

- pracy zawodowej a wydolnosk fizyczna pracownikow // Med. pracy.—1970.—21 N 3.—S. 227—240.
16. Stegemann J. Leistungsphysiologie.—Stuttgart: Thieme Verlag, 1971.—201 S.
17. Thiele W., Busunow W., Frenzel H. et al. Kriterien und Zugangswege zur Bestimmung der Dauerleistungsgrenze // Med. und Sport.—1981.—21, N 9.—S. 260—264.
18. Ulmer W.-T., Berta G. Herzminutenvolumen und Herzindex, Schlagvolumenindex, Sauerstoffverbrauch und arterielle und venöse Blutgaswerte von gesunden Versuchspersonen in Ruhe und bei körperlicher Belastung // Pflügers Arch. ges. Physiol.—1964.—280.—S. 281—298.
19. Woitowicz H.-J. Die Blutgasanalyse in der Beurteilung der Arbeitsunsuffizienz aus pulmonaler Ursache // Dtsch. med. Wschr.—1971.—96.—S. 862—874.

Киев, ин-т гигиены труда и профзаболевания МЗ УССР;
Ун-т им. Э. М. Арндта, Грейсвальд, ГДР

Поступила 04.02.85

УДК 613.6:612.172.2:612.67

А. Л. Решетюк, В. Л. Бакалейникова, А. А. Поляков

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ РИТМОГРАФИЯ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ У ЛИЦ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Для оценки функционального состояния организма человека в клинической практике, космической медицине, физиологии труда и спорта широко используется корреляционная ритмография [1—4, 10, 21].

В настоящей работе рассматривается возможность применения этого метода при функциональной (умственной) нагрузке у здоровых лиц разного возраста.

Методика

Обследованы 86 практически здоровых мужчин, занимающихся физическим трудом. По возрасту они разделены на следующие три группы: 1-я — 20—29, 2-я — 48—59, 3-я — 60—75 лет. Исследования проводились утром (9—10 ч) в летние месяцы (июнь — август). Функциональной умственной нагрузкой служило сложение двухзначных чисел в уме в течение 2 мин по методике, описанной ранее [9]. Корреляционные ритмограммы (КРГ) регистрировали на ритмокардиоскопе РКС-01 в разные периоды времени: исходный, нагрузочный, восстановительный (на 3-й минуте) по 70—100 кардиоинтервалов в каждом замере. Получаемые графики фотографировали специальной фотопроставкой.

Прибор РКС-1 автоматически преобразует RR -интервалы в график (область точек) на экране электронно-лучевой трубки в заданной координатной сетке, состоящей из трех квадратов разной площади (рис. 1). Сторона наименьшего квадрата соответствует интервалу 0,25 с, среднего — 0,5, большого — 0,75. Скопление точек на биссектрисе координатного угла называется основной совокупностью.

Как показано на рис. 1, а и в соответствии с данными, изложенными в других работах [2, 4, 11], можно выделить (в зависимости от расположения точек) зоны, соответствующие нормосистолии (НС), тахисистолии (ТС), пароксимальной тахикардии (ПТ) или умеренной брадикардии (УБ).

Анализ и оценка статистических параметров КРГ, согласно выполненным работам [2, 4, 11], производится следующим образом. Средняя частота сердечного ритма ($RR_{ср}$) определяется как проекция центра основной совокупности точек на координатную ось (рис. 1, б). По координатам ближайшей и максимально удаленной от осей точек определяются значения $RR_{мин}$, $RR_{макс}$ и разброс интервалов RR (ΔRR). Отношение большей оси a эллипса, охватывающего основную совокупность точек, к его малой оси b (a/b) характеризует выраженность составляющих сердечного ритма. Для определения отношения следует измерять размер проекций осей a и b на оси координат (рис. 1, в). Параллельно регистрации КРГ производились ритмография, подобно описанному ранее методу [6], и мониторинг ЭКГ-сигнала на портативном электрокардиоскопе ПЭКС-01.

Анализ полученного по КРГ материала выявил ряд общих закономерностей. Так, в исходном состоянии в соответствии с известными данными [7, 13] отчетливо прослеживается уменьшение частоты сердечных сокращений (ЧСС) с увеличением возраста испытуемых. Средняя ЧСС в группе 20—29-летних мужчин составляет 78 уд/мин, 48—59-летних — 68, 60—75-летних — 61.

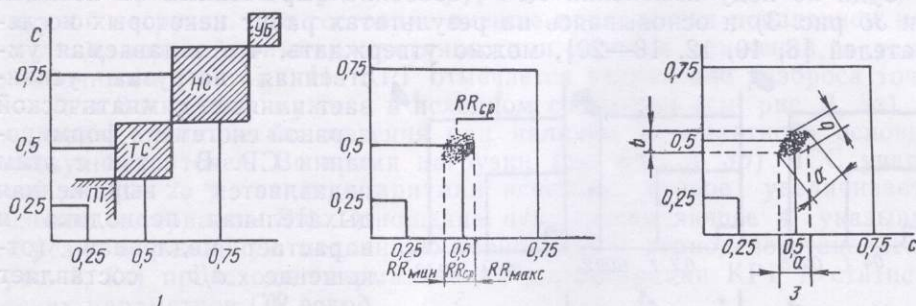


Рис. 1. Методика оценки корреляционной ритмограммы (КРГ):

1 — примерное расположение точек КРГ в зависимости от частоты сердечного ритма в масштабе изображения 1; 2 — определение средней частоты ритма сердца; 3 — определение составляющих ритма.

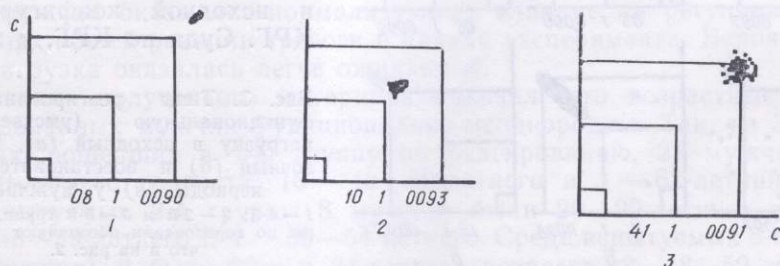


Рис. 2. Типы регуляции сердечного ритма, проявляющиеся на КРГ, снятой с экрана дисплея РКС-01:

1 — нормотонический; 2 — симпатикотонический; 3 — парасимпатикотонический. Первые две цифры по горизонтали обозначают номер кадра, третья — номер масштаба координатной сетки, следующие четыре — число фиксируемых кардиоциклов.

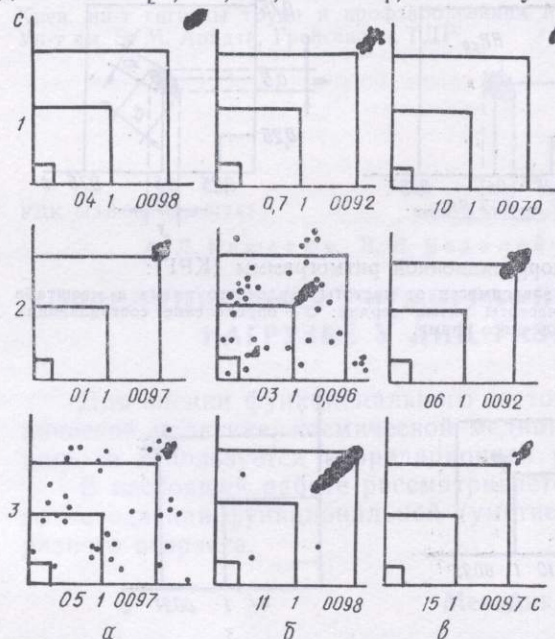
По исходным данным КРГ можно определить тип регуляции сердечного ритма (СР): нормотонический, симпатикотонический, парасимпатикотонический (рис. 2). Для нормотонического типа (рис. 2, 1) характерно формирование основной совокупности точек на биссектрисе координатного угла в виде эллипса малой площади со средней длительностью интервалов RR 0,75—1,00 с и довольно большим разбросом ΔRR 0,20—0,50 с. Отношение a/b составляет 1,4—2,0. Это свидетельствует о выраженной дыхательной периодике. При симпатикотоническом типе (рис. 2, 2) основная совокупность точек также представлена эллипсом малой площади со средней длительностью интервала RR , составляющей 0,55—0,70 с и малым разбросом ΔRR (0,04—0,06 с). Отношение a/b составляет 1,1—1,3. Парасимпатикотонический тип (рис. 2, 3) проявляется на КРГ кругом большой площади равномерно распределенных точек на координатном поле и большим разбросом RR (0,60—0,80 с). Средняя длительность интервалов RR превышает 1,00 с. Отношение a/b составляет 1,0.

Среди 20—29-летних мужчин чаще (65 %) встречались мужчины с симпатикотоническим типом регуляции СР. В группу 48—59-летних вошли парасимпатикотоники (51 %) и нормотоники (32 %). Среди 60—75-летних явно преобладали парасимпатикотоники (82 %). У остальных (18 %) мужчин этой группы был нормотонический тип регуляции сердечного ритма. Распределение испытуемых по типам регуляции сердечного ритма согласуется с ослаблением симпатических и

усилением парасимпатических влияний на сердце при старении [15, 16].

По данным функциональной нагрузки у всех испытуемых увеличивается ЧСС (особенно у молодых мужчин): в среднем прирост ЧСС составляет 30 % исходного значения. У мужчин старше 60 лет наблюдался наименьший прирост ЧСС: не более 5—6 % исходного значения.

Судя по ходу изменений КРГ (особенно выраженных на позиции 2б и 3б рис. 3) и основываясь на результатах работ некоторых исследователей [8, 10, 12, 18—20], можно утверждать, что задаваемая ум-



ственная нагрузка усиливает влияние симпатической нервной системы в формировании СР. В связи с этим подавляется выраженная дыхательная периодика и нарастает медленная (отношение a/b составляет более 2).

По данным КРГ на 3-й минуте отдыха у большинства испытуемых наблюдается полное восстановление ЧСС и исходной конфигурации КРГ. Судя по КРГ, у неко-

Рис. 3. Типы реагирования на функциональную (умственную) нагрузку в исходный (а), нагрузочный (б) и восстановительный периоды (в) у мужчин:

1 — 1-й; 2 — 2-й и 3 — 3-й групп. Цифры по горизонтали обозначают то же, что и на рис. 2.

торых мужчин в этот период функциональное состояние улучшается по сравнению с исходным. Вместе с тем у 30 % мужчин старшего возраста наблюдается затяжное восстановление ЧСС (на 4—7-й минуте после прекращения нагрузки) при восстановившейся конфигурации основной совокупности точек.

Наряду с описанными, выявлены и другие особенности регуляции сердечного ритма при нагрузке, в частности типы реагирования, по которым испытуемые также были разделены на три основные группы (рис. 3).

Для 1-й группы характерна брадикардия (ЧСС составляет 64 уд/мин) в исходном состоянии, нормотонический тип регуляции СР и выраженная дыхательная периодика (см. рис. 3, 1а). Во время умственной нагрузки (см. рис. 3, 1б) происходит увеличение ЧСС на 7—8 %. Разброс интервалов RR не изменяется по отношению к исходному значению. Соотношение a/b увеличивается, что свидетельствует о подавлении дыхательной периодики [2, 4, 21]. В период восстановления (см. рис. 3, 1в) у них происходит полная реституция ЧСС в течение первых 3 мин, восстанавливается коэффициент a/b и общая конфигурация КРГ до исходного состояния.

Сопоставление картины разброса точек на КРГ с особенностями поведения испытуемых и успешностью выполнения задания показало наличие зависимости между ними. Так, состоянию высокой работоспособности, собранности, четкости действий испытуемых данной группы и правильности их ответов на КРГ соответствует эллипс малой площади.

У мужчин 2-й группы (рис. 3, 2а) в исходном состоянии ЧСС выше на 10—15 % по сравнению с мужчинами 1-й группы. Визуально конфигурации КРГ сходны. При выполнении умственного задания (см. рис. 3,

26) ЧСС значительно возрастает (до 30 % исходного значения). Увеличение отношения a/b в 2 раза свидетельствует об усилении медленной периодики в формировании СР. Разброс интервалов RR увеличивается в 4 раза. На КРГ это проявляется рассеиванием точек по всему координатному полю. В течение 2-минутного отдыха (см. рис. 3, 2в) полное восстановление ЧСС и конфигурации основной совокупности не происходит. Для мужчин этой группы характерно неврозоподобное состояние «тревожности» [5, 14, 16], развивающееся во время информационной нагрузки. Это состояние внешне проявляется появлением пота на лице, нервной мимики, суетливости и лишних движений, а также ошибочными ответами. На КРГ отмечается увеличение разброса точек.

Для 3-й группы мужчин в исходном состоянии (см. рис. 3, 3а) характерны аритмические явления при наличии «компактной» основной совокупности точек. Во время нагрузки (см. рис. 3, 3б) ЧСС учащается до 20—25 %, явления аритмии исчезают, второе увеличивается разброс интервалов RR . Отношение a/b , составляющее 4, указывает на резко выраженную медленную периодику. В период восстановления (рис. 3, 3в) происходит нормализация конфигурации КРГ и статистических параметров СР.

Провоцирующим психогенным фактором для мужчин этой группы явилось ожидание эксперимента. Эмоциональное возбуждение и фиксация внимания на «конфликтной» ситуации вызвали у них реакцию тревоги. Судя по изменению конфигурации КРГ умственная нагрузка у этих мужчин оказывает нормализующее влияние на регуляцию СР в условиях общей реакции тревоги в начале эксперимента. Вероятно, для них нагрузка оказалась легче ожидаемой.

Анализ полученного материала показал, что возрастные группы обследованных мужчин функционально неоднородны. Так, из 38 испытуемых, вошедших в 1-ю группу по реагированию, 21 мужчина был 20—29-летнего возраста, 16—48—59-летнего и 1—62-летний. Среди 32 испытуемых 2-й группы 8 мужчин были 20—29-летнего возраста, 20—48—59-летнего и 4—60—64-летнего. Среди испытуемых 3-й группы (16 мужчин) 2 были 22-х и 24-летнего возраста, 8—48—59-летнего и 6—66—75-летнего.

Учитывая различную подготовленность к информационной нагрузке и типологические особенности испытуемых на основании приведенных выше данных можно утверждать, что КРГ при умственной нагрузке отражает совокупный эффект условий и влияний разной модальности и направленности, не обнаруживая непосредственной связи с возрастом. В связи с этим необходим индивидуальный подход к анализу и оценке данных КРГ на основе выявленных типов регуляции и реагирования.

Заключение

Ритмокардиоскопия на инструментальной основе РКС-01, как установлено в данной работе,— высокоинформативный и оперативный автоматизированный метод исследования функционального состояния организма здорового человека. Она наиболее эффективна при функциональной нагрузке. Такая незначительная умственная нагрузка, как 2-минутный счет в уме у мужчин, работающих физически, вызывает отчетливые изменения корреляционной ритмограммы в исходный, нагрузочный или восстановительный периоды в зависимости от особенностей функционального состояния организма. Так, на одних испытуемых ожидание нагрузки и сама нагрузка оказывают мобилизующее, а на других — демобилизующее воздействие.

Прослеживаются общие возрастные изменения, заключающиеся в усилении парасимпатических влияний у мужчин старшего возраста. Выявлена роль индивидуальности в особенностях регуляции сердечного ритма при функциональной нагрузке.

Нужно подчеркнуть следующие достоинства ритмокардиографии с помощью РКС-01: 1) автоматический анализ физиологических данных

в реальном масштабе времени; 2) графическое изображение результатов на дисплее; 3) фотографическая регистрация результатов; 4) высокая чувствительность и информативность метода при постановке опытов по изучению действия функциональной нагрузки.

A. L. Reshetyuk, V. L. Bakaleinikova, A. A. Polyakov

CORRELATION SCATTERGRAM IN FUNCTIONAL LOADS IN THE HUMANS OF DIFFERENT AGES

The paper is concerned primarily with the regulation of the cardiac rhythm in functional intellectual load in the apparently healthy humans of different ages. It was found that rhythmocardiography according to RCS-01 device indications proves to be a highly informative and operative method for studying the functional state of a healthy human organism. Based on the initial scattergram data the following types of cardiac rhythm regulation are distinguished: normotonic, sympathicotonic, parasympathicotonic. In addition, the statistical parameters for the cardiac rhythm of the above types are described. The common age-dependent changes manifesting themselves in an enhancement of the parasympathetic effect on the heart of older persons are traced. The individual analysis of the scattergram during the initial, loaded and restitutional periods allows singling out three types of the response to mental loads depending on the typological characteristics of the reactivity of those persons under study.

Institute of Gerontology, Academy of Medical Sciences,
USSR, Kiev

1. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии.— М.: Медицина, 1979.—296 с.
2. Баевский Р. М., Кириллов О. И., Клецкин С. Д. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе.— М.: Наука, 1984.—220 с.
3. Воскресенский А. Д., Вентцель М. Д. Статистический анализ сердечного ритма и показателей гемодинамики в физиологических исследованиях // Пробл. косм. биологии.—1974.—26.—С. 3—220.
4. Дембо А. Г., Земцовский Э. В. О значении исследования сердечного ритма в спортивной медицине // Теория и практика физ. культуры.—1980.—№ 3.—С. 13—15.
5. Карвасарский Б. Д. Неврозы: Руководство для врачей.— М.: Медицина, 1980.—448 с.
6. Кепеженас А. К., Жемайтис Д. И. Зависимость структуры сердечного ритма от физической работоспособности спортсменов // Физиология человека.—1983.—9, № 5.—С. 729—739.
7. Коркушко О. В. Сердечно-сосудистая система и возраст.— Киев: Медицина, 1983.—
8. Кудрявцева В. И., Сычев В. А. Использование резонансно-поисковых вычислительных методов анализа для раннего выявления умственного утомления // Теоретические и прикладные аспекты анализа временной организации биосистем.— М.: Наука, 1976.—С. 12—14.
9. Методическое руководство по применению психо-физиологических методов профессионального отбора и адаптации оперативного персонала энергопредприятий / Сост.: В. А. Бузунов и др.— Горловка: Б. и., 1982.—126 с.
10. Навакатикян О. А., Карпенко А. В. Информационные возможности анализа периодической структуры сердечного ритма работающего человека // Физиология человека.—1981.—7, № 2.—С. 214—220.
11. Ритмокардиоскоп РКС-01: Техн. описание и инструкция по эксплуатации.— Л.: Б. и., 1982.—179 с.
12. Романов В. В., Левинский Н. И., Чернова И. Н. К вопросу о специфичности реакций сердечного ритма на некоторые виды умственной нагрузки // Физиология человека.—1984.—10, № 4.—С. 563—568.
13. Токарь А. В. Сердце и возраст.— Киев: Здоров'я, 1984.—45 с.
14. Ушаков Г. К. Пограничные нервно-психические расстройства.— М.: Медицина, 1978.—
15. Фроликс В. В. Регуляция сердечно-сосудистой системы при старении организма // Основы геронтологии.— М.: Медицина, 1969.—С. 190—202.
16. Фроликс В. В., Коркушко О. В. Сердечно-сосудистая система // Биология старения.— Л.: Наука, 1982.—С. 307—308.
17. Хананавили М. М. Патология высшей нервной деятельности (поведения).— М.: Медицина, 1983.—228 с.
18. Kalsbeek J. W. Sinus arrhythmia and the dual task method in measuring mental load // Measurement of man at work.— London, 1971.— Vol. 2.— P. 101—109.
19. Katona P. L., Joh F. Respiratory sinus arrhythmia: a noninvasive measure of parasympathetic cardiac control // J. Appl. Physiol.—1975.—39, N 6.— P. 801—812.
20. Lacey J. I., Bateman D. E., von Lehn R. Autonomic response specificity: An experimental study // J. Psychosomat. Med.—1953.—15.— P. 8—10.
21. Sayers B. A. Analysis of heart rate variability // Ergonomics.—1976.—16, N 1.—

Ин-т геронтологии АМН СССР, Киев

Поступила 17.05.85