

Е. Н. МЕШАЛКИН, Ю. А. ВЛАСОВ, А. Д. ЧЕРКАИ, Н. Н. ГЛУШКОВ,
Н. Н. МЕЛЬНИКОВА

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ВЫДЕЛЕНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ СЛУЧАЙНОГО И ЗАКОНОМЕРНОГО В СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ РИТМОМ СЕРДЦА

Сердце является конечным исполнительным органом сложной системы, обеспечивающей непрерывный обмен веществ и энергии в организме человека и животного, управляющий центр которой образуют многие структуры на всех уровнях нервной системы. Центральным пунктом такой управляющей структуры являются корковые нейроны премоторной зоны, к которым поступает информация от interoцепторов (из внутренней среды), от дистантных рецепторов (из внешней среды) и от проприоцепторов, информирующих о текущем состоянии опорно-двигательного аппарата [9]. Анализ функционирования отдельно каждого из звеньев этой управляющей структуры точно не определяет степень их влияния на стратегию формирования конечной последовательности интервалов R—R. Это доказывает неоднозначность результатов (по влиянию на ритм сердца) повторных раздражений одних и тех же нейронов в различные моменты времени [1—3, 6—8, 10—15].

Деятельность сердца, как и других исполнительных органов сложных систем, управляется на основании анализа информации о внутренней и внешней среде, так что на исполнительный орган подаются команды, отражающие результаты этого анализа. Поэтому можно ожидать, что интервалы времени между сердечными сокращениями являются информативно значимыми.

В настоящем исследовании и предпринята попытка установить, имеются ли закономерности в последовательности интервалов R—R, чем выражается в реальных случаях проявление элемента случайности и каково соотношение между детерминированностью и случайностью в стратегии управления ритмом сердца.

Было предположено, что величина последующего интервала R—R задается управляющими структурами [4] на основании информации о величинах предыдущих интервалов R—R. Наибольшее влияние на это решение оказывает информация о величине непосредственно предшествующего интервала R—R. Так, показано [5], что величина последующего интервала R—R (обозначим его как R—R_n) может быть выражена через величину предыдущего R—R₁ простой зависимостью:

$$R-R_n = k \cdot (R-R_1)$$

Эта зависимость характеризует каждую пару следующих друг за другом интервалов $R-R$, откуда в общем случае можно полагать, что

$$R-R_{i+1} = f_i(R-R_i),$$

где $i=1, 2, \dots$ $f_i(R-R_i)$ — переходная функция i -м шаге.

Отсюда представляется естественным рассмотреть степень влияния предыдущих интервалов $R-R$ на последующие, т. е. степень детерминированности в стратегии управления ритмом сердца.

С этой целью могут быть рассмотрены последовательности интервалов $R-R$ в ортогональной системе координат n -мерного пространства следующим образом: на оси X_1 откладывается первый интервал, на оси X_2 — второй и т. д.; на оси X_p — p -й, на втором шаге на оси X_1 откладывается второй интервал, на X_2 — третий и т. д.; на третьем шаге на оси X_1 — третий, на оси X_2 — четвертый и т. д. Таким образом, вместо одномерной последовательности интервалов $R-R$ может быть получено ее отображение в n -мерном пространстве. Это отображение содержит на p точек меньше, чем исходная одномерная последовательность. В таком отображении наличие закономерностей может быть выявлено анализом характера расположения точек на координатных плоскостях этого пространства, в частности на двумерных. Такой анализ последовательности длиной до 2000 интервалов $R-R$ был проведен у 138 больных пороком сердца и у 10 здоровых людей. Для каждой последовательности на плоскости с ортогональными осями X_1 и X_2 откладывались на ось X_1 — первый интервал $R-R$, на ось X_2 — второй и фиксировалась точка с координатами $R-R_1$, $R-R_2$, затем на оси X_1 откладывался $R-R_2$, на оси X_2 — $R-R_3$ и фиксировалась вторая точка и т. д. Анализ полученных проекций последовательностей $R-R$ показал:

1) наличие на плоскости X_1, X_2 (рис. 1 и 2) фигур, областей, траекторий, отражающих закономерный характер расположения точек в n -мерном пространстве, состоящий в наличии областей, заполненных точками, и без них;

2) порядок заполнения областей точками также может иметь неслучайный характер, повторяющийся в последовательностях, определяемых заболеванием и состоянием исследуемых.

Наличие переходов из области в область является закономерным. Заполнение этих областей (т. е. попадание в ту или иную точку области) может быть как случайным, так и закономерным. Например, анализ процесса последовательного урежения или учащения ритма сердца под влиянием ацетилхолина (последовательное удлинение интервалов $R-R$ или их последовательное укорочение) показал, что движение точки по плоскости X_1, X_2 также может носить неслучайный характер (рис. 3). Полученные совокупности областей, заполненных точками, и траектории точек отражают стратегию управления одним из исполнительных органов человека (сердцем).

Таким образом, среди сигналов, представляющих собою последовательности импульсов, которые генерирует биологическая система, управляющая деятельностью своего исполнительного органа (в данном

случае временами между последовательными сокращениями сердца либо временами между двумя последовательными двигательными актами), существуют такие, которые имеют закономерный характер расположения точек траекторий, образуемых представлением этих последовательностей в более чем однородном пространстве. Тем самым устанавливается не известная ранее закономерность формирования биологической

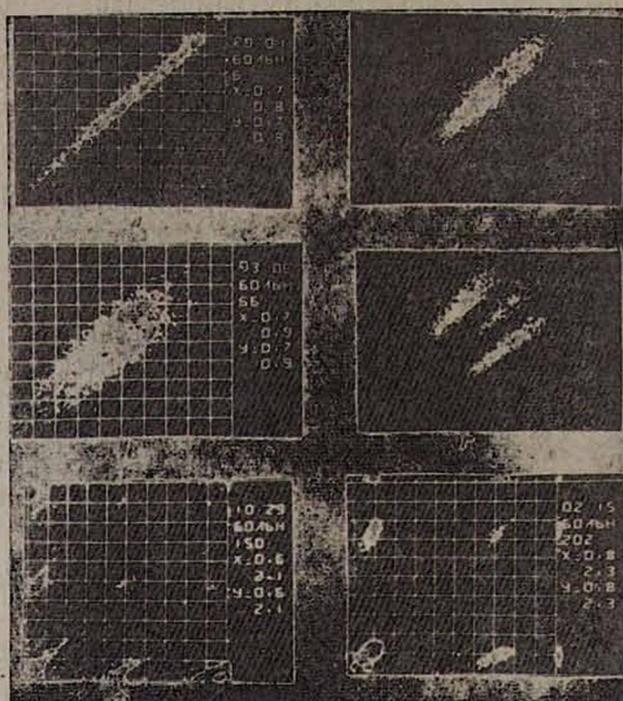


Рис. 1. Примеры двумерных последовательностей интервалов R—R. На ось X откладывается первый интервал R—R, на ось Y следующий за ним. Процедура построения подробно описана в тексте. а) б-ной П-ов, муж. 34 лет, д-з: дефект межпредсердной перегородки; б) б-ной Г-ин, муж. 35 л., д-з: аортальный стеноз; в) б-ная С-ва, жен. 17 л. д-з: состояние после наложения аорто-легочного анастомоза; г) б-ной З-ий мальч. 11 л., д-з: состояние после наложения аорто-легочного анастомоза; д) б-ной Ц-ев, муж. 31 г., д-з: митральный стеноз; е) б-ная Б-ус, жен. 37 л., д-з: ишемическая болезнь сердца.

системой импульсов для управления своим исполнительным органом (сердцем), состоящая в том, что стратегия управления отражается набором инвариантных составляющих такой последовательности—информант, которые выявляются путем преобразования одномерной последовательности импульсов в многомерную последовательность и которые представляют собою фигуры, области и траектории, образованные элементами многомерной последовательности и обладающие свойством инвариантности.

Анализ формирования областей в двумерном пространстве пока-

зывает, что общая стратегия управления рассматриваемым здесь исполнительным органом складывается из стратегии заполнения точками отдельных областей и стратегии более высокого уровня, определяющей переход из области в область. Эти выделенные стратегии могут в свою очередь содержать один или несколько уровней их организации.

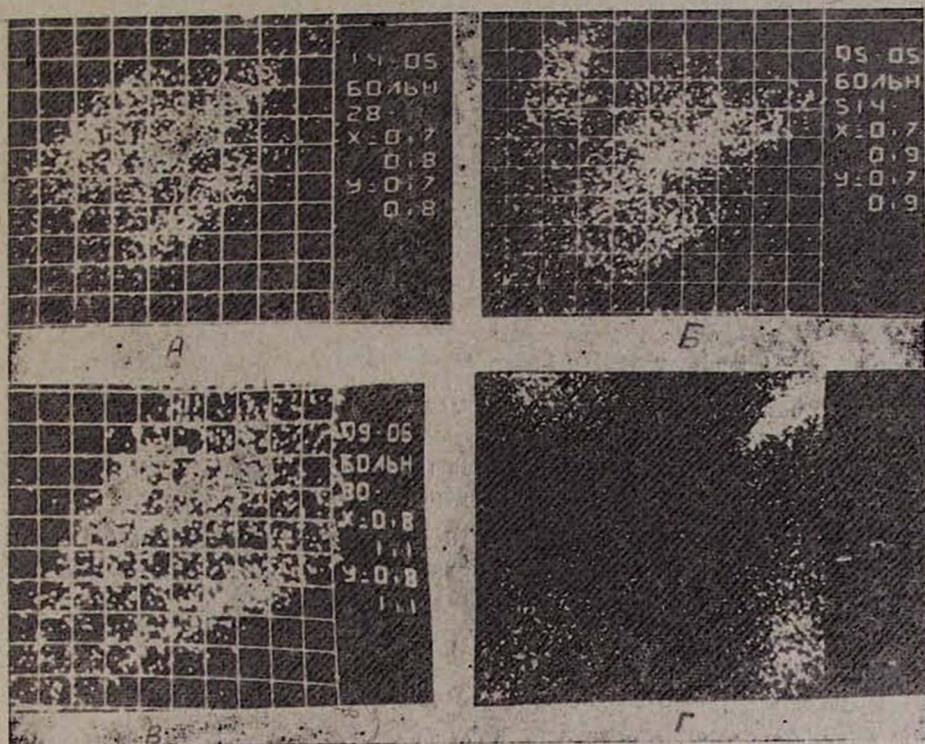


Рис. 2. Примеры двумерных последовательностей, интервалов R—R. а) б-ной С-ов, мальч. 10 л., д-з: триада Фалло; б) б-ная И-ва, жен. 39 л., д-з: состояние после митральной комиссуротомии, ритм мерцания. в) б-ная П-ко, жен. 31 г., д-з: митральный стеноз; г) б-ной К-ов, мальч. 11 л., д-з: дефект межжелудочковой перегородки.

В тех случаях, когда области в p -мерном пространстве пересекаются (см. рис. 2б, в) выделение уровней организации этих стратегий данным способом затруднено, что, по-видимому, приводит к осложнению реализации на практике вырабатываемой системой общей стратегии управления, т. е. стратегии управления переходами точек из области в область и стратегии заполнения точками конкретной области.

Тем самым в настоящей работе обосновано существование уровней управления исполнительным органом (в данном случае сердцем) сложной системой, носящего неслучайный характер. Показано, что переходные функции f_i (R—R_i), на каждом i -м шаге формирования последовательности управляющих импульсов имеют иерархичную структуру, отражающую иерархию общей стратегии управления органом. Разнообразие переходных функций может быть ограничено. Это позволяет

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Блинова А. М., Сараджев Н. К., Шейхон Д. В. В сб. «Труды Ин-та нормальной и патол. физиологии», М., 6, 1962, 110—112.
2. Вальдман А. В. В сб. «Современные проблемы физиологии и патологии нервной системы», М., Медицина, 1965, 325—345.
3. Верзилова О. В., Кондратьева Л. Н. Бюлл. эксп. биол. и мед., 1964, 57, 6, 11—15.
4. Власов Ю. А. Автореферат. доктор. диссерт. Новосибирск, 1971.
5. Власов Ю. А., Якименко А. В., Яшков В. Т., Черкай А. Д., Мельникова Н. Н. В кн.: «Радиоэлектроника, физика и математика в биологии и медицине». Новосибирск, 1971, 9—14.
6. Громова Е. А., Ткаченко К. Н., Проводина В. Н. Физиол. ж. СССР, 1965, 51, 6, 768—775.
7. Ковалев Г. В., Бондарев М. Г. Физиол. ж. СССР, 1962, 48, 9, 1017—1026.
8. Харамкулов А. К., Удельнов М. Г. Вест. Моск. ун-та, 1965, VI (биол. почвов.), 4, 3—10.
9. Черниговский В. Н. Нейро-физиологический анализ кортико-висцеральной рефлекторной дуги. Л., Наука, 1967.
10. Baust W., Niemzyk H., Schreffec H., Vieth Y. Pflügers Arch. ges. Physiol. 1962, 274, 4, 374—384.
11. Danglas W. W., Schaumann W. J. Physiol. (Engl.). 1965, 132, 1, 173—186.
12. Кутина Акэми. Nihon Univ. Med. J. 1966, 25, 9, 1012—1022.
13. Manning J. W. in: Nervous control of the Heart, Ed. W. C. Randell. Baltimore, 1965.
14. Smith O. A. Jr. in: Nervous control of the Heart Ed. W. C. Randell Baltimore, 1965.
15. Xongo Acao. Nihon Univ. Med. J. 1966, 25, 9 1023—1032.

