

ПЕРЕДОВАЯ СТАТЬЯ

Р.М.Баевский, Г.А.Никулина

**ХОЛТЕРОВСКОЕ МОНИТОРИРОВАНИЕ В КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ:
АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА***Государственный Научный Центр РФ – Институт медико-биологических проблем, Москва, Россия.*

Изложены принципы и методика оценки данных Холтеровского мониторинга, используемого для оценки функционального состояния организма и процессов адаптации в экстремальных условиях космического полета.

Ключевые слова: Холтеровское мониторирование, вариабельность ритма, космическая медицина.

The principles and method of assessment of the data of Holter monitoring which are used for estimation of the organism functional state and the adaptation processes under the extreme conditions of space flight are described.

Key words: Holter monitoring, heart rate variability, space medicine

ВВЕДЕНИЕ

Одним из методов, систематически используемым в космической медицине для исследования членов экипажа до, во время и после космического полета, является Холтеровское мониторирование (Goldberger et al., 1994, Баевский, Никулина, 1995). В космической медицине первоначальной задачей Холтеровского мониторирования (ХМ) было выявление скрытой сердечной патологии при отборе космонавтов и при обследовании перед полетом, а также ранняя диагностика вероятных отклонений со стороны сердечно-сосудистой системы в ходе полета. Однако, уже первое его применение во время длительных космических экспедиций на орбитальной станции «Салют» (1978–79 гг.) показало, что, наблюдавшиеся в полете изменения ЭКГ были несущественными и не имели клинической значимости. Это дало толчок развитию физиологического, прогностического подхода к анализу и трактовке данных Холтеровского мониторирования. В данной работе основное внимание уделяется именно этому подходу, который в течение последних двух десятилетий активно развивался в космической медицине и может представить интерес для широкого круга физиологов и клиницистов.

**1. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ
ДАННЫХ ХОЛТЕРОВСКОГО
МОНИТОРИРОВАНИЯ В КОСМИЧЕСКОЙ
МЕДИЦИНЕ****1.1. Теретические основы использования результатов Холтеровское мониторирование для оценки функционального состояния организма**

Среди множества определений функционального состояния организма применительно к проблемам космической медицины наиболее практичен подход, основанный на представлениях теории адаптации и учения о гомеостазе. Это обусловлено тем, что факторы космического полета вызывают целый ряд изменений в различных системах организма и его реакции на эти воздействия направлены, во-первых, на адаптацию к новым условиям, во-вторых, на сохранение межсистемного и внутрисистемного гомеостаза за счет включения соответствующих компенсаторных механизмов. Организм человека, испытывающий в условиях современного научно-техни-

ческого прогресса постоянные стрессорные воздействия (производственные, психоэмоциональные и др.), необходимо рассматривать как динамическую систему, которая непрерывно приспосабливается к условиям окружающей среды путем изменения уровня функционирования отдельных систем и органов и соответствующего напряжения регуляторных механизмов. Адаптация к новым условиям среды достигается ценой затраты функциональных ресурсов организма, за счет определенной «биосоциальной платы» (Авцын, 1975). Как известно, при воздействии факторов, имеющих стрессорный характер, возникает общий адаптационный синдром (Селье, 1961), который рассматривается как неспецифический ответ организма и сопровождается напряжением регуляторных систем, направленным на мобилизацию функциональных резервов. Повседневная жизнь и деятельность также вызывают определенное напряжение механизмов регуляции. Это «рабочее напряжение» зависит от возраста, пола, индивидуальных особенностей, уровня здоровья, но не выходит за рамки так называемой физиологической нормы. В тех случаях, когда окружающие условия среды требуют от организма повышенных усилий, «диагностируют» функциональное напряжение (умеренное, значительное или резко выраженное). Слово «диагностируют» здесь использовано не случайно. Состояния функционального напряжения относят к так называемым донозологическим и для их распознавания используются методы донозологической диагностики (Баевский, Казначеев, 1978). Донозологические состояния являются пограничными между нормой и патологией. Они предшествуют развитию болезни и указывают на снижение адаптационных возможностей организма (Баевский, 1979, Баевский, Берсенева, 1997).

Для космической медицины развитие учения о донозологических состояниях представляет большой научный и практический интерес. Особенно это важно при разработке принципов прогнозирования функциональных состояний космонавта в полете. Надо отметить, что фактически именно в космической медицине были начаты первые исследования по изучению функциональных состояний здорового организма на грани нормы и патологии (Баевский, 1979). Для оценки состояния здоровья космонавтов была создана классификация функциональных состояний, включающая 10 ступеней – баллов (Баевский, 1983).

Для распознавания различных градаций функционального состояния организма в зоне, пограничной между нормой и патологией, в условиях космического полета целесообразно использовать показатели, характеризующие реакции системы кровообращения. Ввиду отсутствия гравитационного фактора кровообращения и снижения энергозатрат на поддержание позы и перемещения тела эта система является одной из «мишеней» непосредственного воздействия невесомости. В.В.Парин с соавторами (Парин, Баевский, Газенко, Волков, 1967) выдвинули концепцию о системе кровообращения как индикаторе адаптационных реакций целостного организма. Система кровообращения, наряду с нейро-эндокринной системой, играет существенную роль в процессах адаптации, что связано, прежде всего, с ее функцией транспорта питательных веществ и кислорода, основных источников энергии для клеток и тканей. Энергетический механизм занимает ведущее место в процессах адаптации. Дефицит энергетического обеспечения клеток и тканей является пусковым сигналом, запускающим всю цепь регуляторных приспособлений (Меерсон, 1981). Переход от неустойчивого механизма кратковременной (срочной) адаптации к устойчивому механизму долговременной адаптации связан с усилением мощности клеточных систем синтеза белков и нуклеиновых кислот и обеспечивается увеличением их митохондриального аппарата. Как известно, важную роль в регуляции сердца и сосудов, в их приспособлении к текущим потребностям организма, играет вегетативная нервная система. Вместе с тем вегетативный гомеостаз зависит от состояния более высоких уровней регуляции и отражает результаты адаптивного поведения всего организма. Для оценки состояния симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, подкоркового сердечно-сосудистого центра а также высших вегетативных центров в космической медицине получил применение анализ variability сердечного ритма (Парин, Баевский, Газенко, 1965, Воскресенский, Вентцель, 1965, Баевский, Барсукова, Тазетдинов, 1981). Этот неинвазивный, достаточно простой и весьма информативный метод в настоящее время завоевал себе широкое признание как в нашей стране (Клецкин, 1979, Баевский, 1979, Жемайтис, 1982, Баевский, Кириллов, Клецкин, 1984, Миронова, Мионов, 1998, Рябыкина, Соболев, 1998), так и за рубежом (Sayers, -1973, van Ravenswaaij-Arts C.M., et al. 1993:).

Анализ variability сердечного ритма получил развитие в космической медицине еще во время первых полетов человека (Баевский, Газенко 1965). Многолетний опыт его применения для оценки функционального состояния космонавтов на разных этапах полета показал, что он позволяет определять уровень стресса, распознавать появление перенапряжений, аритмий и состояний функционального напряжения, предшествующих развитию болезни. Наряду с общеизвестными на Западе методами анализа (Heart rate variability, 1996) в России, в частности, в космической медицине, применяют комплексную оценку variability ритма сердца, не имеющую аналогов в мировой практике. При этом по определенному набору показателей формируется заключение о степени напряжения регуляторных систем (показатель

активности регуляторных систем – ПАРС). ПАРС был предложен в начале 80-х годов (Баевский, 1983, Баевский, Кириллов, Клецкин, 1984) как интегральный показатель, характеризующий не только суммарный эффект регуляции, но и состояние функции автоматизма, вегетативный гомеостаз, активность вазомоторного центра, состояние подкоркового сердечно-сосудистого центра и более высоких уровней нейро-гуморальной регуляции. Этот показатель использовался в различных областях медицины и физиологии и характеризуется высокой информативностью для оценки степени напряжения регуляторных систем и степени адаптации организма к условиям окружающей среды. При вычислении ПАРС формируется 10-балльная шкала значений. При этом используются данные статистического автокорреляционного и спектрального анализа, а также данные вариационной пульсометрии (Баевский, Кириллов, Клецкин, 1984; Баевский, Лапкин и др., 1996).

1.2. Особенности анализа variability сердечного ритма при Холтеровском мониторинге

У человека в формировании суточного ритма отдельных физиологических процессов наряду с физическими датчиками времени (температура, освещенность, изменения магнитного поля и т.д.) важную роль играет комплекс социально-психологических и производственных факторов. Поэтому смену дня и ночи можно рассматривать как своеобразную функциональную пробу, предъявляемую организму ежедневно естественным путем. Изменение адаптационного поведения биосистемы в ответ на суточные колебания условий окружающей среды зависит от функциональных возможностей организма, состояния механизмов регуляции адаптации и гомеостаза. Циклические процессы в живых системах можно определить как процессы адаптации, направленные на поддержание равновесия внутри организма и между организмом и средой. Важным при этом является условие сохранения стабильности системы или оптимальной жесткости ее внутренних связей. Поскольку суточные колебания физиологических показателей отражают активное взаимодействие механизмов адаптации и гомеостаза, общепринятые хронобиологические показатели могут интерпретироваться с физиологических позиций. Так, уровень гомеостаза характеризуется величиной Мезора - среднесуточного значения показателя. Активность адаптационных процессов определяется амплитудой суточных колебаний. Временное согласование различных функций можно оценивать по акрофазам. Таким образом, используя данные Холтеровского мониторинга можно подробно проанализировать хронобиологические аспекты адаптационного процесса и, что особенно важно, участие в этом процессе различных звеньев регуляторного механизма.

В последние годы у нас и за рубежом началось активное исследование суточной variability сердечного ритма по данным Холтеровского мониторинга. Создаются специальные методы и подходы к анализу суточного массива RR-интервалов (Bigger, Albrecht., Steimann et al., 1988, Lombardi., Sandroni., Mortara et al., 1992, Baevsky, Bennett, Bungo et al., 1997). В Европейс-

ко-Американских стандартах (Heart rate variability, 1996) имеется специальный раздел, посвященный анализу суточной вариабельности сердечного ритма. В частности при прогнозировании риска внезапной смерти используются данные о значении SDNN (van Ravenswaaij-Arts, Kollee, Norman et al., 1993). При этом считается, что снижение среднесуточного значения этого показателя ниже 50 миллисекунд уже является сигналом тревоги, а его уменьшение до 20 мс дает 95-процентный риск внезапной смерти.

Для оценки адаптационных и гомеостатических механизмов по данным измерения показателей вариабельности сердечного ритма в течение суток (например, каждый час) может использоваться стандартный статистический подход с вычислением средних значений, вариационного размаха и коэффициентов взаимной корреляции Л.М.Макаров (1998) предложил вычислять циркадный индекс (ЦИ) как отношение дневного значения ЧСС к ночному. Предложены специальные показатели (Баевский, Никулина, Семенова, 1977): ПСАД (показатель суточной адаптивности) и КСФ (коэффициент синхронизации функций). Более глубокий анализ временной организации физиологических функций может быть обеспечен применением метода «Косинор» (Окунева, Власов, Шевелева, 1987).

1.3. Комплексный клинико-физиологический подход к оценке данных Холтеровского мониторирования

Учитывая особенности оценки данных Холтеровского мониторирования на разных этапах отбора, подготовки, предполетного периода и во время космического полета нами разработан комплексный клинико-физиологический подход. Клиническая оценка ЭКГ при Холтеровском мониторировании играет важную роль в предполетном периоде, особенно в исследованиях, предшествующих старту. В этот период в связи с напряженной подготовкой к полету у членов экипажа могут возникнуть такие изменения ЭКГ, которые могут наблюдаться в результате длительного стресса. Не менее важное значение имеет клинический анализ ЭКГ при Холтеровском мониторировании в первые дни после возвращения на Землю. Здесь нередко наблюдаются преходящие метаболические и даже коронарные изменения ЭКГ в первые часы пребывания на Земле (Григорьев., Егоров, 1997). В отдельных случаях отмечаются изменения формы ЭКГ и нарушения ритма, особенно в ночные часы и на 2-3-й дни после приземления. Все эти находки представляют практический интерес в связи с планированием восстановительных мероприятий в периоде реадаптации космонавтов к земным условиям.

Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) по данным Холтеровского мониторирования в космической медицине имеет многолетний опыт и постоянно совершенствуется в связи с развитием программных средств и ростом наших знаний о механизмах регуляции физиологических функций. В таблице 1 представлен сокращенный перечень показателей ВСР, которые используются нами при оценке результатов исследований. Физиологическая интерпретация показателей, ос-

новывается на опыте использования метода в космической медицине и имеет некоторые отличия от представлений ряда зарубежных авторов. В частности, относительная и абсолютная мощность низкочастотных колебаний (медленные волны 1-го порядка – МВ-1) рассматривается в связи с активностью подкоркового вазомоторного центра (Sayers, 1973, Баевский, Кириллов, Клецкин, 1984), хотя в более широком смысле этот показатель отражает состояние симпатического звена регуляции (van Ravenswaaij-Arts, Kollee., Norman. et al., 1993). Медленноволновая периодика в диапазоне 0,05–0,015 Гц (медленные волны 2-го порядка – МВ-2), обозначаемая обычно как очень низкочастотные колебания (VLF), как показали многочисленные исследования связана с активностью кортикальных структур и с состоянием высших вегетативных центров (Хаспекова, 1996, Флейшман, 1999). Важное значение придается показателю степени напряжения регуляторных систем, который определяется суммарной активностью симпатического звена вегетативной регуляции и вычисляется по графику распределения RR-интервалов (вариационной пульсограмме). Он получил название индекса напряжения регуляторных систем или стресс индекса (Stress Index-SI) (Баевский, Кириллов, Клецкин, 1984),

Все указанные показатели вычислялись в последовательных 5-ти минутных сегментах 24-х часовой записи (144 сегмента) и в результате получались динамические ряды абсолютных значений каждого из показателей. Весьма наглядными являются графики почасовых значений, в которых представлены средние величины показателей за каждый час. Другой формой отображения почасовых значений показателей являются круговые диаграммы, где почасовые значения представлены в процентах по отношению к среднесуточному уровню. Здесь важным является выделение максимумов и минимумов почасовых значений (по времени суток, по абсолютной и относительной величине). Для оценки процесса адаптации к циклам «день-ночь» и «утро-вечер» оказалось эффективным построение диаграмм по 8-часовым (или 6-и часовым) средним значениям показателей. Специально вычисляется показатель ПСАД в % $(\text{ЧСС}_{\text{макс}} - \text{ЧСС}_{\text{мин}}) * 100 / \text{ЧСС}_{\text{ср}}$, где макс, мин и ср. – соответственно максимальное, минимальное и среднесуточное значения показателя. При этом вместо ЧСС могут быть использованы и другие показатели. Весьма информативен показатель КСФ (среднее значение из суммы модулей коэффициентов парной корреляции почасовых средних значений группы показателей). Обычно используются группы показателей: ЧСС, СКО и ИН или ЧСС, RMSSD и pNN50.

При оценке данных, полученных в результате анализа ВСР у космонавтов при Холтеровском мониторировании совершенно обязательным является оценка изменений ЭКГ, которые, обычно появляются на стадиях перенапряжения и истощения регуляторных механизмов. В этой связи следует выделить две группы оценочных критериев:

1) Клинически значимые изменения ЭКГ и вариабельности сердечного ритма, указывающие на разви-

тие состояний, требующих срочного реагирования медицинской службы и свидетельствующие о недостаточной эффективности проводимых в полете плановых профилактических мероприятий. Так при развитии острых состояний необходимо оценить показатели ЭКГ, характеризующие коронарное кровообращение и исключить наличие острого инфаркта миокарда, определить степень метаболических сдвигов в миокарде и выявить наличие и выраженность нарушений проводимости и автоматизма. При этом важнейшее значение имеет также оценка регуляторных сдвигов, в частности, определение показателя общей variability SDNN, среднесуточное значение которого не должно быть ниже 50 мс. (van Ravenswaaij-Arts, Kollee, Norman et al., 1993).

2) Физиологически значимые изменения ЭКГ и variability сердечного ритма, отражающие течение процесса адаптации организма к условиям длительного космического полета. Здесь важно оценить функциональные резервы организма космонавта. Суточные колебания показателей ЭКГ и variability сердечного ритма являются чувствительным индикатором адаптационных возможностей системы регуляции кровообращения. В связи этим важную роль приобретают такие показатели как ПСАД и КСФ. Здесь также существенно выявление вероятных изменений со стороны миокарда, например, выявление метаболических сдвигов, которые проявляются изменениями амплитуды зубца Т или появлением одиночных экстрасистол. Процесс адаптации протекает нормально в случае, если не выяв-

Таблица 1.

Основные показатели variability сердечного ритма и их краткая физиологическая интерпретация (для записей с объемом выборки – 5 минут)

№ п/п	Показатели	Русский аналог	Наименования показателей	Физиологическая интерпретация
1	HR	ЧСС	Частота пульса	Средний уровень функционирования системы кровообращения
2	SDNN	СКО	Стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов	Суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения
3	RMSSD		Квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов	Активность парасимпатического звена вегетативной регуляции
4	pNN50		Число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс. в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве	Показатель степени преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим (относительное значение)
5	SI	ИН	Индекс напряжения регуляторных систем (стресс индекс)	Степень напряжения регуляторных систем (степень преобладания активности центральных механизмов регуляции над автономными)
6	HF, (%)	ДВ, %	Мощность спектра высокочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний	Относительный уровень активности парасимпатического звена регуляции
7	LF, (%)	МВ-1, %	Мощность спектра низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний	Относительный уровень активности вазомоторного центра
8	VLF, (%)	МВ-2, %	Мощность спектра сверхнизкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний	Относительный уровень активности симпатического звена регуляции
9	RSAI	ПАРС	Показатель активности регуляторных систем (в баллах)	Суммарная адаптационная реакция системы вегетативной регуляции (условная "цена адаптации" организма к условиям окружающей среды)
10	SHF	ДВ, ср.	Среднее значение мощности спектра высокочастотного компонента variability в мс ²	Средний уровень активности парасимпатического звена регуляции
11	SLF	МВ-1, ср.	Среднее значение мощности спектра низкочастотного компонента variability в мс ²	Средний уровень активности вазомоторного центра
12	SVLF	МВ-2, ср.	Среднее значение мощности спектра сверхнизкочастотного компонента variability в мс ²	Средний уровень активности симпатического звена регуляции

ляются признаки снижения функциональных резервов организма. Весьма наглядной и информативной является оценка функционального состояния по значениям ПАРС. Ухудшение функционального состояния организма характеризуется увеличением ПАРС. Обычно в ходе полета величина ПАРС не превышает 2–3 баллов. Увеличение его до 4–5 баллов указывает на состояние неудовлетворительной адаптации и свидетельствует о недостаточной эффективности профилактических мероприятий.

В таблице 2 приведен перечень клинико-физиологических критериев, рекомендуемых к использованию при анализе данных Холтеровского мониторирования. Представленные оценочные критерии позволяют подойти к оценке функциональных состояний членов экипажа

на основе принципов донозологической диагностики. На основе указанных критериев и с учетом 10-балльной шкалы функциональных состояний, используемых в донозологической диагностике, была создана специальная шкала для оценки результатов Холтеровского мониторирования у космонавтов (см. таблицу 3).

Таблица 2.

Клинико-физиологические критерии оценки ЭКГ, полученных при Холтеровском мониторировании, в длительных космических полетах

Клинически значимые изменения	Физиологически значимые изменения
Все виды нарушений ритма сердца (суправентрикулярные или желудочковые экстрасистолы – единичные и групповые, блокады ножек пучка Гиса, паузы)	Выраженная дыхательная аритмия SDNN ниже 70 мс MxDMn меньше 100 мс, pNN50 ниже 5%
Смещения интервала ST±1,5–2 мм.	ПАРС выше 3 баллов
Снижение амплитуды зубца Т, наличие отрицательных и двухфазных зубцов Т	HF ниже 10%, LF выше 50%
Снижение среднесуточного значения SDNN (ниже 50 мс)	Уменьшение ЦИ ниже 1,2 ПСАД ниже 10%, КСФ >0,85 или <0,3

Таблица 3.

Шкала балльных оценок результатов Холтеровского мониторирования на основе использования принципов донозологической диагностики

Оценка в баллах	Оценка функционального состояния	Физиологически и клинически значимые изменения результатов Холтеровского мониторирования
1–2	Состояние удовлетворительной адаптации к условиям окружающей среды. Достаточные функциональные возможности организма. Гомеостаз поддерживается в физиологических пределах	а) Среднесуточное значение частоты пульса не выше 70–75 уд/мин. Наличие значимых различий средней частоты пульса за утренний, дневной и ночной периоды; б) SDNN выше 70–100 мс. ПАРС = 1–2 балла; в) Отсутствие клинически значимых изменений ЭКГ.
3–4	Состояние напряжения адаптационных механизмов. Функциональные возможности организма не снижены. Гомеостаз поддерживается благодаря определенному напряжению регуляторных систем.	а) Увеличение среднесуточного значения частоты пульса до 80–85 уд/мин; б) Отсутствие значимых различий средней частоты пульса за утренний, дневной и ночной периоды; в) pNN50 ниже 15%, HF ниже 10%, LF выше 50%, VLF выше 70%, ПАРС = 3–4 балла г) ЦИ ниже 1,2, ПСАД ниже 10%, КСФ >0,85 или <0,3 д) Отсутствие клинически значимых изменений ЭКГ
5–6	Состояние неудовлетворительной адаптации к условиям окружающей среды. Функциональные возможности организма снижены. Гомеостаз поддерживается благодаря значительному напряжению регуляторных систем.	а) Увеличение среднесуточного значения частоты пульса выше 80 уд/мин; б) SDNN ниже 70 мс и pNN50. ниже 5%; в) Увеличение ПАРС до 5–6 баллов г) Наличие умеренно выраженных клинически значимых изменений ЭКГ
7–8	Значительное снижение функциональных возможностей организма. Состояние дизадаптации с явлениями перенапряжения и истощения регуляторных систем (преморбидные состояния). Гомеостаз поддерживается благодаря включению компенсаторных механизмов	а) SDNN ниже 50 мс; б) ПАРС до 7–8 баллов; в) Наличие эпизодов нарушения ритма, смещений интервала ST, отрицательных зубцов Т.
9–10	Резкое снижение функциональных возможностей организма. Гомеостаз нарушен, срыв (полом) механизмов адаптации. Развитие патологических состояний (заболеваний).	а) SDNN ниже 30 мс; б) ПАРС до 9–10 баллов; в) Наличие стойких клинически значимых изменений ЭКГ

2. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ХОЛТЕРОВСКОМ МОНИТОРИРОВАНИИ В ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ

В качестве примеров анализа вариабельности сердечного ритма при Холтеровском мониторинге в длительных космических полетах ниже будут представлены данные нескольких экспедиций на орбитальной станции «Мир», в том числе рекордного полета длительностью в 438 суток (Baevsky, Bennet, Bungo et al., 1997, Baevsky, Moser, Nikulina et al., 1998, Баевский, Богомолов, Гольдбергер и др., 2000).

115-суточный космический полет.

Исследования были проведены на двух членах экипажа до полета, на 1-м, 2-м, 3-м и 4-м месяцах полета и на 1–2-е сутки после возвращения на Землю. В таблице 4 представлены среднесуточные значения ряда основных показателей вариабельности ритма сердца у 1-го и 2-го членов экипажа на разных этапах полета. Прежде всего рассмотрим значения показателей в предполетном периоде. Как видно из представленных данных, исходное функциональное состояние космонавтов существенно различалось. При одинаковой среднесуточной частоте пульса у второго космонавта значение СКО было в два раза меньше, а значение ИН – два раза больше. Это показывает, что для поддержания адекватного уровня функционирования сердечно-сосудистой системы организм второго космонавта нуждается в существенно более высоком напряжении регуляторных механизмов, а его вегетативный баланс смещен в сторону преобладания симпатического звена регуляции. Все это указы-

вает на то, что регуляторные механизмы второго космонавта обладают значительно более низкими функциональными резервами. Разница эта в определенной мере объясняется возрастными различиями между космонавтами. Второй космонавт почти на 20 лет старше первого. Он, однако, совершал уже третий космический полет и обладал значительным опытом работы в космосе, в то время как первый отправлялся в космос впервые.

Исходные различия функционального состояния обусловили существенно различную динамику изменений в ходе космического полета. Как следует из таблицы 4 после трехнедельного пребывания в невесомости (20–22 сутки полета) у первого космонавта отмечается достоверное урежение пульса и уменьшение СКО без роста ИН. Это означает, что система регуляции перешла на более экономичный режим работы при некотором смещении вегетативного баланса в сторону усиления активности симпатического звена. У второго космонавта частота пульса не снижается на фоне достоверного снижения СКО и роста ИН, т.е. у него напряжение регуляторных систем по сравнению с предполетным уровнем увеличилось.

В ходе дальнейшего полета динамика рассматриваемых показателей у обоих космонавтов аналогична, с той лишь разницей, что у первого ИН увеличивается менее чем в 2 раза по сравнению с предполетными значениями, а у второго растет почти в 5 раз. Среднесуточное значение СКО у второго космонавта уже ко 2-му месяцу пребывания в космосе становится ниже 50 мс., что по литературным данным свидетельствует о высоком риске сердечных заболеваний (van Ravenswaaij, Kollee, Norman et al., 1993). Более подробную инфор-

Таблица 4.

Среднесуточные значения показателей вариабельности сердечного ритма у членов экипажа во время 115 - суточного полета на орбитальной станции «Мир»
Первый космонавт

Показатели вариабельности сердечного ритма	До полета		20-е сутки полета		46-е сутки полета		84-е сутки полета		109-е сутки полета		112-е сутки полета		1–2-е сутки после полета	
	М	м	М	м	М	м	М	м	М	м	М	м	М	м
ЧП, уд/мин	67,0	2,9	58,1	1,6	62,3	1,4	59,8	1,8	76,7	3,1	71,3	3,4	72,0	2,6
СКО, мс.	103	3,9	87	2,6	78	2,9	80	2,4	74	3,6	79	2,9	77	3,9
ДВ, %	13,7	1,0	15,9	0,9	13,7	0,6	14,7	0,8	9,5	0,4	13,9	0,8	11,1	0,6
МВ-1, %	37,1	1,4	33,8	0,7	40,7	4,6	49,1	1,1	54,0	1,9	47,9	1,5	48,2	1,4
МВ-2, %	49,2	1,3	50,4	1,2	45,5	1,6	45,2	1,4	36,4	1,9	38,2	1,6	40,7	1,7
ИН, усл.ед.	44,0	7,0	38,5	1,6	48,4	2,7	44,3	2,2	65,0	4,8	57,5	6,3	56,7	4,3

Второй космонавт

Показатели вариабельности сердечного ритма	До полета		22-е сутки полета		52-е сутки полета		101-е сутки полета		109-е сутки полета		112-е сутки полета		1–2-е сутки после полета	
	М	м	М	м	М	м	М	м	М	м	М	м	М	м
ЧП, уд/мин	65,6	2,0	66,1	2,2	67,5	1,4	63,6	1,4	68,0	1,2	62,1	1,4	76,5	1,8
СКО, мс.	64,6	2,9	53,6	2,9	46,3	1,9	45,4	2,2	43,6	1,7	47,5	2,2	47,8	3,9
ДВ, %	7,4	0,5	5,0	0,2	6,0	0,4	4,5	0,3	4,8	0,3	5,3	0,3	6,4	0,6
МВ-1, %	31,6	1,1	29,7	1,2	33,6	1,2	30,6	1,3	34,6	1,3	30,0	1,3	29,6	1,5
МВ-2, %	61,0	1,3	65,3	1,2	60,4	1,3	64,9	1,4	60,6	1,4	64,8	1,4	64,0	1,9
ИН, усл.ед.	90,8	7,1	110	11,3	145	7,9	134	8,6	157	9,9	136	8,5	202	22,3

мацию о перестройке отдельных звеньев вегетативной регуляции можно получить при рассмотрении результатов спектрального анализа суточных изменений variability сердечного ритма (см. табл. 4). Уменьшение мощности высокочастотных колебаний (ДВ) у обоих космонавтов указывает на усиление тонуса симпатического отдела. Но у второго космонавта это выражено в значительно большей мере, чем у первого.

Чрезвычайно интересна динамика низкочастотных колебаний сердечного ритма (МВ-1), отражающих активность вазомоторного центра. У первого космонавта это снижение было наибольшим к концу 2-го месяца полета (на 1/3 от предполетного уровня) и к середине 3-го месяца полета отмечалось восстановление до исходного уровня. У второго космонавта снижение этого показателя продолжалось до конца полета и достигло более 50% от предполетного уровня. Относительно однотипными были изменения очень высокочастотных колебаний сердечного ритма (МВ-2). У обоих космонавтов их мощность снижалась примерно в 2 раза.

Использование предложенной нами балльной оценки функционального состояния космонавтов показывает отчетливые различия в реакции космонавтов на комплекс факторов космического полета. Из рис. 1 видно, что у второго космонавта уже с первого месяца полета функциональное состояние было хуже чем у первого. Эффективность профилактических мероприятий у него по видимому была существенно меньшей, чем у первого, где к концу полета отмечалась полная нормализация функционального состояния.

Полученные результаты дают основание считать, что метод Холтеровского мониторинга позволяет выявить и оценить индивидуальные особенности вегетативной регуляции кровообращения в условиях длительного космического полета. Вегетативная нервная система играет ведущую роль в организации более эффективного взаимодействия между различными звеньями регуляции энергетики и метаболизма. Как свидетельствуют литературные данные (Хаспекова, 1996) и как показано нашими предыдущими исследованиями (Баевский, 1979, Baevsky, Bennett, Bungo et al., 1997) сверхнизкочастотная компонента variability сердечного ритма (VLF) отражает активацию надсегментарных структур, обусловленную включением компенсаторных и резервных механизмов адаптации. Это становится особенно наглядным при рассмотрении динамики изменений внутри суточного цикла значений средней мощности колебаний в трех диапазонах (ДВ, МВ-1, МВ-2) после 3-х месячного пребывания в условиях не-

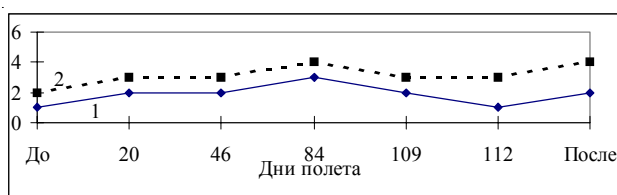


Рис. 1. Изменения функционального состояния членов экипажа (1 и 2) во время 115-суточного полета на ОС "Мир" По оси ординат - функциональное состояние в баллах.

весомости. У 1-го космонавта средняя мощность колебаний в диапазоне МВ-2 в течение дня не изменяется, а в ночной период снижается. Это означает, что не происходит активации резервных механизмов надсегментарного уровня и преобладает активность систем сегментарного уровня. Растет средняя мощность дыхательных волн (увеличение активности парасимпатического звена вегетативной регуляции), увеличивается мощность вазомоторных волн (высокая активность системы регуляции артериального давления). У второго члена экипажа увеличение МВ-2 в ночное время указывает на снижение функциональных резервов, что ведет к активации надсегментарных уровней регуляции. Об истощении сегментарных звеньев регуляторного механизма свидетельствует ночное снижение средней мощности спектра в диапазонах ДВ и МВ-1.

Таким образом может быть сделан вывод о том, что эффективность профилактических мероприятий была выше у первого члена экипажа, где не отмечалось снижения резервных возможностей механизмов регуляции кровообращения. Этот вывод подтверждается результатами послеполетных исследований. Так, на 2-е сутки после посадки при одинаковой для обоих космонавтов среднесуточной частоте пульса (на 10 уд/мин выше предполетного уровня) у второго космонавта определяется выраженное напряжение регуляторных механизмов (среднесуточное значение ИН в 3 раза выше, чем у первого космонавта, а СКО в полтора раза ниже). Абсолютное значение мощности высокочастотной составляющей (ДВ) после полета у второго космонавта было в 7 раз ниже (0.05 и 0.37 секунд в квадрате соответственно), чем у первого, что свидетельствует о выраженной активации надсегментарных уровней регуляции (относительная мощность очень высокочастотного компонента (МВ-2) у него было достоверно выше, чем в предполетном периоде).

385-суточный космический полет.

В космическом полете продолжительностью более года были получены данные о высокой стабильности среднесуточных значений частоты пульса и показателей variability сердечного ритма. Из рис. 2 видно, что за 375 суток пребывания в невесомости при урежении частоты пульса на 6–8 уд/мин. СКО имеет лишь легкую тенденцию к снижению, а МВ-1 сохраняет свой предполетный уровень. Однако, при рассмотрении структу-

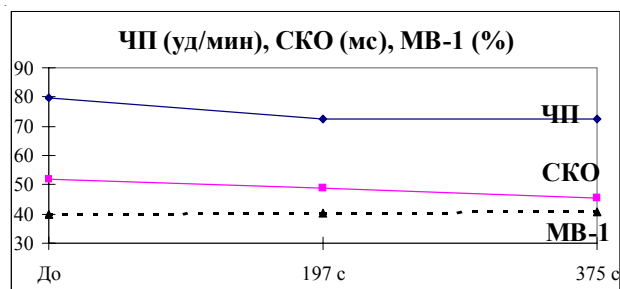


Рис. 2. Среднесуточные значения частоты пульса (ЧП), среднего квадратичного отклонения (СКО) и относительной мощности спектра медленных волн 1-го порядка (вазомоторных волн - МВ-1) на 197-е и 375-е сутки космического полета.

ры суточного ритма у этого космонавта (см. рис. 3) совершенно четко выявляются нарушения синхронизации регуляторных механизмов с циклом сон-бодрствование и режимом труда и отдыха. До полета разница ЧП утром и ночью составляла более 20 уд/мин. На 197 и 375 сутки полета эта разница не превышала 5–6 уд/мин. Значения СКО на 375-е сутки полета в суточном цикле колеблются всего на 3–4 мс. (до полета и на 197-е сутки полета – более чем на 10 мс.). Относительная мощность вазомоторных волн к концу полета изменялась в течение суток всего на 1,5–2,0% по сравнению с 8–10% до полета и на 197-е сутки пребывания в условиях невесомости.

Таким образом, несмотря на отсутствие изменений среднесуточных значений частоты пульса, СКО и МВ-1, внутрисуточные колебания этих показателей оказались весьма демонстративными для оценки состояния механизмов регуляции циркадианной динамики. Отсутствие закономерных внутрисуточных колебаний ЧП, СКО и МВ-1 в конце годового полета указывает на явления астенизации регуляторных механизмов, на снижение их функциональных резервов. В основном это касается, повидимому, высших нейро-гормональных уровней регуляции, которые обеспечивают перенастройку функциональных систем человека в соответствии с ритмом сон-бодрствование, уровнем физической и психоэмоциональной активности, изменением астрофизических параметров.

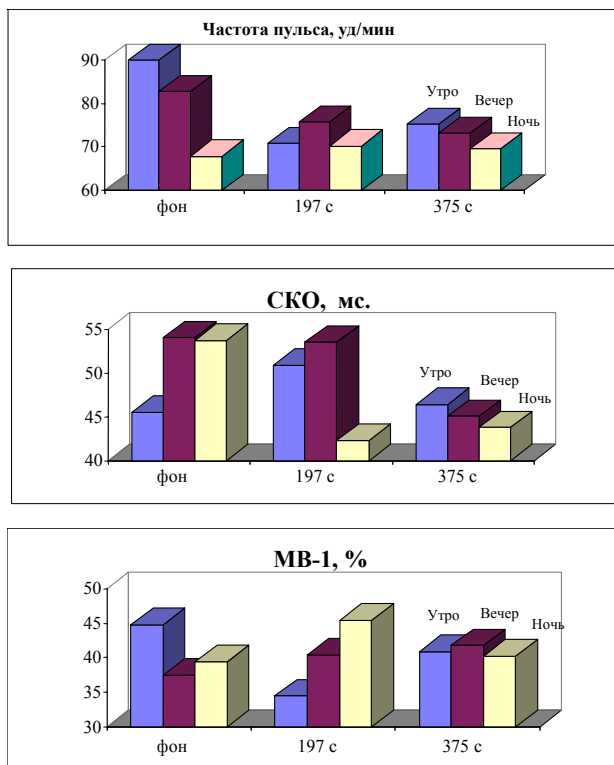


Рис. 3. Структура суточного цикла по значениям частоты пульса (ЧП), среднего квадратичного отклонения (СКО) и относительной мощности спектра медленных волн 1-го порядка (вазомоторных волн - МВ-1) на 197-е и 375 сутки космического полета

438-суточный космический полет.

Рекордный по длительности космический полет врача-космонавта Валерия Полякова позволил более подробно изучить приспособительную деятельность регуляторных механизмов с использованием метода Холтеровского мониторирования (Baevsky, Moser, Nikulina, Polyakov et al., 1998). В этом полете были проведены 4 суточных записи ЭКГ на 185-е, 258-е, 358-е и 395-е сутки пребывания в невесомости. Среднесуточная динамика частоты пульса, СКО и МВ-1 представлена на рис. 4 А. Здесь урежение пульса в ходе полета было более значительным, чем в предыдущем случае, разница с предполетным уровнем на 395-е сутки полета составила более 20 уд/мин. Среднесуточная величина СКО после некоторого снижения в первой половине полета далее не уменьшалась, а росла и была к концу полета на 10 мс. выше предполетного уровня. Однако колебания среднесуточного уровня МВ-1 не превышали 2-3 % от предполетного уровня.

Внутрисуточные изменения частоты пульса и СКО (см. рис. 4 Б и В) в отличие от предыдущего случая были хорошо выражены, но в конце полета ночное урежение пульса достигало почти 10 уд/мин, а ночной рост СКО был более значительным, чем до полета. Примечательно, что внутрисуточные колебания МВ-1 к концу полета

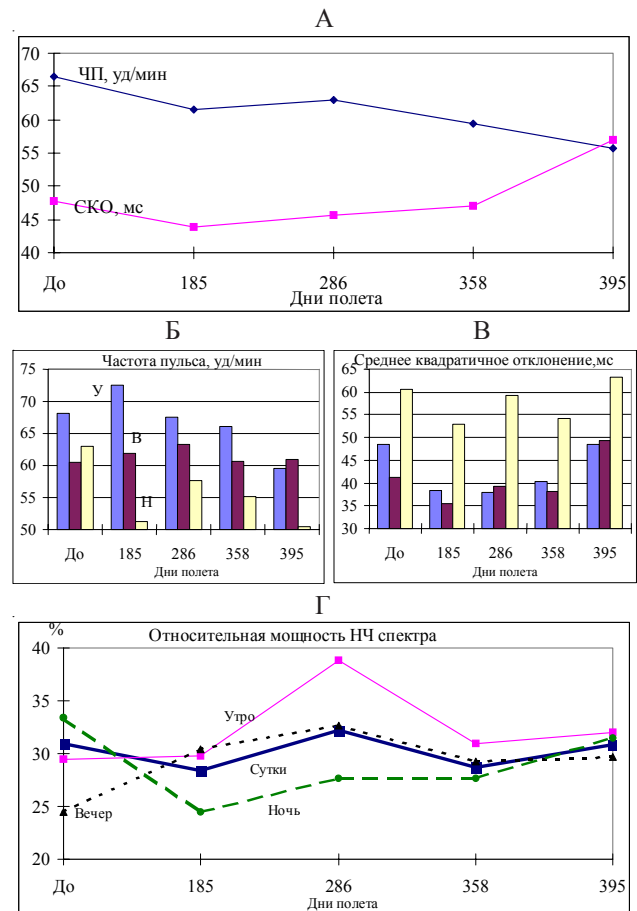


Рис. 4. Динамика среднесуточных и внутрисуточных значений относительной мощности НЧ (низкочастотного) компонента спектра сердечного ритма (LF,%) в 438-суточном космическом полете (см. текст).

та (см. рис. 4В) резко уменьшились и это, повидимому, как и в предыдущем случае, результат снижения функциональных резервов вазомоторного центра, обеспечивающего регуляцию артериального давления. Возможно, что существенное урежение частоты пульса в ночные часы суток, является одним из проявлений гипотонии (артериальное давление в конце полета было на 15–25 мм. ниже предполетного уровня (Baevsky, Moser, Nikulina, Polyakov et al., 1998). Вместе с тем рост СКО на фоне снижения МВ-1 указывает на возможную активацию более высоких уровней регуляторного механизма, поскольку относительная мощность ДВ существенно не возростала. В условиях продолжающегося после полугодового пребывания на орбите падения сосудистого тонуса в нижней части тела и снижения барорефлекторной функции важное значение приобретает формирование новых механизмов поддержания артериального давления.

Наша гипотеза состоит в том, что одним из дополнительных компенсаторных механизмов может быть рост активности подкорковых симпатических центров, которые в свою очередь, по-видимому, активируются более высокими уровнями регуляции (рост мощности колебаний очень низкочастотного и ультранизкочастотного диапазона). Проведенные в том же полете баллистокардиографические исследования показали, что это предположение не лишено оснований (Баевский, Поляков, Мозер, 1998). Был обнаружен отчетливый рост амплитуды баллистокардиограммы в последние месяцы длительного полета. Мы связываем это с активацией высших вегетативных центров и передачей возбуждения на симпатические центры продолговатого мозга. Как известно, симпатические центры оказывают инотропное действие на миокард, повышая энергетические процессы в нем. Одновременно возбуждение высших вегетативных центров передается и на вазомоторный центр, который непосредственно влияет на сосудистый тонус. Это особенно важно потому, что вследствие снижения сосудистой афферентации происходит снижение барорефлекторной функции и при этом рост общей и внешней работы сердца (рост амплитуд баллисто- и сейсмокардиограммы) ведет к увеличению объемной скорости кровотока, что в условиях сниженной барорефлекторной функции оказывается единственным способом поддержания нормального артериального давления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С тех пор как J.Holter в 1961 г. опубликовал первые исследования по 24-х часовой регистрации электрокардиограммы существенно изменились как методология, так и принципы оценки результатов Холтеровского мониторирования. Применение этого метода в космической медицине показало необходимость дополнения широко распространенного клинического подхода к Холтеровскому мониторированию физиологическим подходом, в развитии которого важную роль играет анализ variability сердечного ритма. 20-летний опыт использования Холтеровского мониторирования в системе медицинского обеспечения космических полетов свидетельствует в пользу комплексной клинко-физио-

логической оценки данных, особенно когда речь идет о практически здоровых людях, работающих в условиях хронических стрессорных воздействий. Анализ variability сердечного ритма существенно дополняет традиционную клиническую интерпретацию электрокардиограммы, основанную преимущественно на оценке энерго-метаболических сдвигов в миокарде. В последовательности RR-интервалов содержится информация, о процессах, отражающих многоуровневую регуляцию физиологических функций. Нарушения регуляции, как известно, предшествуют нарушениям обмена веществ и энергии и, таким образом, позволяют прогнозировать клинически значимые изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы и других систем организма. Опыт космической медицины подтверждает это положение многочисленными примерами, некоторые из которых представлены выше.

Однако, важно отметить, что физиологический подход не исчерпывается задачами прогнозирования вероятных клинически значимых изменений. Он включает и оценку процессов адаптации организма к окружающим условиям. В данном случае речь идет об адаптации организма к необычным условиям длительного космического полета. Предложенная нами шкала балльных оценок, ориентированная на определение степени адаптации организма к условиям космического полета, вполне применима и в других областях физиологии и медицины. Донозологическая диагностика, т.е. оценка функциональных состояний на грани нормы и патологии, получает все более широкое распространение, а ее методология постоянно развивается. Холтеровское мониторирование при комплексном клинко-физиологическом подходе к интерпретации его результатов может быть с полным основанием включено в число методов донозологической диагностики. Тем самым весьма существенно расширяется сфера применения метода 24-х часовой регистрации ЭКГ (и других параметров).

Исследования в космосе наряду со своим прямым назначением всегда являлись стимулом к появлению новых теоретических подходов и новых технологий. В данном случае в использовании Холтеровского мониторирования в космической медицине отчетливо прослеживаются три этапа. Вначале это был традиционный клинический подход, когда Холтеровское мониторирование было нацелено на выявление клинически значимых отклонений при отборе и подготовке космонавтов, в предполетном и послеполетном периода, а затем и в ходе полета. На втором этапе, когда стала ясной неинформативность клинического подхода к такому специфическому контингенту как космонавты, был разработан клинко-физиологический подход. Он позволил лучше понять механизмы адаптации человека к комплексу стрессорных факторов и вывел Холтеровское мониторирование в число прогностических методов, позволяющих на основании раннего выявления нарушений процессов регуляции, предвидеть вероятные клинически значимые энерго-метаболические сдвиги. Наконец, третий этап, который начался в последние годы, характеризуется направленностью на многопараметрическую оценку 24-х часовых (и более продолжительных) запи-

сей физиологических функций, где ЭКГ является только одним из исследуемых параметров. Современный уровень вычислительной техники и электроники позволяет разрабатывать микроминиатюрные носимые, многоканальные регистрирующие, запоминающие и анализирующие устройства. Это открывает перспективу создания микромониторных систем для непрерывного слежения за функциональным состоянием человека. Возможно, что такие системы будут создаваться прежде

всего для контроля за состоянием космонавтов, хотя вначале они должны будут пройти обширные испытания и апробацию в прикладной физиологии и клинической медицине. Мы стоим на пороге появления принципиально новых технологий контроля за здоровьем человека. Одним из исходных пунктов развития этих новых технологий было Холтеровское мониторирование, а космические исследования явились важным ускорителем научно-технического прогресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.П. Адаптация и дизадаптация. Клиническая медицина. – 1974, 5. – С. 3–13.
2. Баевский Р.М., Никулина Г.А., Семенова Т.Д. Исследование суточной периодики физиологических функций для оценки состояния регуляторных систем организма при экстремальных воздействиях. Физиология человека, – 1977, 3, 2, – С. 387–393.
3. Баевский Р.М., Казначеев В.П., Диагноз донозологический. – М., 1978, БМЭ, – т.7., – С. 252–255.
4. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 295 с.
5. Баевский Р.М. Принципы прогнозирования состояния здоровья космонавтов и результаты прогностических исследований во время длительных космических экспедиций. В кн.: Физиологические исследования в космосе, – М.: Наука, 1983. – С. 200–228
6. Баевский Р.М., Барсукова Ж.В., Тазетдинов И.Г., Кибернетический анализ сердечного ритма при пробе с физической нагрузкой у членов экипажей орбитальной станции «Салют-6». Кардиология, – 1983, 11. – С. 100–104
7. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ сердечного ритма при стрессе. – М., 1984. – 225 с.
8. Баевский Р.М., Никулина Г.А. К методике анализа данных Холтеровского мониторирования для оценки адаптационных возможностей системы кровообращения в условиях длительного космического полета. 2-ая Международная научно-практическая конференция «Информатизация подготовки профессиональной деятельности операторов аэрокосмических систем», МО, – С. 255–256, 19–20 апреля 1995 г.
9. Баевский Р.М., Баевский А.Р., Лапкин М.М., Семенов Ю.Н., Шалкин П.В. Медико-физиологические аспекты разработки аппаратно-программных средств для математического анализа ритма сердца. // Российский медико-биологический вестник. – 1996, 1–2. – С.104–113.
10. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
11. Баевский Р.М., Богомолов В.В., Гольдбергер А.Л., Никулина Г.А., Чарльз Д.М. Вегетативный баланс и адаптация к условиям длительного космического полета по данным 24-часового мониторирования сердечного ритма. Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2000, 1. – С. 23–26
12. Баевский Р.М., Поляков В.В., Мозер М. Никулина Г.А., Фунтова И.И., Черникова А.Г. Адаптация системы кровообращения к условиям длительной невесомости: баллистокardiографические исследования во время 14-месячного космического полета. Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1998, 3. – С. 23–30.
13. Воскресенский А.Д., Вентцель М.Д. Применение методов корреляционного анализа для изучения реакций сердечно-сосудистой системы человека в космическом полете на корабле «Восход-1». Космические исследования – 1965. 3, 6. – С. 927–934.
14. Григорьев А.И., Егоров А.Д. Теория и практика медицинского контроля в длительных полетах. Авиакосмическая и экологическая медицине. – 1997, 1. – С.14–25.
15. Жемайтис Д.И. Вегетативная регуляция синусового ритма сердца у здоровых и больных. В кн: Анализ сердечного ритма. – Вильнюс, 1982. – С. 22–32
16. Клецкин С.З. Математический анализ сердечного ритма. – М.: ВНИИМИ, 1979. –116 с.
17. Макаров Л.М. Метод оценки структуры циркадного ритма сердца при Холтеровском мониторировании. Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий. Международный симпозиум. – М., 1999. – С. 77–78
18. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика. – М.: Наука, 1981. – 286 с.
19. Миронова Т.Ф., Миронов В.А. Клинический анализ волновой структуры синусового ритма сердца. – Челябинск, 1998. – 162 с.
20. Окунева Г.Н., Власов Ю.А., Шевелева Л.Т. Суточные ритмы газообмена и кровообращения. – Новосибирск: Наука, 1987. – 280 с.
21. Парин В.В., Баевский Р.М., Газенко О.Г., Волков Ю.Н. Космическая кардиология. – Л.: Медицина, 1967. –225 с.
22. Парин В.В., Баевский Р.М., Газенко О.Г. Достижения и проблемы современной космической кардиологии. Кардиология. – 1965. 5, 3, – С. 3–12.
23. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца. – М.:Старко, 1998. – 200 с.
24. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме. – М.: Медгиз, 1960. – 260 с.
25. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. – Новосибирск: Наука, 1990. – 253 с.
26. Хаспекова Н.Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга. Автореф. докт. дисс. – М., 1996. – 48 с.
27. Baevsky R.M., Bennet B.S., Bungo M.W., Charles J.B., Goldberger A.L., Nikulina G.A. Adaptive responses of the Cardiovascular System to Prolonged Spaceflight Conditions: Assessment with Holter Monitoring. J. Cardiovasc. Diagn. Proc. 14, 2. – 1997. – P. 53–57.

28. Baevsky R.M., Moser M., Nikulina G.A., Polyakov V.V., Funtova I.I., Chernikova A.G. Autonomic Regulation of circulation and cardiac contractility during a 14-month space flight. *Acta Astronautica*. – 1998, 42. – №1–8. – P. 159–173.
29. Bigger J.T., Albrecht P., Steimann R.C., Rolnitzky L.M., Fleiss J.R. Comparison of time and frequency domain based measures of cardiac parasympathetic activity in Holter recordings after myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.* 1988, 61: 208–215
30. Goldberger A.L., Bungo M.W., Baevsky R.M., Bennet B.S., Nikulina G.A. Charles J.B. Heart rate dynamics during long-term space flight: Report on Mir cosmonauts. *Am. Heart J.*, 1994, 128:202–204.
31. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Circulation*, 1996, 93: 1043–1065
32. Holter H.J. New method for heart studies. *Science*, 1961, 134: 1214–1218
33. Lombardi F., Sandroni G., Mortara A., La Rovere M. Circadian variation of spectral indices of heart rate variability after myocardial infarction. *Am. Heart J.*, 1992, 123:1521–1524
34. van Ravenswaaij-Arts C.M., Kollee A.A., Hopman J.C.W. et al., Heart rate variability (review).- *Annals of Internal Medicine*, 1993, 1184, P. 436–447,
35. Sayers B. Analysis of heart rate variability. *Ergonomics*. – 1973. – V.16. – N.1. – P. 17–32.

ХОЛТЕРОВСКОЕ МОНИТОРИРОВАНИЕ В КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ: АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Р.М.Баевский, Г.А.Никулина

Методами, систематически используемыми в космической медицине для исследования членов экипажа до, во время и после космического полета, является Холтеровское мониторирование. При этом его первоначальной задачей было выявление скрытой сердечной патологии при отборе космонавтов и при обследовании перед полетом, а также ранняя диагностика вероятных отклонений от нормы в ходе полета.

Обращено внимание на теоретические основы использования результатов Холтеровского мониторирования для оценки функционального состояния организма. Диагностируются состояния функционального напряжения, относящиеся к донозологическим, которые являются пограничными между нормой и патологией.

Развитие учения о донозологических состояниях представляет научный и практический интерес. Это важно для разработки принципов прогнозирования изменения функционального состояния космонавта в полете. Создана и проверена система оценки состояния здоровья космонавтов в зоне, пограничной между нормой и патологией.

Многoletний опыт показал, что изучение вариабельности R-R позволяет определять уровень стресса, распознавать появление перенапряжений, аритмий и состояний функционального напряжения, предшествующих развитию болезни. Приведены результаты исследований состояния космонавтов при длительных космических полетах, доказывающих информативность оценки вариабельности R-R интервалов.

Донозологическая диагностика, то есть оценка функциональных состояний на грани нормы и патологии, получает все более широкое распространение, а ее методология постоянно развивается. ХМ при комплексном клинико-физиологическом подходе к интерпретации его результатов может быть с полным основанием включено в число методов донозологической диагностики. Тем самым весьма существенно расширяется сфера применения метода 24-х часовой регистрации ЭКГ (и других параметров).

HOLTER MONITORING IN SPACE MEDICINE: ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY

R.M.Baevskii, G.A.Nikulina

The Holter monitoring is a regularly used method in the space medicine for examination of the crew members before, during, and after the space flight. The initially task of Holter monitoring was revelation of the concealed cardiac pathological states in the course of the cosmonauts selection and examination before the flight as well as an early diagnosis of possible alterations during the flight.

The theoretical basis of use of the Holter monitoring data for assessment of the organism functional state is drawn attention to. The states of functional stress being «pre-nosologic» (premorbid), i.e., a borderline between the normal and pathological conditions are considered.

The development of the doctrine on pre-nosological states is of great scientific and practical interest. It is important for development of some principles of prognosis of changes in the functional state of cosmonauts during the flight. The system of estimation the borderline between the normal and pathological states of cosmonauts has been devised and tested.

The many-year experience has shown that the study of the R-R interval variability permits one to determine the stress level, to recognize the appearance of over-stress, arrhythmias, and states of functional stress, which precede the illness. The data of examination of states of the cosmonauts during long-term space flights are given which argue in favor of an information significance of assessment of the R-R interval variability.

The pre-nosological diagnosis, i.e. the estimation of borderline functional states (between the normal and pathological ones) is used increasingly wider, and its methodology is constantly developed. The Holter monitoring, when there is a complex clinical and physiological interpretation of the data obtained with the method, may be reasonably considered as a method for pre-nosological diagnosis. Thus, the field of application of the method of 24-hour recording of ECG (as well as other parameters) is being considerably extended.