

УДК 612.822 + 612.821

## ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРДИОРИТМА ПРИ МЫСЛЕННОМ ОТСЛЕЖИВАНИИ СЕРДЦЕБИЕНИЙ У ЗДОРОВЫХ ИСПЫТУЕМЫХ

© 2004 г. О. В. Кубряк, А. А. Бондарев\*, Ю. В. Урываев

Государственное учреждение Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАМН, Москва, \* Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, e-mail: niif@yandex.ru; kubryak@mail.ru

Поступила: 28.05.2003 г.

Принята в печать: 29.09.2003 г.

Мысленный счет своих сердцебиений вызывает изменение характеристик кардиоритма – основной (максимальной) и других частот *RR* интервалов, в особенности доли высоких (0.15–0.4 Гц), связанных с дыханием. Точность отслеживания своих сердцебиений (доля отслеженных от числа наблюдаемых) соответствует индивидуальному соотношению частоты, ритмичности и числу кардиоциклов. Обсуждается возможность произвольных респираторных регуляций в изменении кардиоритма при мысленном счете с точки зрения формирования центрально-периферической интеграции (системности) для оптимального восприятия сердцебиений.

*Ключевые слова:* сердцебиения, восприятие, мысленное слежение.

## Characteristics of the Heart Rate during Mental Tracing of Heartbeats in Healthy Subjects

O. V. Kubryak, A. A. Bondarev, Yu. V. Uryvaev

*Anokhin Institute of Normal Physiology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow,  
N.E. Bauman Moscow State Technical University*

Mental counting of self heartbeats results in changes of parameters of heart rhythm – domain and other frequencies of the *RR*-intervals, especially, high frequencies (0.15–0.4 Hz), which are relevant to respiration. The accuracy of mental counting of the heartbeats (the ratio of traced beats to the number of registered ones) corresponds to individual relations between the frequencies, regularity, and total number of the heartbeats. A possibility of the voluntary regulation of respiration as the cause of changes in the heartbeat frequency is discussed in terms of the center-periphery integration (system approach) for optimal perception of self heartbeats.

*Key words:* heartbeats, perception, mental tracing.

Осознание деятельности внутренних органов основывается на афферентной сигнализации, оцениваемой психикой [6, 13]. Восприятие в экспериментальных условиях – процесс соматопсихического взаимодействия, направленного на достижение заданного инструкцией результата – опознания объекта [1, 11]. Осознанное восприятие сердцебиений выражается либо самонаблюдением (“вниманием”), либо способами контроля (коррекции), направленными на изменение собственного ритма сердца, – например, при обучении с помощью “биологической обратной связи” [14].

Изучение variability сердечного ритма является самым распространенным способом регистрации кардиального “ответа” на внешние и внутренние стимулы. Описаны изменения кардиорит-

ма при ориентировочных реакциях, внимании, мыслительных процессах и т.д. [2, 8, 9].

Используемые в настоящее время методы детекции собственных сердцебиений сводятся в основном к двум способам: 1) минидвижениям (нажатие кнопки и т.д.), маркирующим текущий кардиоцикл [25, 28] и 2) мысленный подсчет собственных сердцебиений за определенный период с последующим указанием их числа [23]. Сравнение точности того и другого [18] показало хорошую достоверность результатов.

Одни авторы [25, 29] считают мысленный счет своих сердцебиений оценкой чувствительности к кардиальной афферентации, другие [21, 22] – отражением суждения о вероятной частоте своего кардиоритма. Накоплены данные о влиянии психологических (стресс, страх, эмоциональность и др.) и

физиологических (физическая нагрузка, положение тела и др.) факторов на восприятие собственных сердцебиений [15, 17, 19, 24].

Однако собственные сокращения сердца при их восприятии рассматриваются как объект наблюдения, относительно независимый от наблюдателя. Вместе с тем придается большое значение влиянию “фокуса внимания” на способность к интероцепции [27].

Цель исследования состояла в изучении характера изменений ритма электрокардиограмм (ЭКГ) при мысленном счете собственных сердцебиений у здоровых испытуемых.

### МЕТОДИКА

Наблюдения проведены на 25 добровольцах (13 женщин и 12 мужчин, возраст от 18 до 42 лет (средний – 29.2 лет) – служащие и студенты московских вузов), без жалоб на нарушение работы сердца. Исследование выполняли с соблюдением современных этических норм, в одинаковое время: 15.00–17.00 ч. Во время наблюдения испытуемый с повязкой на глазах удобно сидел в кресле в изолированной, неярко освещенной комнате. ЭКГ регистрировали во втором стандартном отведении на протяжении 60 с спокойного бодрствования (период I – фон) и 60 с выполняемого по инструкции мысленного подсчета своих сердцебиений (период II). Инструкцию подавали перед очередным периодом. Мысленный счет сердцебиений начинался после команды “старт”, заканчивался по команде “стоп”. Продолжительность периодов наблюдения испытуемым не сообщали. Примененный способ подсчета является модификацией метода Р. Шандри [23, 24]. Для регистрации ЭКГ и отметки начала и окончания периодов использовали канал полиграфа EPAS 32-neuro фирмы “Shwarzer”, Германия. Продолжительность периодов контролировали по секундомеру, встроенному в интерфейс устройства.

Выделение пиков R, определение длительности RR-интервалов и спектральный анализ проводили согласно международным рекомендациям [26].

“Точность” мысленного подсчета сердцебиений определялась как доля (%) осознанных (отслеженных) кардиоинтервалов от общего фактического числа зубцов R ЭКГ.

Статистическую обработку, вычисления и построение графиков производили с помощью пакета Microsoft® Excel 2000.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выполнение инструкции отслеживать число сердцебиений предполагает осознанное восприятие по крайней мере следующих параметров кардиоциклов – числа и частоты (RR-интервалов), а также ритмичности.

Поскольку для снижения изменений состояния, в том числе колебаний внимания (мысленного счета), мы исследовали сердечный ритм за короткий отрезок времени [8], число RR-интервалов было меньшим, чем обычно рекомендуемые для анализа [26].

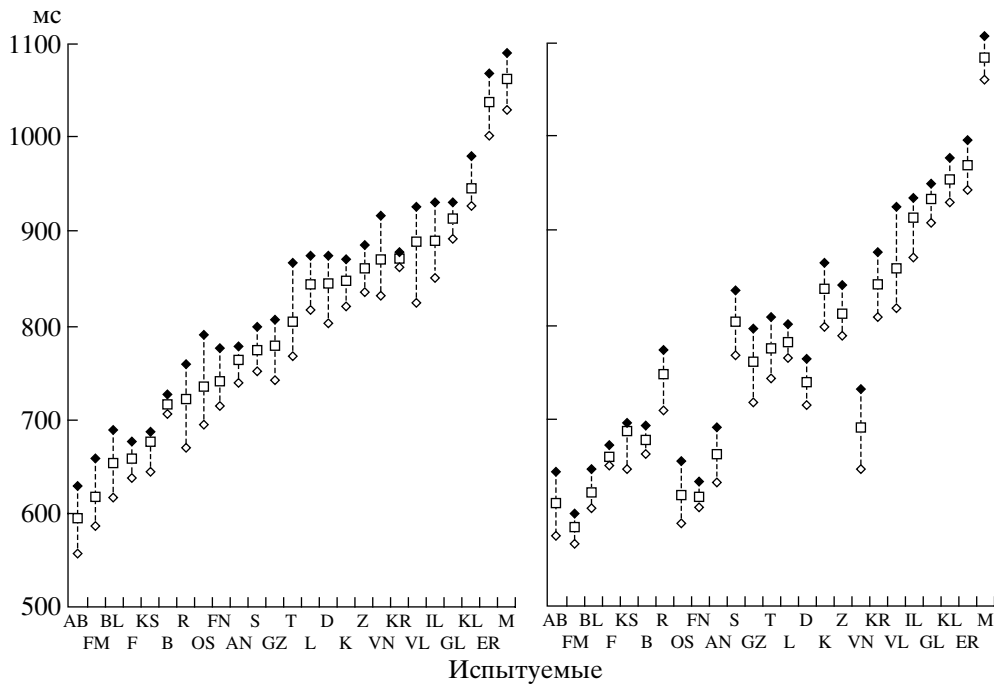
Для проверки соответствия фактического распределения RR-интервалов индивидуальных записей ЭКГ за 60 с каждого периода нормальному применялся непараметрический критерий согласия  $\chi^2$  (уровень значимости 0.05). Оказалось, что при такой длине записи тип распределения кардиоинтервалов у всех испытуемых не соответствовал нормальному закону, как в состоянии спокойного (ненапряженного) бодрствования, так и при мысленном счете. Поэтому для оценки сердечного ритма (длительности кардиоинтервала, вариабельности) использовались не стандартные показатели (среднее значение, RRNN и стандартное отклонение, SDNN), а характеристики, связанные с индивидуальной функцией распределения RR-интервалов (медиана, верхний и нижний квартили, вероятное отклонение – семиинтерквартильная ширина).

Характеристики кардиоритма испытуемых при спокойном бодрствовании и мысленном счете представлены на рис. 1.

Число кардиоциклов за период мысленного счета характеризует необходимую “продолжительность внимания”. Частота сердцебиений является косвенным показателем напряженности внимания, необходимой для отслеживания сердцебиений.

Адекватной характеристикой частоты сердцебиений за период 60 с служит медиана. По этому показателю наиболее напряженным должно было быть внимание испытуемых с наименьшей величиной медианы (испытуемые AB, FM, BL, F, KS, B, R, OS, FN, AN – от 608 до 660 мс). Действительно, “точность” мысленного подсчета сердцебиений у этих испытуемых составляла 52% (середина выборки), а у остальных (лиц с большей величиной медианы – от 756 до 1076 мс) – 65%.

Ритмичность сердцебиений оценивали по вероятному отклонению (семиинтерквартильной широте) RR-интервалов. Было установлено, что у более “точных” испытуемых (>55% отслеженных сердцебиений) ритмичность в фоне была значительно выше, чем у менее “точных” (соответственное значение вероятного отклонения в среднем 26 и 37 мс). При мысленном отслеживании сердцебиений у первых ритмичность не изменилась, а у вторых возросла примерно до такой же величины (соответственно 27 и 28 мс). Это указывает на то, что “точность” отслеживания сердцебиений определяется и другими факторами. При этом относительно большей однородностью (меньшим разбросом значений) при мысленном счете характеризовались кардиоинтервалы испытуемых с медианой,



**Рис. 1.** Индивидуальные характеристики сердечного ритма при спокойном бодрствовании (слева) и при мысленном счете (справа). Указаны медианы (светлые квадраты), верхний и нижний квартили (светлые и темные ромбы)  $RR$  интервалов (мс).

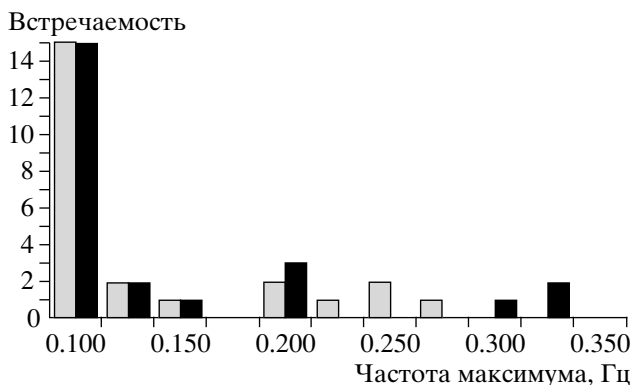
отличной от значений, соответствующих 60–80 уд/мин.

Выполнение инструкции считать свои сердцебиения вызывало у большинства испытуемых (16 человек, 64%) уменьшение медианы  $RR$ -интервалов относительно периода спокойного бодрствования (рис. 1).

Индивидуальная избирательность изменений активности ЦНС в период мысленного счета проявлялась в определенном соотношении сдвигов частоты и ритмичности сердцебиений. Так, за одинаковый (60 с) период мысленного счета, неизвестный добровольцам, предстояло отследить от 55 до

102 кардиоциклов, появляющихся каждые 608–1076 мс. При этом характеристика разброса (ритмичность) отслеживаемых кардиоинтервалов варьировала от 11 до 54 мс.

Отслеживание своего кардиоритма затруднялось также “сложностью” контролируемого показателя: при напряженном (большое число “коротких” кардиоциклов) и более спокойном (малое число “длинных” кардиоциклов) отслеживании “психическое напряжение” (внимание, ориентировочная реакция) было различным. Например, одному испытуемому (FN) предстояло отследить 96 кардиоциклов, следовавших достаточно ритмично ( $\pm 14$  мс или 2.3%) каждые 614 мс, а другому (KL) – почти на 1/3 меньше (63) циклов, хотя и “появлявшихся” менее регулярно ( $\pm 23$  мс или 2.5%) и гораздо реже (948 мс). Естественно, что “точность” отслеживания у первого была значительно ниже, чем у второго, – соответственно 46 и 73%. Вместе с тем сходные величины “точности” наблюдались у испытуемых (VL, FN и др.) с иным числом кардиоциклов. Обнаружена тенденция к возрастанию точности отслеживания кардиоритма у лиц с меньшей частотой систол, особенно у лиц с точностью, превышающей 60% (таблица).



**Рис. 2.** Распределение частот индивидуальных максимумов спектральной плотности мощности кардиоритма при спокойном бодрствовании (светлые столбики) и при мысленном счете (темные).

Изменения спектров кардиоритма под влиянием мысленного счета представлены на рис. 2 и 3. Показатели сдвига частот как индивидуальные (рис. 3), так и обобщенные (рис. 2) для всех испытуемых указывают на то, что при мысленном сче-

Сравнение индивидуальных показателей: реальные (по ЭКГ) и доля выявленных сердцебиений (“точность”)

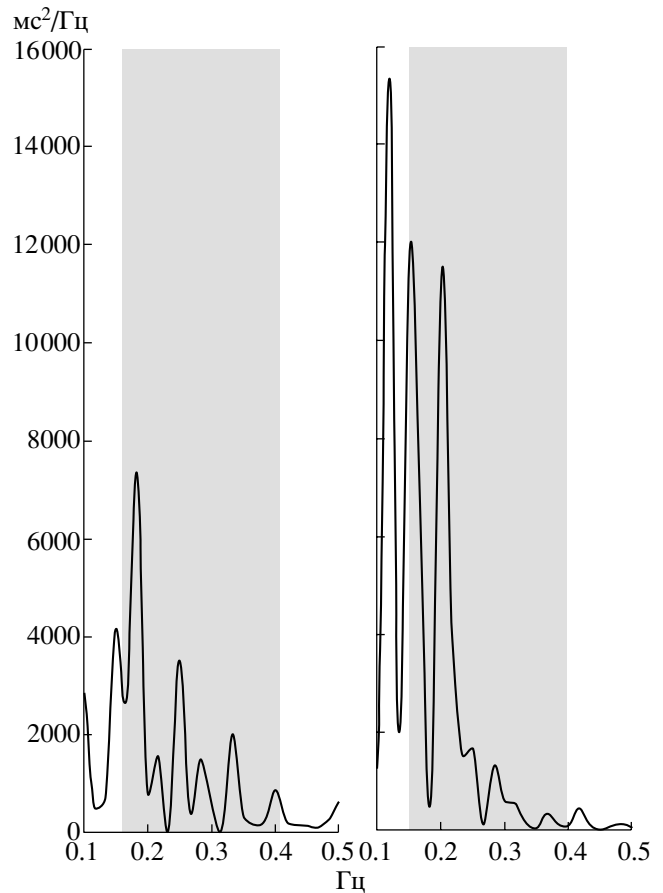
Испытуемый	Число кардиоциклов		Точность, %
	период спокойного бодрствования	период мысленного счета	
F	92	91	26
R	84	80	34
T	74	78	38
FM	94	102	45
VN	70	87	45
VL	68	69	45
FN	81	96	46
Z	70	74	50
IL	68	67	50
BL	91	97	51
AB	101	99	52
M	57	55	55
L	71	78	62
B	84	88	65
ER	58	62	65
KS	90	88	67
OS	81	95	68
GZ	78	79	73
KL	63	63	73
D	72	81	74
GL	66	64	77
K	71	73	81
S	78	76	97
AN	79	91	98
KR	70	72	100

те происходило смещение максимумов спектральной плотности мощности кардиоритма.

**ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Полипараметричность воспринимаемого стимула, вероятно, определила индивидуальную точность подсчета своих сердцебиений – от осознания почти каждого сердцебиения (“более точные”) до одного из четырех (“менее точные”).

Поскольку изменение параметров сердцебиений при мысленном счете относительно спокойного бодрствования соответствует точности выполняемой деятельности, можно предполагать ее системный характер, подчиненный достижению определенного результата, – отслеживанию кардиосистол.



**Рис. 3.** Спектрограммы кардиоритма испытуемого KR (“точность” – 100%) при спокойном бодрствовании (слева) и мысленном счете (справа). Дыхательная область спектра выделена.

Наши результаты подтверждают зависимость восприятия собственных сокращений сердца от частоты сердечных сокращений (ЧСС) [15, 16] и совпадают с предположением [4] о взаимосвязи формы поведения и направленности изменений ЧСС: при ожидании стимула (например, очередного сокращения сердца) ЧСС снижается, при активном поиске – повышается. Не исключена возможность того, что неуверенность и неспособность отслеживать сердцебиения способствуют развитию напряжения [10].

Полученные результаты изменения спектральных характеристик кардиоритма указывают на возможность произвольного контроля кардиоритма путем изменения внешнего дыхания [3, 5, 7], в том числе при мысленном счете.

Это объясняет возможность опосредованного изменения кардиоритма через изменение внешнего дыхания при мысленном счете. Кроме того, поскольку при мысленном счете наблюдались изменения и других диапазонов спектра кардиоритма, можно предполагать согласованное (системное)

изменение деятельности сердца и других висцеральных органов.

Таким образом, у здоровых точность восприятия своих сердцебиений определяется соотношением по крайней мере трех факторов: исходной ЧСС, степени изменения ЧСС и ритмичности кардиоритма при мысленном счете.

Выполнение инструкции – мысленно считать свои сердцебиения – это специфический вид активности ЦНС [2, 8, 20], сопровождающийся вегетативными изменениями и избирательной чувствительностью.

Обнаруженное усиление обратной связи от сердца при мысленном счете своих сердцебиений как следствие изменения активности “объекта наблюдения” подтверждает представление о роли автономной нервной системы в перерастании околопороговых стимулов в осознаваемые [12] и соответствует фактам повышения произвольного контроля внутренних органов при улучшении обратной связи от них [14].

### ВЫВОДЫ

1. Мысленное отслеживание своих сердцебиений сопровождается преимущественным повышением их частоты и ритмичности.

2. Отслеживание сердцебиений сопровождается изменением высоких и других диапазонов частот спектрокардиограммы, что указывает на участие внешнего дыхания в произвольной регуляции сердцебиений.

3. Точнее отслеживают сердцебиения лица со средней частотой сердцебиений и более ритмичными сокращениями сердца.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. 547с.
2. Данилова Н.Н. Сердечный ритм и информационные нагрузки // Вестн. МГУ. 1995. Сер. 14. № 2. С. 14–28.
3. Кутерман Э.М., Хансπεкова Н. Б., Сперанская М. С., Березова Н. Ю. Анализ ритма сердца как метод диагностики вегетативных нарушений при неврозах и вегетативной патологии // Достижения сравнительной электрофизиологии. Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1985. С. 61–62.
4. Лейси Д. А., Лейси Б. К. Специфическая роль частоты сердцебиений в сенсомоторной интеграции // Нейрофизиологические механизмы поведения. М: Наука, 1982. С. 434–439.
5. Машин В.А. Зависимость показателей вариабельности сердечного ритма от средней величины RR-интервалов // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2002. Т. 88. № 7. С. 851–855.
6. Ноздрачев А.Д., Чернышева М.П. Висцеральные рефлексы. Л: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989. 168 с.
7. Покровский В.М., Абушкевич В.Г., Потягало Е.Г., Похотько А.Г. Сердечно-дыхательный синхронизм: выявление у человека, зависимость от свойств нервной системы и функциональных состояний организма // Успехи физиол. наук. 2003. Т. 34. № 3. С. 68–77.
8. Соколов Е.Н., Незлина Н.И., Полянский В.Б., Евтихин Д.В. Ориентировочный рефлекс: “реакция прицеливания” и “прожектор внимания” // Журн. высш. нерв. деят. 2001. Т. 51. № 4. С. 421–437.
9. Суворов Н.Ф., Тауров О.П. Психофизиологические механизмы избирательного внимания. Л.: Наука, 1985. 287 с.
10. Судаков К.В. Индивидуальная устойчивость к эмоциональному стрессу. М., 1998. С. 82–89.
11. Урываев Ю.В. Высшие функции мозга и поведение человека (физиологические основы). М.: Изд-во МГУ, 1996. 200 с.
12. Урываев Ю.В. Осознание стимула как соматопсихический процесс // Вестн. РАМН. 1997. № 11. С. 26–29.
13. Черниговский В. Н. Интероцепция. Л.: Наука, 1985. 413 с.
14. Штарк М.Б. Предисловие // Биоуправление. Теория и практика. Новосибирск: Наука, 1988. С. 3–4.
15. Bestler M., Alt E., Montoya P., Schandry R. Einfluss von Körperposition auf Herzfrequenz und kardiozirkulatorische Parameter unter Belastung-Implikationen für frequenzadaptierende Schrittmachersysteme // Z. Kardiol. 1992. Bd 81. H 1. S. 25–29.
16. Bestler M., Schandry R., Weikunat R., Alt E. Kardiodynamische Determinanten der Herzwahrnehmung // Z. Expt. Angew. Psychol. 1990. Bd 37. H 3. S. 361–377.
17. Ferguson M.L., Katkin E.S. Visceral perception, anhedonia, and emotion // Biol. Psychol. 1996. V. 42. № 1–2. P. 131–145.
18. Knoll J. F., Hodapp V. A comparison between two methods for assessing heartbeat perception // Psychophysiology. 1992. V. 29. № 2. P. 218–222.
19. Mailloux J., Brener J. Somatosensory amplification and its relationship to heartbeat detection ability // Psychosom. Med. 2002. V. 64. № 2. P. 353–357.
20. Naatanen R. Attention and restrain functions. Hillsdale, New York: Lawrence Erlbaum Assoc. Publ., 1992. 328 p.
21. Phillips G.C., Jones G.E. Effects of presentation of false heart rate feedback on the performance of two commonly used heart beats detection tasks // J. Psychophysiology. 1997. V. 11. P. 358–365.
22. Ring C., Brener J. Influencee of beliefs about heart rate and actual heart rate on heartbeat counting // Psychophysiology. 1996. V. 33. P. 541–546.
23. Shandry R. Heartbeat perception and emotional experience // Psychophysiology. 1981. V. 18. P. 483–488.
24. Schandry R., Bestler M., Montoya P. On the relation between cardiodynamics and heartbeat perception // Psychophysiology. 1993. V. 30. № 5. P. 467–474.
25. Schneider T.R., Ring C., Katkin E.S. A test of the validity of the method of constant stimuli as an index of heartbeat detection // Psychophysiology. 1998. V. 35. № 1. P. 86–89.

26. Task Force of the European of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability Standarts of Measurments, Physiological Interpretation and Clinical Use // *Circulation*. 1996. V. 93. P. 1043–1065.
27. *Weisz J., Balazs L., Adam G.* The influence of self-focused attention on heartbeat perception // *Psychophysiology*. 1988. V. 25. № 2. P. 193–199.
28. *Whitehead W.E., Dresher V.M., Heiman P., Blackwell B.* Relation of heart rate control to heartbeat perception // *Biofeedback Self-Regulation*. 1977. V. 2. P. 371–392.
29. *Widmann S., Schonecke O.W., Froelig G., Maldener G.* Dissociation beliefs about heart rates and actual heart rates in patients with cardiac pacemakers // *Psychophysiology*. 1999. V. 36. P. 339–342.