

ФИЗИОЛОГИЯ ТРУДА

УДК 612.172.2

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В УСЛОВИЯХ ЕГО АУРАЛЬНОЙ ИМИТАЦИИ

М.Н. Горшкова, А.Я. Рыжов, Д.И. Игнатъев

Тверской государственной университет

Управление ритмом сердца посредством ауральной его имитации следует признать возможным, по крайней мере, в индивидуальном варианте, как показали наши исследования. Реакции сердца в данной ситуации по механизму взаимной индукции нервных центров могут носить как ваготонический характер так и симпатикотонический, проявляющийся преимущественно при имитации ускорения сердечного ритма. При имитации замедленного сердечного ритма чаще всего возникают инициальные реакции кратковременного замедления собственного ритма.

Ключевые слова: *ритм сердца, ауральный раздражитель, коэффициент Харста, коэффициент автокорреляционной функции, спектральный анализ.*

Введение. Произвольное управление ритмом сердца (РС) в настоящее время признано невозможным [8], тогда как вопрос о различных формах косвенного воздействия на данную функцию остается открытым. В то же время известно, что такие виды опосредованного воздействия, как варьируемые физические нагрузки [1; 2] и произвольные дыхательные движения [10], а также погружение в особые эмоциональные состояния [15; 16], могут вызывать в некоторой степени однотипные и, в общем, предсказуемые изменения ритма сердца испытуемых. Влияние же на данную функцию ритмичных световых, звуковых или электрических воздействий, имитирующих сердечный ритм и его возможные вариации, практически не изучены.

Если ориентироваться на ритмы мозговых процессов, то под влиянием ритмичных раздражителей, близких к доминирующей частоте активности головного мозга, может проявляться феномен усвоения ритма (навязанного) с последующим его учащением или замедлением [6; 9; 11–13]. В основе указанного явления лежит физиологическая лабильность, в данном случае определяемая как способность ЦНС воспроизводить некоторое количество возбуждений за единицу времени в соответствии с ритмом наносимых раздражений [3]. Не исключено, что под действием навязанного ритма у испытуемых может возникнуть и доминирующая частота сердечной активности, объясняющаяся в

настоящее время, в основном, эмоциональным состоянием индивида [5; 7; 14].

Цель данной работы – определить и физиологически оценить возможность косвенного управления индивидуальной ритмической активностью сердца посредством аурального раздражителя, имитирующего сердечный ритм и вероятные направления его вариаций.

Методика. Проведено 8 экспериментов с участием в качестве испытуемых 4 мужчин 19–24 лет, практически здоровых, физически не тренированных, у каждого из которых дважды проводилась трехсерийная регистрация ритма сердца (РС) по специальной компьютерной программе «Pulse», с использованием пульсотактометра O-84 и специального преобразующего устройства, предусматривающего дальнейшие расчеты параметров РС.

В 1-й серии опытов (контрольной) испытуемые в положении сидя прослушивали ритм собственного сердца, трансформированный в звуковые сигналы пульсотактометра, за экспериментально установленное время, равное 13 мин (10 мин – прослушивание, 3 мин – имитация послерабочего периода).

Во 2-й серии испытуемые на 1-м этапе (в исходном состоянии) прослушивали озвученный пульсотактометром собственный РС. На 2-м этапе включалось ритмичное воздействие компьютерным метрономом, настроенным на частоту сердечных сокращений (ЧСС) испытуемого, пониженную на 10 уд/мин. На 3-м этапе частота метронома была понижена на 20, на 4-м – на 30 уд/мин. Затем, после 3-минутного отдыха с прослушиванием собственного пульса, вновь осуществлялась двухминутная регистрация сердечного ритма (5-й, восстановительный этап).

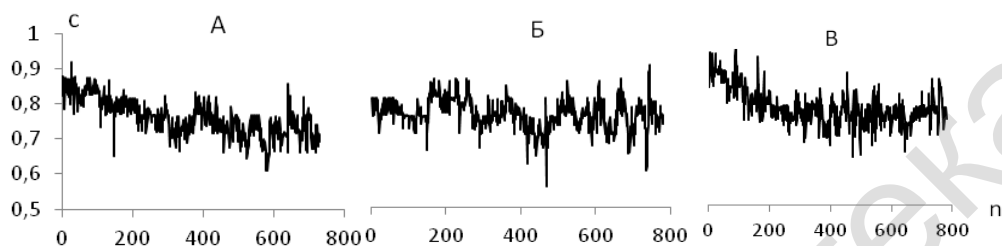
В 3-й серии после регистрации РС в исходном состоянии (1-й этап), метроном настраивался на ЧСС, повышенную на 10, 20 и 30 уд/мин (2, 3 и 4-й этапы). Перерывы между сериями предусматривали восстановление ЧСС до исходного состояния.

Рассчитывались параметры РС в виде числа циклов кардиоинтервалограммы (КИГ), по каждой ступени нагрузки (2 мин), вычислялись математическое ожидание ДСЦ (X) и его ошибка (m), стандартное отклонение (S), дисперсия (D), мода (Mo) и ее амплитуда (aMo), коэффициент вариативности ДСЦ (Cv). По параметрам КИГ выстраивались полигоны распределения интервалов, а для установления внутренней связи изучаемых компонентов РС проводилась регистрация автокорреляционной функции (АКФ) и ее коэффициента ($r1$). Хаосогенность данных ритмических процессов РС вычислялась по нормированному размаху Харста (H), как характеристика фрактальной размерности КИГ. Проведен спектральный анализ КИГ с вычислением таких параметров частотного спектра РС, как спектральная мощность

за весь период регистрации в виде общей частоты (ОЧ), в диапазоне очень низких частот (ОНЧ), низких (НЧ) и высоких частот (ВЧ), а также их отношение (НЧ/ВЧ).

Результаты и обсуждение. Согласно целевой установке приводятся 2 опыта, проведенных с участием испытуемых, с разнонаправленными РС в процессе исследования.

У испытуемого И., 24 лет, наблюдается тенденция к учащению ритма сердца при ауральном воздействии, имитирующем вариации данной функции (рис. 1, 2; табл. 1). Изменения показателей ДСЦ на 2 и 4-м этапах 2 и 3-й серии достоверно отличаются от данных.



Р и с . 1 . Индивидуальные интервалограммы испытуемого И., 24 лет, в первой (А), второй (Б), и третьей (В) сериях опыта

Т а б л и ц а 1

Параметры РС испытуемого И., 24 лет, в трехсерийном опыте в первой (А), второй (Б), и третьей (В) сериях опыта

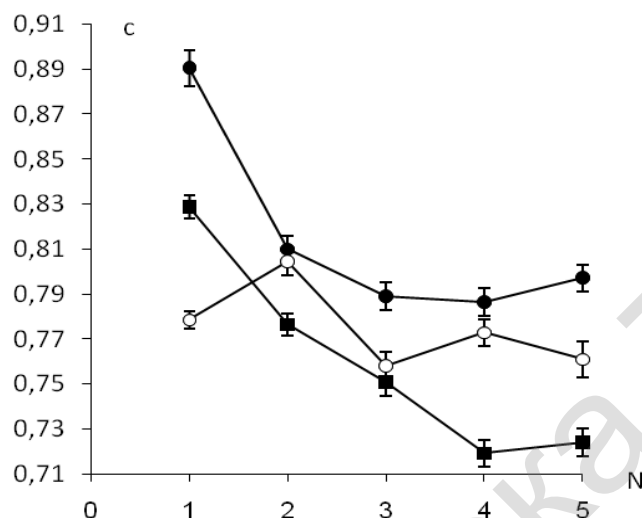
Серия	Параметры	Этапы эксперимента				
		1	2	3	4	5
А	ДСЦ, с	0,829±0,002	0,776±0,002	0,751±0,003	0,719±0,003	0,724±0,003
	r1, О.Е	0,226±0,087	0,407±0,076	0,652±0,052	0,488±0,070	0,554±0,063
	Н, О.Е	1,071±0,030	1,143±0,036	0,895±0,020	0,947±0,018	0,807±0,027
Б	ДСЦ, с	0,779±0,002	0,804±0,003	0,758±0,003	0,773±0,003	0,761±0,004
	Н, О.Е	0,726±0,026	0,984±0,028	0,920±0,023	1,102±0,009	0,988±0,034
В	ДСЦ, с	0,891±0,004	0,810±0,003	0,789±0,003	0,786±0,003	0,797±0,003
	Н, О.Е	1,208±0,037	0,832±0,024	0,990±0,019	0,732±0,021	0,921±0,015

Примечание. Жирным шрифтом обозначены достоверно различающиеся показатели.

У данного испытуемого во время аурального интрасерийного воздействия статистически достоверно по отношению к исходным данным (рис. 1) изменяются показатели ДСЦ и Н, изменения остальных показателей носят характер тенденций.

Во второй серии, при имитации замедленного ритма, ДСЦ испытуемого имеют волнообразный характер (рис. 2; табл. 1). Фрактальная размерность также меняется волнообразно, значительно снижаясь на 2 и 4-м этапах, возрастая на 5-м, но не до исходного

уровня, что свидетельствует о выраженном напряжении регуляторных систем РС.



Р и с . 2 . Изменения ДСЦ испытуемого И., 24 лет, при имитации замедленного (светлые кружки) и ускоренного (темные) ритма, квадраты – результаты контрольной серии

В третьей серии, при имитации учащенного ритма, ДСЦ испытуемого платообразно снижается до 3–5 го этапов (табл. 1). Фрактальная размерность меняется волнообразно, повышаясь на 2 и 4-м этапах и указывая на периодичность симпатической и парасимпатической форм регуляции.

Лонгитудинальная корреляция показателей данного испытуемого представлена 13 связями в 1-й серии, 6 во 2-й и 16 в 3-й (набл. 2). Подобная динамика сопряженности изменений параметров сердечного ритма может быть рассмотрена как свидетельство снижения напряжения регуляторных систем под действием аурального замедления и его возрастания при действии аурального учащения.

Анализ спектра характеристик ритмической активности сердца испытуемого И. показывает, что общая спектральная мощность (ОЧ) при ауральной имитации замедления РС уменьшается несколько больше, чем во время имитации учащения, что можно видеть по снижению значения показателя ОНЧ при имитации замедленного ритма и его увеличению при имитации ускоренного (табл. 3).

Уменьшение НЧ и ВЧ при имитации учащения РС, а также стабильность НЧ/ВЧ при имитации замедления и его возрастание при учащении можно интерпретировать как уменьшение централизации управления РС, менее выраженное при ауральном учащении имитируемого РС.

Лонгитудинальная корреляция показателей РС испытуемого И., 24 лет, в первой (А), второй (Б), и третьей (В) сериях опыта

Серия	Показатель	ДСЦ	Мо	Амо	ИН	D	Cv	r1	H
А	ДСЦ	-	-	-	-	-	-	-	-
	Мо	0,966	-	-	-	-	-	-	-
	Амо	-	-	-	-	-	-	-	-
	ИН	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	-0,838	-0,875	-	-	-	-	-	-
	Cv	-0,923	-0,932	-	-	0,983	-	-	-
	r1	-0,803	-0,928	-	-	0,849	0,853	-	-
	H	-	-	-	-	-0,973	-0,932	-0,728	-
Б	ДСЦ	-	-	-	-	-	-	-	-
	Мо	0,823	-	-	-	-	-	-	-
	Амо	-	-	-	-	-	-	-	-
	ИН	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	-	-	-	-0,92	-	-	-	-
	Cv	-	-	-	-0,938	0,993	-	-	-
	r1	-	-0,918	-	-	-	-	-	-
	H	-	-	-	-0,801	-	-	-	-
В	ДСЦ	-	-	-	-	-	-	-	-
	Мо	0,957	-	-	-	-	-	-	-
	Амо	-	-	-	-	-	-	-	-
	ИН	-0,769	-0,896	-	-	-	-	-	-
	D	0,863	0,913	-	-0,793	-	-	-	-
	Cv	-	-	-	-	0,931	-	-	-
	r1	0,795	0,897	-	-0,816	-	-	-	-
	H	0,824	0,944	-	-0,904	0,947	0,887	0,862	-

Примечание. Жирным шрифтом обозначены коэффициенты корреляции достоверностью $P < 0,01$, обычным – $P < 0,05$.

У испытуемого Е., 20 лет, ДСЦ при ауральном воздействии обоих направлений достоверно ($P < 0,01$) отличаются от ДСЦ контрольной серии на всех этапах, за исключением восстановительного (рис. 3, 4). ДСЦ при имитации замедленного ритма отличается от данного показателя во время имитации ускоренного ритма на 2-, 3-, 4-м этапах. Интрасериальные изменения показателей ДСЦ, H, и r1 достоверны, изменения остальных носят характер тенденций.

В 1-й серии опытов ДСЦ снижается на 2-м этапе с последующим возрастанием, фрактальная размерность увеличивается до 3-го этапа и при восстановлении включительно, что свидетельствует об усилении парасимпатического влияния на РС (табл. 4, рис 4.).

Таблица 3
Спектральные характеристики испытуемого И., 24 лет, в трехсерийном опыте

Показатель	Контроль	Замедление	Учащение
ОЧ	28119	23595	24558
ОНЧ	19359	17009	20407
НЧ	5002	3780	2747
ВЧ	3758	2807	1404
НЧ/ВЧ	1,3	1,3	2

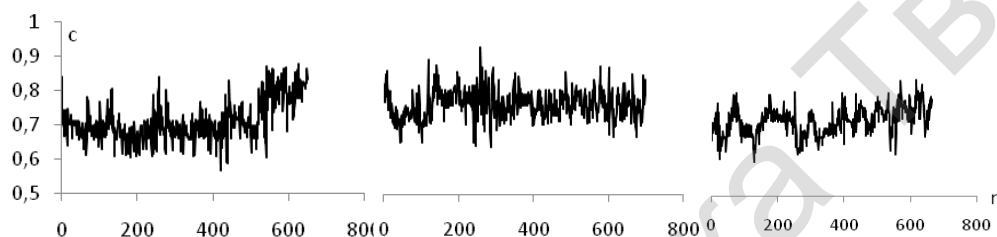


Рис. 3. Индивидуальные интервалограммы испытуемого Е., 20 лет, в первой (А), второй (Б), и третьей (В) сериях опыта

Таблица 4
Параметры РС испытуемого Е., 20 лет, в трехсерийном опыте в первой (А), второй (Б), и третьей (В) сериях опыта

Серия	Параметры	Этапы эксперимента				
		1	2	3	4	5
А	ДСЦ, с	0,695±0,003	0,677±0,004	0,688±0,003	0,697±0,004	0,795±0,004
	Н, О.Е	0,924±0,030	0,739±0,009	0,649±0,023	1,097±0,022	0,849±0,022
Б	ДСЦ, с	0,757±0,004	0,799±0,004	0,781±0,003	0,777±0,003	0,778±0,003
	Н, О.Е	0,914±0,021	0,735±0,029	0,691±0,028	0,855±0,024	0,588±0,016
В	ДСЦ, с	0,749±0,004	0,774±0,004	0,747±0,003	0,791±0,003	0,811±0,004
	r1, О.Е	0,575±0,061	0,308±0,083	0,647±0,053	0,438±0,074	0,611±0,057
	Н, О.Е	1,178±0,013	0,971±0,019	1,140±0,038	0,800±0,016	0,743±0,011

Примечание. Жирным шрифтом обозначены достоверно различающиеся показатели.

Во 2-й серии ДСЦ возрастает на 2-м этапе, снижаясь на 3- и 4-м этапах, в том числе на этапе восстановления, фрактальная размерность увеличивается на 2- и 3-м этапах, уменьшаясь на 4-м, однако, с последующим увеличением на 5-м. В 3-й серии ДСЦ возрастает на 2-м этапе, снижаясь на 3-м и вновь увеличиваясь на 4- и 5-м, показатель r1 меняется волнообразно (табл. 4), изменения фрактальной размерности практически аналогичны и указывают на усиление парасимпатического влияния на РС.

Лонгитудинальная корреляция показателей РС испытуемого Е., 20 лет, в первой (А), второй (Б), и третьей (В) сериях опыта

Серия	Показатель	ДСЦ	Мо	Амо	ИН	D	Cv	r1	H
А	ДСЦ	-	-	-	-	-	-	-	-
	Мо	0,996	-	-	-	-	-	-	-
	Амо	-	-	-	-	-	-	-	-
	ИН	-0,785	-	-	-	-	-	-	-
	D	-	-	-	-0,954	-	-	-	-
	Cv	-	-	-	-0,802	0,902	-	-	-
	r1	-	-	-	-	-	-	-	-
	H	-	-	-	-	-	-	-	-
Б	ДСЦ	-	-	-	-	-	-	-	-
	Мо	0,818	-	-	-	-	-	-	-
	Амо	-	-	-	-	-	-	-	-
	ИН	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cv	-	-	-	-	-	0,985	-	-
	r1	-0,798	-0,946	-0,708	-	-	-	-	-
	H	-	-	-	-	-	-	0,795	-
В	ДСЦ	-	-	-	-	-	-	-	-
	Мо	0,969	-	-	-	-	-	-	-
	Амо	-	-	-	-	-	-	-	-
	ИН	-	-	0,879	-	-	-	-	-
	D	-	-	-	-0,768	-	-	-	-
	Cv	-	-	-	-	-	0,959	-	-
	r1	-	-	-0,827	-	-	-	-	-
	H	-0,983	-0,992	-	-	-	-	-	-

Примечание. Жирным шрифтом обозначены коэффициенты корреляции достоверностью $P < 0,01$, обычным – $P < 0,05$.

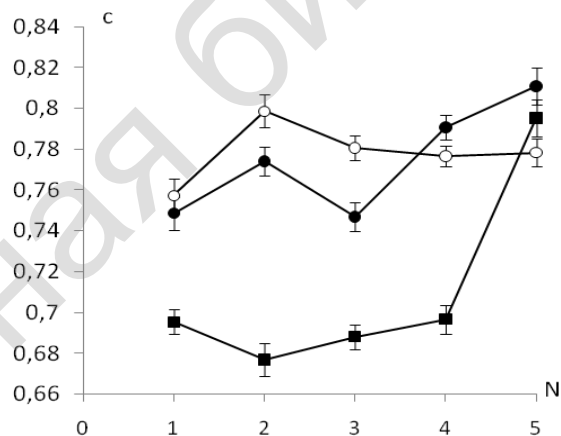


Рис. 4. Изменения ДСЦ испытуемого Е., 20 лет, при имитации замедленного (светлые кружки) и ускоренного (темные) ритма, квадраты – контроль

Лонгитудинальная корреляция показателей данного испытуемого представлена 5 связями в 1-й серии, 6 во 2-й и 7 в 3-й (табл. 5), что можно рассматривать как некоторое увеличение напряженности регуляторных систем.

Анализ спектральных характеристик РС испытуемого Е., 20 лет, показывает, что ОЧ при ауральном воздействии увеличивается, причем во время имитации учащения несколько больше, чем во время имитации урежения (табл. 6).

Таблица 6
Спектральные характеристики испытуемого Е., 20 лет, в трехсерийном опыте

Показатель	Контроль	Замедление	Учащение
ОЧ	31645	33778	37245
ОНЧ	25365	27792	32278
НЧ	3566	3521	2873
ВЧ	2714	2464	2093
НЧ/ВЧ	1,3	1,4	1,4

Показатель ОНЧ увеличивается при имитации ритма. НЧ практически не меняется при имитации замедления и уменьшается во время учащения. ВЧ уменьшается во время воздействия, более при учащении. НЧ/ВЧ несколько возрастают при имитации учащения. Данные показатели можно интерпретировать как снижение влияния высшего контура управления РС.

Выводы. 1. Ритмичное ауральное воздействие, имитирующее понижение и повышение ЧСС, вызывает взаимокомпенсирующее усиление симпатического и парасимпатического влияния на РС. У испытуемых в начале воздействия, имитирующего замедление сердцебиения, наблюдается урежение реального ритма, что указывает на своеобразный резонанс ритмов акустического воздействия и регуляции сердца.

2. Ауральное воздействие при продолжении его экспозиции, независимо от знака, в целом вызывает увеличение напряжения систем, регулирующих сердечную деятельность, в большей степени характерного для имитации учащенного, нежели замедленного акустического ритма.

3. Спектральный анализ позволяет более отчетливо выделить индивидуальные изменения РС. Например, у испытуемого И. уменьшение ОЧ более выражено при имитации замедления РС, что является следствием увеличения влияния симпатической нервной системы. Увеличение ОЧ, также более заметное во время имитации замедления, испытуемого Е., указывает на интенсификацию функций системы блуждающего нерва.

4. Возможность косвенного управления индивидуальной ритмической активностью сердца посредством аурального раздражителя, имитирующего сердечный ритм, следует признать существующей. При этом на фоне сложно улавливаемой интеграции результатов аурального воздействия, реакции сердца, судя по изменениям его ритмической активности, строго индивидуальны и, естественно, требуют соответствующих методических подходов.

Список литературы

1. *Акимов Е.Б.* Соотношение между пульсовыми и субъективными показателями в оценке воздействия физических оценок у спортсменов: дис. ... канд. биол. наук. М., 2008. 115 с.
2. *Горшкова М.Н.* Физиологическая оценка ориентированного воспроизведения ритма сердца при варьировании мощностью применяемой работы // Материалы V науч. конф. студентов и аспирантов (апрель 2007 г.). Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 2007.
3. *Ливанов М.Н., Королькова Т.А., Френкель Г.М.* Электрофизические исследования высшей нервной деятельности // Журн. высшей нервной деятельности. 1951. Т. 1, вып. 4. С. 34–42.
4. *Маляренко Г.Ю.* Формирование музыкального восприятия в онтогенезе // Музыкальная психология и психотерапия. 2009. № 2. С. 46–72.
5. *Марахасин В.С., Цехановский В.М.* Эксперименты по восприятию музыки в аспекте физиологии // Творческий процесс и художественное восприятие. М., Наука, 1987. С. 200–215.
6. *Могендович М.Р.* Лекции по физиологии моторно-висцеральной регуляции. Пермь, 1972, С. 22–24.
7. *Огородникова Н.В.* Некоторые психологические особенности восприятия ритма: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Одесса, 1966. 14 с.
8. *Орлов В.В., Тимофеева А.Н.* В возможности произвольно регуляции человеком деятельности сердца и сосудов // Регионарное и системное кровообращение. Л.: Наука, 1978. С. 166–177.
9. *Петрушин В.И.* Психология музыкального восприятия // Музыкальная психология и психотерапия. 2007. № 2. С. 15–19.
10. *Покровский В.Н., Абушкевич В.Г., Борисова И.И., Потягайло Е.Г., Похотько А.Г., Хакон С.М., Харитонова Е.В.* Сердечно-дыхательный синхронизм у человека // Физиология человека. 2002. Т. 28, № 6. С. 116–119.
11. *Сандомирский М.Е., Еникеев Д.А., Белгородский Л.С.* Повышение эффективности обучения на основе формирования искусственных сенситивных периодов // Пути повышения качества подготовки

- специалистов в высшей школе. Уфа: Изд-во Башкир. гос. мед. ун-та, 1997. С. 208–209.
12. *Уолтер Г.* Живой мозг. М.: Мир, 1966. 300 с.
 13. *Ухтомский А.А.* Собрание сочинений. Л., 1954. Т. IV. 170 с.
 14. *Bernardi L., Porta C., Casucci G., Balsamo R., Bernardi N.F., Fogari R., Sleight P.*, Dynamic interactions between musical, cardiovascular and cerebral rhythms in humans // *Circulation*. 2009. Vol. 119. P. 3171–3180.
 15. *Hatch J.P., Gatchel R.J.* Physiological response patterning during operant heart rate control // *Psychophysiology*. 1979. V.16 №2. P. 187.
 16. *House J.D.* Perception of voluntary control of cardiac function in distance runners and non-ranners // *Percept. And Mot. Skills*. 1983. Vol. 57, № 1. P. 25–26.

INDIVIDUAL CHARACTERISTICS OF HEART RATE IN THE CONDITIONS OF ITS AURAL IMITATION

M.N. Gorshkova, A.Ya. Ryzhov, D.I. Ignatiev

Tver State University

By means of auralny its imitation it is necessary to recognize possibility of management as a heart rate possible, at least, in individual option as showed our researches. Heart reactions in this situation on the mechanism of a mutual induction of the nervous centers can carry as vagal character and the sympathetic, being shown mainly at imitation of acceleration of a warm rate. At imitation of the slowed-down warm rate most often there are initial reactions of short-term delay of own rate.

Keywords: heart rate, aural imitation, Harst coefficient, autocorrelation function coefficient, spectral analysis.

Об авторах:

ГОРШКОВА Марина Николаевна—ассистент кафедры биологии, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: medbio@tversu.ru

РЫЖОВ Анатолий Яковлевич—доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры биологии, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: medbio@tversu.ru

ИГНАТЬЕВ Данила Игоревич—старший лаборант кафедры биологии, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: danilaignatiev@yandex.ru