) has been used.

The most interesting are results is presence of seasonal rhythms of indicators of ECG DM at verifiers, long time being in hermochamber, in the conditions of isolation. This fact is very important as shows presence of distinct seasonal microfluctuations of an electrocardiogram of a signal at the verifiers protected from direct influence of factors of environment, including from climatic influences. Hence, it is possible to believe that seasonal changes of electrophysiological characteristics of a myocardium are caused by «operating signals», arising in an organism (the endogen mechanism) that specifies in the internal nature of the revealed fluctuations. The Establishment of this new fact expands our representations about the biological organization of a control system in a live organism and can be carried to fundamental results of research.

Key words: dispersive mapping of electrocardiograms, seasonal biological rhythms, an indicator «Myocardium», electrophysiological indicators monitoring, experiment «Mars-500».

Хвилинні, циркадні та сезонні коливання мікроальтернацій ЕКГ-сигналу за даними дисперсійного картування

Г. Г. Іванов^{1,2,3}, Р. М. Баєвський³
Г. Газр, Є. Ю. Берсенєв³, В. Б. Русанов³

¹Відділ кардіології НДЦ ММА

ім. І. М. Сеченова, Москва, Росія

²Кафедра шпитальної терапії РУДН, Москва

³Інститут медико-біологічних проблем РАН, Москва

Резюме

Метод ДК ЕКГ пов'язаний з вивченням низькоамплітудних коливань ЕКГ сигналу. Дослідження хвилинних, добових і сезонних ритмів показників дисперсійного аналізу ЕКГ (ДК ЕКГ) відкриває нові можливості для неінвазивного вивчення процесів на молекулярно-клітинному рівні організації живої системи. У даній публікації вперше представляються матеріали з моніторингу показників ДК ЕКГ.

У статті представлені результати трьох серій досліджень, відповідно при-

свячених вивченню хвилиної, добової та річної періодики інтегрального показника «Міокард». У 2-й і 3-й серіях досліджень були використані матеріали наземного експерименту «МАРС-500», який проводився в Інституті медико-біологічних проблем РАН з метою моделювання роботи екіпажу при польоті до Марса. У всіх учасників експерименту щомісячно проводилося ДК ЕКГ.

Найбільш важливим результатом дослідження стало виявлення сезонних ритмів показників ДК ЕКГ у випробувачів, які тривалий час знаходяться в гермокамері, в умовах ізоляції. Можна вважати, що сезонні зміни електрофізіологічних характеристик міокарда обумовлені «керуючими сигналами», виникаючими всередині організму (ендогенний механізм), що вказує на внутрішню природу виявлених коливань.

Ключові слова: дисперсійне картування електрокардіограми, сезонні біологічні ритми, показник «Міокард», моніторингування електрофізіологічних показників, експеримент «Марс-500».

Переписка

д.м.н., професор Р. М. Баєвський

Государственный научный центр

РФ – Институт медико-биологических проблем РАН

Хорошевское шоссе, 76 А

Москва, 123007, РФ

эл. почта: rmb1928@mail.ru