

А.С. Эйдукайтис, Н.З. Кайгородова

Влияние внешних факторов среды на уровень хаотичности ЭКГ

Статья посвящена исследованию стационарности и нестационарности сердечного ритма в условиях острой адаптации к жаркому климату. В работе были использованы электрокардиограммы, зарегистрированные в условиях жаркого и умеренного климата. При их обработке применялись методы теории детерминированного хаоса.

Введение

Изучение в связи с адаптацией организма к воздействию разнообразных факторов внешней среды ритмов организма на микроуровне не случайно, так как известно, что различия во временной структуре функционирования какой-либо системы могут служить оценкой ее функционального состояния. Изменение ритма сердца является универсальной реакцией целостного организма в ответ на любое воздействие внешней среды. Наиболее перспективными в изучении объективных показателей динамических перестроек кардиоинтервалов являются методы, учитывающие не только стационарные, но и нестационарные компоненты ЭКГ. Актуальность такого подхода обусловлена природой самих этих процессов, которые являются лишь условно периодическими и локально стационарными [1 и др.]. Наиболее информативным для оценки нестационарности и определения ее характера (случайная или детерминированная) является использование методов теории детерминированного хаоса [2, 3 и др.]. Под хаосом подразумевается случайность или нерегулярность, возникающие в детерминированной системе [4].

В связи со сказанным целью данной работы явилось исследование влияния факторов внешней среды на уровень хаотичности ЭКГ.

Материалы и методы исследования

Были проанализированы кардиоинтервалы следующих кардиограмм:

1) ЭКГ, записанные с 10 испытуемых 6 раз в сутки с 6 повторностями в условиях умеренного климата;

2) ЭКГ, записанные при острой адаптации к жаре на 7 испытуемых 6 раз в сутки с 9-ю повторностями.

В исследованиях принимали участие практически здоровые испытуемые обоего пола в возрасте 18-21 лет. Регистрировались 100 последовательных кардиоинтервалов на одноканальном кардиографе во втором стандартном отведении и с грудного отведения в положении лежа после 10 мин релаксации. Построение аттрак-

тов осуществлялось в двумерном фазовом пространстве с координатами $\{x(N); x(N+1)\}$. Для количественного описания геометрии аттракторов использовался расчет фрактальной размерности (D) по алгоритму:

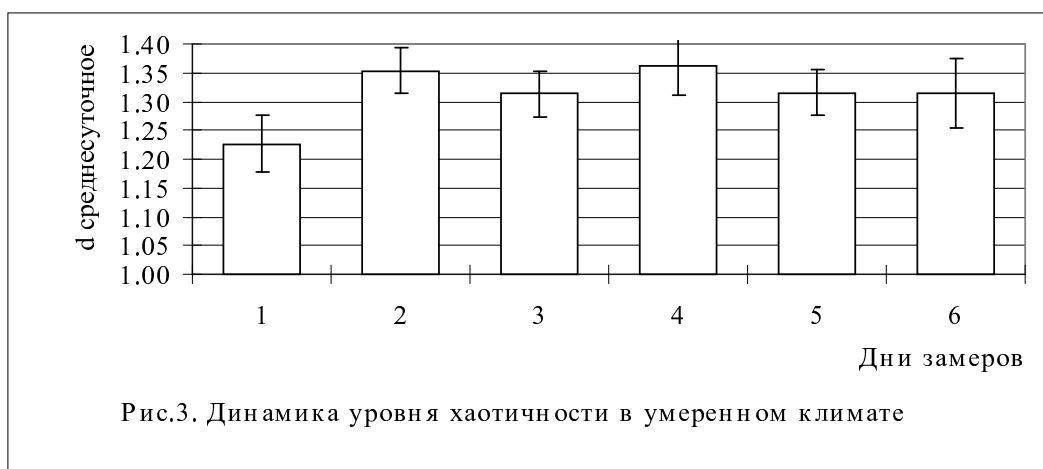
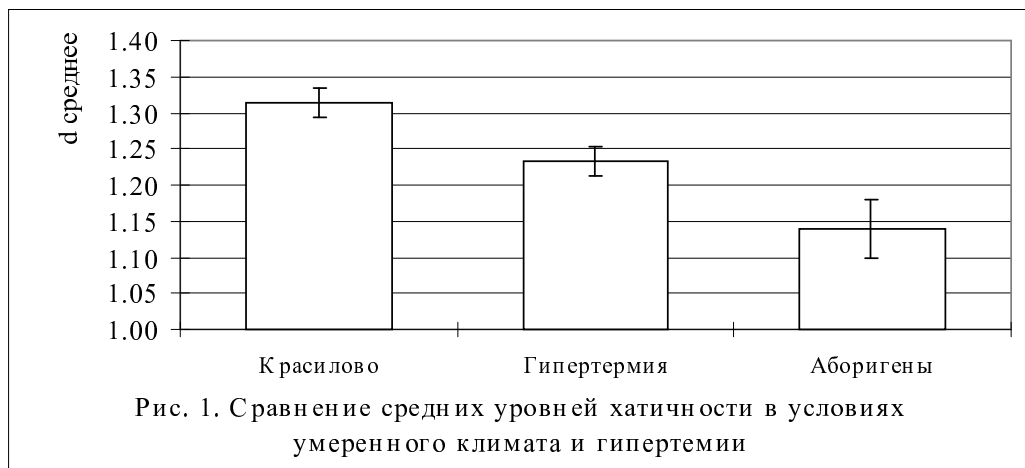
$$D = \lim_{e \rightarrow 0} \frac{\log n(e)}{\log \left(\frac{1}{e}\right)}$$

где $n(e)$ - минимальное число n -мерных кубов со стороной e , необходимое для того, чтобы покрыть множество [2, 4]. Целые значения d соответствуют стационарным (периодическим) процессам, а дробная часть говорит о наличии нестационарности в исследуемом явлении. Полученные результаты подвергались традиционной статистической обработке. Сравнения осуществлялись по критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Известно, что разнообразие ритмов функций в организме дает ему наибольшие возможности приспособления к периодическим изменениям окружающей среды. При этом синхронизация с внешними задачками времени осуществляется преимущественно, например, на уровне ритмов с большими периодами. Суточная и сезонная динамика физиологических процессов в организме человека может рассматриваться как проявление приспособительных реакций организма к тем или иным изменениям внешней или социальной среды. Однако, безусловно, временная структура на макроуровне не может не зависеть в той или иной степени от ритмических особенностей функций организма на его микроуровне. В связи с этим в ходе настоящей работы предстояло выяснить, как влияют на уровень хаотичности ЭКГ внешние факторы природного характера.

Для сравнения уровней хаотичности были рассчитаны средние значения d в разных внешних условиях. Результаты представлены на рис. 1. Анализ полученных данных свидетельствует, что в случае острой адаптации к жаре наблюдалось снижение среднего уровня хаотичности ЭКГ по сравнению с данными, полученными в условиях умеренного климата (с $1,31 \pm 0,02$ до $1,23 \pm 0,02$). Согласно закону о перемежающейся активности функциональных структур, сформулированному Г.Н. Крыжановским [по 5], в состоянии относительного покоя ритмы отдельных функциональных частей несинхронизированы друг с другом.



При стрессовых воздействиях может наблюдаться взаимная синхронизация ритмов отдельных функциональных структур, вследствие чего создается напряжение в работе органа. Этим можно, по-видимому, объяснить обнаруженное снижение уровня хаотичности при адаптации к исследуемым факторам среды. Принимая во внимание данные, полученные в условиях жары у аборигенов, можно также предположить, что при адаптации система стремится к оптимальному, относительно низкому уровню хаотичности (с $1,23 \pm 0,02$ — у мигрантов до $1,14 \pm 0,04$ — у аборигенов). Как известно из литературы,

в период острой адаптации к какому-либо воздействию внешней среды происходит перестройка работы имеющихся функциональных систем, и в конечном итоге их выход на новый, адекватный для данных условий уровень функционирования [6]. В связи с этим была предпринята попытка анализа динамики уровня хаотичности в ходе острой адаптации. На рис. 2 представлены данные, полученные в условиях жаркого климата. Как можно видеть на графике, динамика изменения хаотичности кардиоинтервалов носит выраженный волнообразный характер, что соответствует традиционным

представлениям об адаптационной перестройке систем и механизмов организма [5]. Со второго на третий, а также с четвертого на шестой дни замеров происходит достоверное повышение среднесуточного уровня d (с $1,18 \pm 0,05$ до $1,27 \pm 0,05$ и с $1,12 \pm 0,07$ до $1,25 \pm 0,05$ соответственно, $p < 0,05$), а с третьего на четвертый дни — его достоверное понижение (с $1,27 \pm 0,05$ до $1,12 \pm 0,07$ соответственно, $p < 0,05$). Далее на пятый день пребывания в данных условиях происходит выравнивание динамики уровня хаотичности ($1,22 \pm 0,06$, $1,25 \pm 0,05$, $1,24 \pm 0,06$ и $1,29 \pm 0,04$ соответственно в 5, 6, 7 и 8 дни), что позволяет предположить наличие некой первичной "приспособленности" функциональных систем организма к изменившимся условиям среды. Хотя это и согласуется с данными литературы, возникает вопрос: а не связана ли данная особенность с естественной подвижностью исследуемого параметра? Особенно это актуально в связи с природой самого явления — хаотичностью.

В связи со сказанным на следующем этапе была предпринята попытка анализа данных, полученных в условиях умеренного климата. Как можно видеть из рис. 3, достоверных изменений среднесуточных значений уровня хаотичности на протяжении пяти дней замеров не наблюдалось, за исключением первого дня, где уровень d был достоверно ниже, чем в остальных замерах ($1,22 \pm 0,05$ и $1,35 \pm 0,04$, соответственно), что можно объяснить новизной ситуации для испытуемых.

Исходя из вышеописанных результатов исследований динамики уровня хаотичности ЭКГ в разных климатических условиях, можно сделать заключение о том, что в период острой адаптации динамика d носит волнообразный характер, что согласуется с литературными данными.

Биоритмы отражают механизмы регуляции функций организма, направленные на поддержание динамического гомеостаза. Причем разнообразие ритмов функций в организме дает ему наибольшие возможности приспособления к периодическим изменениям окружающей среды. Процесс адаптации к изменившимся условиям среды всегда осуществляется в колебательном или волнообразном режиме [5].

По прошествии определенного промежутка времени колебания выравниваются, из чего можно сделать предположение о достижении некоего оптимального уровня хаотичности ЭКГ, а следовательно, и режима работы соответствующей функциональной системы. Отсюда делаем предположение о том, что наблюдаемые достоверные изменения среднесуточного значения d в процессе острой адаптации обусловлены перестройкой функциональных систем в ответ на стресс-фактор.

Выводы

1. Анализ естественной подвижности уровня хаотичности ЭКГ при повторных замерах в умеренном климате не выявил достоверных колебаний фрактальной размерности аттрактора.
2. Факторы внешней среды разной природы (жаркий климат, новизна ситуации) приводят к снижению уровня хаотичности ЭКГ. При этом степень снижения определяется, по-видимому, качеством раздражителя.
3. В период острой адаптации к жаре происходит достоверное колебание среднесуточного уровня хаотичности ЭКГ в первые дни с последующим выравниванием, что отражает волнообразный характер перестройки функциональных систем организма при длительном действии внешних факторов.

Литература

1. Valiquette B., Torres G.L., Mukhedkar D. Cardiac disrhythm as a phenomenon of chaos//Images 21st Century: Proc. 11th Annu. Int. Conf. I. EEG and Med. and Biol. Soc., Seattle, Wash. Nov. 9-12, 1989, pt 6/6. N.Y., 1989. P. 1948. 1950.
2. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. М.: Мир, 1990. 342 с.
3. Kaplan D.T. Geometrical techniques for analyzing ECG dynamics: [Pap.] 16th Annu. JSCE Conf. "Comput. Appl. Electrocardiol.", Santa Barbara, Calif., Apr. 21-26, 1991//Journal of Electrocardiology. 1991. 24, Suppl. P. 77-82.
4. Гласе Л., Мэки М. От часов к хаосу: Ритмы жизни. М.: Мир, 1991. 248 с.
5. Степанова С.И. Стресс и биологические ритмы//Космическая биология. М., 1982. N 1. С. 16-20.
6. Меерсон Ф.З. Основные закономерности индивидуальной адаптации//Физиология адаптационных процессов: Руководство по физиологии. М.: Наука, 1986. С. 10-69.