

ХАОС-АНАЛИЗ В ОЦЕНКЕ СТРУКТУРЫ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ЧЕЛОВЕКА

А. К. Мартусевич, С. П. Перетягин, П. В. Перетягин, Н. Э. Жукова

Цель работы – уточнение возможностей оценки хаотической структуры вариабельности сердечного ритма в оценке состояния организма человека. Было обследовано 27 пациентов в раннем периоде ожоговой болезни и 18 здоровых добровольцев соответствующего возраста. Также нами обследован 31 пациент с алкогольным абстинентным синдромом. Запись ЭКГ осуществляли с помощью программно-аппаратного комплекса «Полиспектр-12» («Нейрософт», Россия). Геометрический анализ циклов нелинейных волн осуществляли с помощью хаос-теста по методу А.П. Гаврилушкина. Установлено, что хаос-анализ вариабельности сердечного ритма является информативным параметром, позволяющим интегрально оценить выраженность сдвигов, ассоциированных с имеющейся патологией. При этом динамика показателей хаос-теста позволяет мониторировать состояние системной гемодинамики пациентов в процессе лечения.

Изменение ритма сердца – универсальная оперативная реакция целостного организма в ответ на любое экзогенное воздействие, преимущественно реализуемая за счет влияний на синоатриальный узел пейсмекерной системы сердца [1–5]. Известно, что регуляция сердечного ритма является многоуровневой, включающей интра- и экстракардиальные механизмы. Высший контур управления может воздействовать как нейронально (через вегетативную нервную систему), так и гуморально, посредством стимуляции выброса в кровь катехоламинов и других гормонов [1, 5, 6].

В настоящее время для оценки состояния регуляторных систем организма все чаще используют анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР), чаще реализуемый путем сравнения данных статистических, геометрических и спектральных методов [2–4, 7–11]. Статистические показатели достаточно полно характеризуют изменение кардиоинтервалов под влиянием случайных факторов, но в отличие от показателей спектрального анализа они не отражают внутреннюю структуру ряда кардиоинтервалов и не позволяют судить о механизмах, обеспечивающих конечный результат регуляторных воздействий [7–12]. Спектральный анализ раскладывает ритмограмму на составляющие ее гармонические колебания и количественно оценивает вклад каждого из них, в связи с чем является ведущим методом анализа ВСР при оценке стационарных записей. Геометрические методы основаны на построении графиков и фигур, позволяющих визуализировать данные анализа ВСР и оценивать некоторые основные и дополнительные показатели.

Перспективными способами анализа ВСР представляются методы нелинейных динамических систем, в частности, теории детерминированного хаоса, которые на сегодняшний момент имеют в большинстве случаев исследовательский интерес в связи с отсутствием четкой физиологической интерпретации полученных результатов [2, 4, 6, 7, 9, 11]. Несмотря на хаотичность

динамики сердечного ритма, некоторые переменные данной нелинейной системы могут изменяться в узких пределах и быть устойчивыми к возмущающим воздействиям (гомеостаз биосистемы) [8, 10]. В условиях патологии могут наблюдаться более выраженные сдвиги хаотической структуры сердечного ритма. Так, уменьшение степени детерминированного хаоса в структуре ритма сердца связывается с повышенным риском внезапной сердечной смерти.

На этом основании интерес представляет уточнение возможностей оценки хаотической структуры вариабельности сердечного ритма в оценке состояния организма человека, что и служило *целью данной работы*.

Материал и методы исследования. Для достижения цели исследования были обследованы 27 пациентов в раннем периоде ожоговой болезни и 18 здоровых добровольцев соответствующего возраста. Измерения у обожженных осуществляли в период разгара ожоговой токсемии (на 7–14 сутки с момента получения травмы). Учитывали площадь и глубину поражения путем расчета модифицированного индекса Франка, на основании чего пациентов распределяли на три группы: с легкими, средней тяжести и тяжелыми поражениями. Также нами обследован 31 пациент с алкогольным абстинентным синдромом (основной диагноз – F10.222, синдром зависимости вследствие злоупотребления алкоголем, средняя стадия, период поддерживающей терапии; средний возраст $43,9 \pm 5,2$ лет). Коррекция абстинентного синдрома проводилась по традиционной схеме.

Запись ЭКГ осуществляли с помощью программно-аппаратного комплекса «Полиспектр-12» («Нейрософт», Россия). Исследование показателей ВРС проводилось в положении лежа с соблюдением стандартных условий регистрации кардиоинтервалограммы [4, 6, 11]. ВРС оценивали с помощью комплекса статистических и спектральных методов анализа, включающего коэффициент вариации (CV, %), показатели спектрального анализа (на основе алгоритма быстрого преобразования Фурье с использованием всех точек без сглаживания): общая мощность спектра (TP, мс^2), абсолютная и относительная мощность низкочастотных (PLF, мс^2) и высокочастотных диапазонов (PHF, мс^2), отношение мощностей (LF/HF) в нормализованных единицах. Геометрический анализ циклов нелинейных волн осуществляли с помощью хаос-теста по методу А. П. Гаврилушкина [2].

Статистическую обработку данных производили с электронных таблиц Microsoft Excel 2007, а также SPSS 11.0.

Результаты исследования. Нами проведен сравнительный анализ информативности оценки хаос-структуры сердечного ритма у пациентов с термической травмой и синдромом зависимости от алкоголя.

Обнаружено, что наличие тяжелой термической травмы является фактором, способствующим изоляции миокарда от регуляторных влияний и срыве компенсаторных процессов (рис. 1). Так, для данной группы пациентов характерны существенно более высокие по сравнению с другими группами и контролем значения параметра $N0$ ($p < 0,05$), свидетельствующего об изолированности миокарда от экстракардиальных влияний.

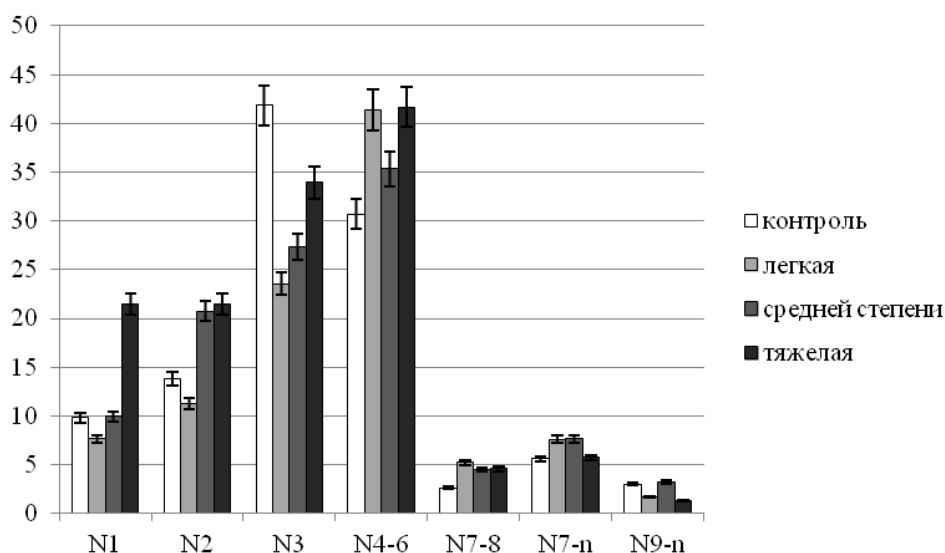


Рис. 1. Результаты хаос-анализа сердечного ритма при термических поражениях

Тенденция к изолированности миокарда от экстракардиальных регуляторных воздействий при тяжелых ожогах подтверждается и по производным показателям хаос-теста, прежде всего – по «предиктору ОР» (рис. 2). Кроме того, по мере утяжеления термического поражения снижается уровень вегетативного баланса, который, по данным спектрального и статистического анализа, смещается в сторону ваготонии. Следует подчеркнуть, что достижение адаптации у пострадавших с легкими и среднетяжелыми травмами сопровождается напряжением регуляторных систем, не приводящим к нарушениям ВСР. В то же время более низкие значения данного параметра у пациентов с обширными и глубокими ожогами, по нашему мнению, указывают на истощение регуляторных механизмов, которое могло произойти еще в период ожогового шока.

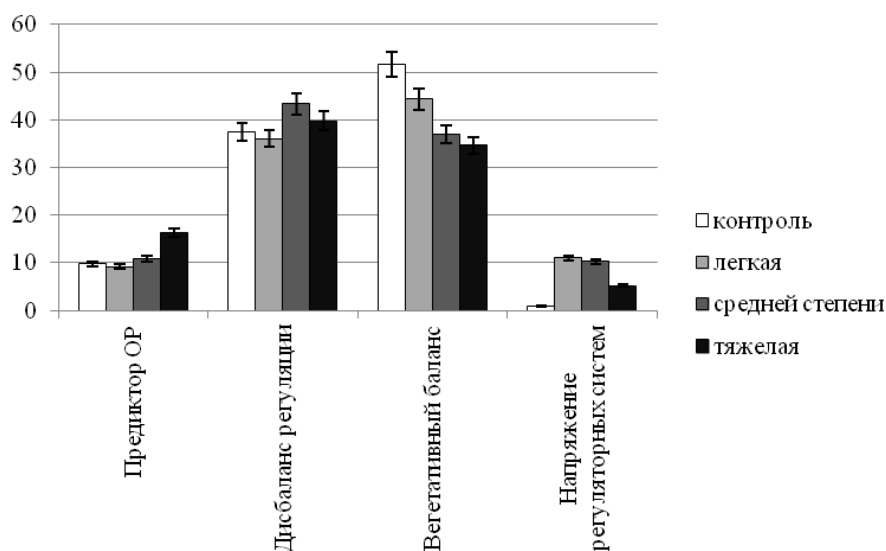
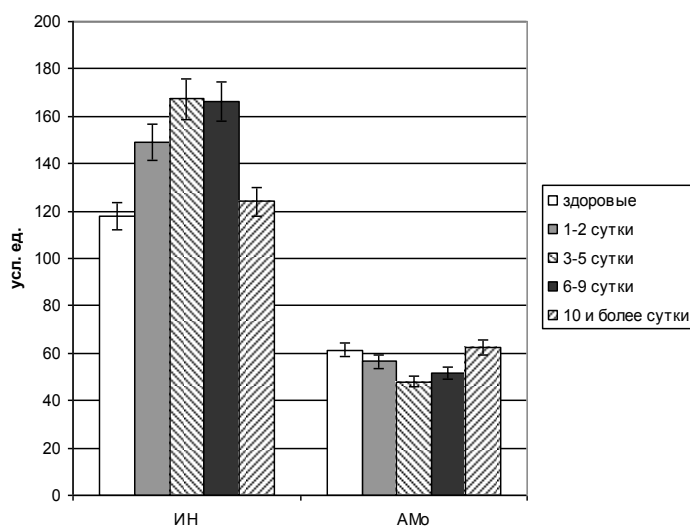


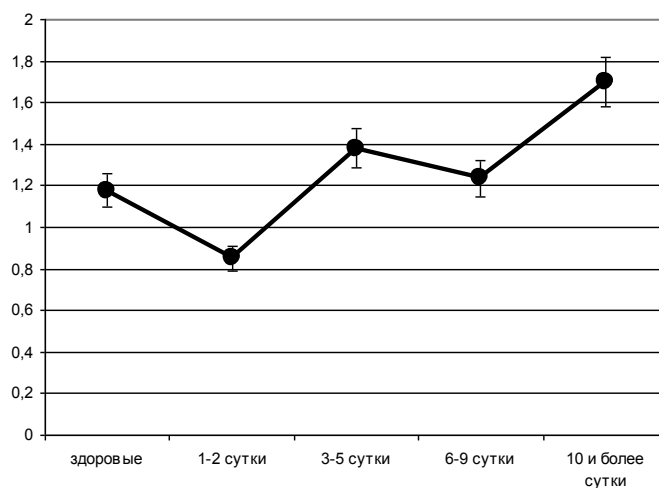
Рис. 2. Производные параметры хаос-анализа сердечного ритма при ожоговой интоксикации различной тяжести

При анализе особенностей variability среднего ритма у пациентов с синдромом зависимости от алкоголя выявлено, что изменения структуры и паттерна среднего ритма суммарно отражают дисбаланс регуляторных влияний, являющихся результатом действия на миокард, прежде всего, компонентов вегетативной нервной системы. Проведенный анализ данных variability среднего ритма по В. М. Баевскому позволил установить выраженную активацию симпатического контура регуляции (по уровню индекса напряжения $p < 0,05$ относительно испытуемых группы сравнения), также сохраняющуюся до девярых суток с момента прекращения приема алкоголя (рис. 3,а).



а)

LF/HF, усл. ед.



б)

Рис. 3. Динамика статистических и спектральных параметров variability среднего ритма в процессе купирования абстинентного синдрома:
а – статистические показатели variability среднего ритма;
б – спектральный анализ variability среднего ритма

Эти изменения закономерно сопровождались снижением амплитуды моды, значимо отличающейся от нормы с 3 по 9 сутки реабилитационного периода ($p < 0,05$). Нестабильность суммарного вегетативного действия на кардиоритм нашла отражение и в динамике параметров спектрального анализа, в частности, интегрального соотношения мощностей спектра в диапазонах низких и высоких частот (рис. 3,б). Нами выявлено, что изменения данного показателя у пациентов с алкогольным абстинентным синдромом носят разнонаправленный характер. Так, значимый сдвиг в сторону умеренной симпатикотонии обнаруживается только на 1–2 сутки реабилитационного периода ($p < 0,05$), тогда как в дальнейшем он нелинейно нарастает, возвращаясь в диапазон нормы и достоверно превышая исходный уровень ($p < 0,05$ по сравнению с началом лечения).

Рассмотренные выше тенденции были полностью подтверждены и уточнены результатами хаос-анализа кардиоритма у пациентов с алкогольным абстинентным синдромом (рис. 4). В частности, динамика предиктора ОР, указывающего на превалирование интракардиальных механизмов регуляции над экстракардиальными, свидетельствует о значимой изолированности миокарда пациентов с абстинентным синдромом в период во всех контрольных точках ($p < 0,05$ по сравнению с уровнем, характерным для здоровых людей). Показанная выше нестабильность вегетативных влияний на ритм проявилась в нарастании дисбаланса регуляции и сочетанного с ним снижения значения параметра «вегетативный баланс», рассчитанного по показателям хаос-теста ($p < 0,05$). Продемонстрированные особенности сердечной деятельности предопределили высокий уровень напряжения регуляторных систем.

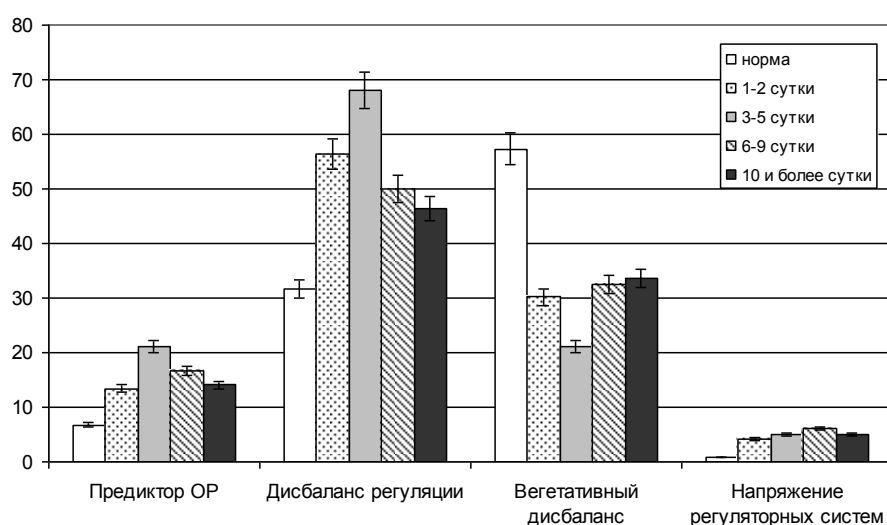


Рис. 4. Результаты хаос-анализа сердечного ритма у пациентов с алкогольным абстинентным синдромом

Выводы:

1. Хаос-анализ variability сердечного ритма является информативным параметром, позволяющим интегрально оценить выраженность сдвигов, ассоциированных с имеющейся патологией.
2. Динамика показателей хаос-теста позволяет мониторировать состояние системной гемодинамики пациентов в процессе лечения.

Список литературы

1. Дудник, Е. Н. Анализ феномена кардиореспираторного взаимодействия как критерия оценки функционального состояния человека : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Дудник Е. Н. – М., 2002. – 22 с.
2. Казаков, А. В. Взаимосвязь линейных и нелинейных показателей вариабельности ритма сердца / А. В. Казаков, Н. Н. Боровков, А. П. Гаврилушкин [и др.] // Нижегородский медицинский журнал. – 2006. – № 2. – С. 9–15.
3. Лазарева, Л. А. Интегральная оценка функционального состояния адаптационно-приспособительных систем у больных в острый период поражения звуковоспринимающего анализатора / Л. А. Лазарева // Вестник восстановительной медицины. – 2008. – № 2. – С. 91–95.
4. Покровский, В. М. Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивных возможностей организма / В. М. Покровский. – Краснодар : Кубань-Книга, 2010. – 244 с.
5. Pokrovskii, V. M. Integration of the heart rhythmogenesis levels: heart rhythm generation in the brain / V. M. Pokrovskii // J. Integr. Neurosci. – 2005. – № 2. – P. 161–168.
6. Перетягин, С. П. Исследование особенностей вариабельности сердечного ритма у пациентов с ожогами / С. П. Перетягин, А. К. Мартусевич, В. И. Борисов // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2011. – Т. 8, № 4. – С. 10–14.
7. Huikuri, H. V. Measurement of heart rate variability by methods based on nonlinear dynamics / H. V. Huikuri, T. H. Makikallio, J. Perkiomaki // J. Electrocardiol. – 2003. – Vol. 36. – Suppl. – P. 95–99.
8. Kagiya, S. Chaos and spectral analyses of heart rate variability during head-up tilting in essential hypertension / S. Kagiya et al. // J. Auton. Nerv. Syst. – 1999. – Vol. 76, № 2–3. – P. 153–158.
9. Lombardi, F. Chaos heart rate variability and arrhythmic mortality / F. Lombardi // Circulation. – 2000. – Vol. 101. – P. 8–10.
10. Perkiomaki, J. S. Fractal and complexity measures of heart rate variability / J. S. Perkiomaki, T. H. Makikallio, H. V. Huikuri // Clin. Exp. Hypertens. – 2005. – Vol. 27, № 2–3. – P. 149–158.
11. Stein, P. K. et al. Traditional and nonlinear heart rate variability are each independently associated with mortality after myocardial infarction / P. K. Stein [et al.] // J. Cardiovasc. Electrophysiol. – 2005. – Vol. 16, № 1. – P. 13–20.
12. Мартусевич, А. К. Адаптационные возможности сердца при интоксикации различной степени выраженности / А. К. Мартусевич, С. П. Перетягин, Н. Э. Жукова // Функциональная диагностика. – 2011. – № 2. – С. 20–23.

УДК 577.1 : 612.015.347

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ КРИСТАЛЛОГЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ ЖИДКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

***А. К. Мартусевич, Ж. Г. Симонова, Н. Ф. Камакин,
О. Б. Жданова, О. И. Шубина, А. А. Анашкина***

Цель работы: анализ собственных результатов и данных литературы, касающихся модуляции дегидратационного структурообразования биожидкостей в условиях *in vitro* и *in vivo*. В статье систематизированы сведения литературы, касающейся кристаллопатологии человека, связанной с результивным изме-