

На правах рукописи

Горшкова Марина Николаевна

**Индивидуальные и групповые показатели
ритма сердца при его опосредованном
управлении**

03.03.01 – физиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

ТВЕРЬ 2015

Работа выполнена на кафедре биологии ФГБОУ ВПО «Тверской государственной университет»

Научный руководитель – доктор биологических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, **Рыжов Анатолий Яковлевич**

Официальные оппоненты: **Арсанукаев Джабраил Лечиевич**, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Чеченский государственный университет», профессор кафедры клеточной биологии, морфологии и микробиологии;
Оглоблин Денис Леонидович, кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Тверской государственной технический университет», доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии.

Ведущая организация – ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Защита состоится 13 апреля 2015 г. в 16.00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.263.08 при ФГБОУ ВПО «Тверской государственной университет» по адресу: 170002, г. Тверь, просп. Чайковского, д. 70.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Тверского государственного университета по адресу: 170100, г. Тверь, ул. Володарского, 44 а и на официальном сайте ТвГУ <http://dissertations.tversu.ru>

Автореферат разослан «_____» _____ 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат биологических наук, доцент

М.Н. Петушков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Вопрос о возможности произвольного регулирования ритма сердечных сокращений длительное время является актуальным, особенно в области физиологии труда и спорта, корригирующей гимнастики и кардиологической клиники. «Прямое», произвольное управление ритмом сердца (РС) признано невозможным, (В.В. Орлов, А.Н. Тимофеева, 1978; Y.P. Hatch, R.Y. Gatchel, 1979; Y.D. House, 1983), а вопрос о произвольном косвенном влиянии на РС изучен мало.

Эффективный способ управления РС – автокардиолидрование (В.М. Зациорский, 1969), основанное на биологической обратной связи (БОС). Принцип БОС – направление в физиологии и психофизиологии, в основе которого лежит информация о собственном функциональном состоянии, позволяющая обучиться саморегулированию и модуляции регулируемой физиологической функции (С.Н. Кучкин, 1997, 2000). Методические подходы БОС признаны и осваиваются медицинской и спортивной практикой (С.В.Кучеренко и др., 1982; В.Аriel Gideon, 1985; S.David Gans 1985; T. Kadil et al., 1985; A. Perski et al., 1985; L. Steven Wolf, 1985; С.А.Бугаев и др., 1986; А.Ф.Синяков, 1994; М.Е. Погадаев, О.С.Коган, 2004).

В исследованиях БОС основное внимание уделяется средней частоте сердечных сокращений (ЧСС) – конечному результату различных регуляторных влияний (В.П.Казначеев и др., 1980; Р.М. Баевский и др., 2001; А.Я. Рыжов, 1995; И.И.Макарова и др., 2012). В структуре РС содержатся колебательные компоненты (Э.Л. Голдбергер и др., 1990; Е. Федер, 1991; Е.А.Белякова, 2009), управление которыми осуществляется многоуровневыми нелинейными системами регуляции сердца, особенно в процессе «контроля» над переходными процессами, изучающимися как интегративно, так и в индивидуальном варианте.

Цель исследования: дать физиологическую оценку системе регулирования ритма сердца при управляемом воздействии на испытуемых варьированными средствами физической культуры и акустических раздражений с использованием механизма обратной связи.

Задачи: 1) проанализировать особенности вариативности параметров РС испытуемых в процессе выполнения ими дозированной физической нагрузки и при идеомоторном ее воспроизведении; 2) на базе заданной в первой серии физической работы выявить характер основных составляющих РС, в том числе при 50-процентном ее воспроизведении на основе «мышечной» памяти; 3) по данным индивидуальных исследований комплекса ритмических параметров сердца охарактеризовать особенности его регуляции при ступенчатом варианте физической нагрузки; 4) представить характеристику физиологических особенностей опосредованного управления ритмической активностью сердца в экспериментах с акустическими имитациями ЧСС.

Научная новизна. 1. Впервые по данным вариативности РС, вызванной комплексом различных физических нагрузок и их идеомоторной имитации, выявлены характерные особенности косвенного управления сердцем, как «многокомпонентной регулируемой системой». На основании анализа вариативности параметров РС испытуемых, в процессе выполнения дозированной физической нагрузки, выявлен характер согласования полученных при этом основных ритмических составляющих с воспроизводимыми их аналогами.

2. Физиологическая интерпретация характера РС и его компонентов позволили выявить индивидуальные особенности механизмов регуляции сердца

при дозированной физической нагрузке, а также при ее 50-процентном и ступенчатом идеомоторных вариантах. Охарактеризованы особенности РС при вариативном воздействии имитирующих ЧСС акустических экспозиций и их аурального восприятия. Статистический, автокорреляционный и спектральный анализы выявляют взаимокомпенсирующее направление многоуровневого действия компонентов ритмической активности сердца.

Положения, выносимые на защиту. 1. Под влиянием физической нагрузки и ее идеомоторной имитации проявляются условно два аспекта РС – *эрготропный*, выражающийся в изменениях ЧСС с соответствующими статистическими параметрами, и *информационный*, характеризующийся частотными, фрактальными и спектральными составляющими.

2. Косвенное управление ритмом сердца посредством варьируемой физической нагрузки и ее имитации оценивается как своеобразный системный поиск полезного результата на основе обратной связи. Характер поиска определяется состоянием симпатической и парасимпатической систем управления РС с периодическим включением подкорковых регуляторных центров.

3. Акустическое воздействие на испытуемых вызывает менее выраженное напряжение регуляторных механизмов сердца, по сравнению с мышечной деятельностью, однако, в акустическом варианте также может наблюдаться инициальная реакция, обычно симпатикотонического направления, что расценивается нами как проявление ориентировочного рефлекса, с последующей парасимпатической компенсацией.

Теоретическая и практическая значимость работы. 1. Диссертация выполнена в аспекте основных теоретических положений классической отечественной и зарубежной физиологии. Она вносит определенный вклад в ряд аспектов учения К.М. Быкова о роли нервной системы в управлении висцеральными функциями человека, в теоретические положения отдельных сторон учения П.К.Анохина о функциональной системе и В.Н.Черниговского о привыкании в висцеральных системах. Именно габитуативными механизмами, вероятнее всего, объясняется выявленное у испытуемых взаимокомпенсирующее усиление симпатического и парасимпатического тонуса при представленных в диссертации воздействиях.

2. Прикладной аспект диссертации: 1) рекомендован разработанный и апробированный метод косвенного полианализаторного (визуального, проприоцептивного и аурального) управления РС, с учетом индивидуальных особенностей испытуемых; 2) данный метод вносит вклад в исследовательскую программу сертифицированной РАЕ научной школы Тверского государственного университета «Физиология трудовых процессов»; 3) результаты диссертационного исследования используются в преподавании физиологии, нейрофизиологии, физиологии ЦНС в условиях вуза (лекции, семинары, лабораторные и практические работы).

Апробация: Результаты исследований опубликованы и доложены на конференциях студентов и аспирантов (Тверь, 2004, 2005, 2014 гг.), на XIX съезде физиологического общества имени И.П. Павлова (Санкт-Петербург, 2004), на XX съезде Физиологического общества им. Павлова (Москва, 2007), на международной научно-практической конференции (Пенза, 2010), на XXII съезде физиологов им. И.П. Павлова (Волгоград, 2013), на семинарах учебно-научной лаборатории

«Медико-биологических проблем человека» при кафедрах физиологии (2004-2006 гг.), биомедицины (2007-2013 гг.) и биологии (2014 г) ТвГУ.

Публикации: По теме диссертации было опубликовано 18 научных работ, из которых 7 – в рецензируемой печати.

Структура и объем диссертации: Диссертация выполнена в плане госбюджетного финансирования, а также как часть научного проекта, поддержанного грантами РГНФ 07-06-57607 и 09-06-576-01 а/ц. Работа состоит из введения, обзора литературы, описания методики и организации исследования, результатов, их обсуждения и выводов. Диссертация изложена на 115 страницах, документирована 22 таблицами и иллюстрирована 39 рисунками. Список литературы включает 172 публикации на русском и 43 на иностранных языках.

Диссертационное исследование соответствует п. 8 «Паспорта специальности 03.03.01 – физиология (биологические науки)» «Изучение физиологических механизмов адаптации человека к различным географическим, экологическим, трудовым и социальным условиям». Оно согласовано с комиссией по биоэтике ТвГУ в плане инструктивной информации исследуемых и их добровольного согласия на участие в исследованиях в соответствии с положениями Хельсинской декларации.

МЕТОДИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведено 116 экспериментов с участием в качестве испытуемых практически здоровых в период исследований, физически не тренированных мужчин 19 - 25 лет (N=20) и 6 женщин 22-35 лет (N=6). Использованная установка включала велоэргометр KE – 12 с цифровым преобразователем KE – 12 MEDICOR и пульсотактометр 0-84 с устройством, преобразующий пульсовые интервалы в ряды чисел посредством компьютерной программы «Pulse» (Р.М.Гречишкин и др., 2005).

В 1-й серии после 5-8-минутного привыкания испытуемых (N=14) мужского пола к исходному положению сидя на велоэргометре регистрировались 120 циклов сердечных сокращений (Р.М.Баевский, 2001). Затем испытуемые в течение 5 мин, визуально ориентируясь на табло велоэргометра, выполняли педалирование в 150 Вт, чтобы поддерживать ЧСС в пределах центрального контура управления РС (В.Л. Карпман, 1987) и выдерживать нагрузку данного уровня в течение эксперимента, регулируя, таким образом, РС посредством мышечной активности.

Во 2-й серии те же испытуемые в аналогичных условиях работали на велоэргометре, визуально ориентируясь на монитор компьютера и стремясь произвольно, варьируя усилиями мышц ног, воспроизвести значения длительности сердечного цикла (ДСЦ), усредненные из полученных в 1-й серии. Регистрация РС, как и в 1-й серии, проводилась до, во время работы, и через 3 минуты после ее окончания. Таким образом, регуляция ДСЦ осуществлялась с участием зрительного анализатора и более выраженного по сравнению с 1-й серией сенсомоторного компонента мышц ног (усложненная биологическая обратная связь).

В 3-й серии проведены индивидуальные исследования мужчин 19-25 лет (N=4), которым в условиях, аналогичных 1-й серии предлагалось 5-минутное воспроизведение значений ДСЦ, равное 50% между исходной и ранее выявленной величиной ЧСС.

В 4-й серии участвовали мужчины (N=3) 19 - 25 лет с 21 регистрацией РС в течение 5 мин при выполнении поминутной ступенчатой работы на велоэргометре.

Воспроизводимые на первых 3 мин значения ДСЦ составили 20, 40 и 60% от разницы между исходной и максимальной ДСЦ 1-й серии. На 4-й и 5-й мин осуществлялось соответствующее снижение нагрузки до 40, 20% и прекращения работы, после чего на 4-й мин восстановительного периода осуществлялась заключительная регистрация РС (рис. 1).

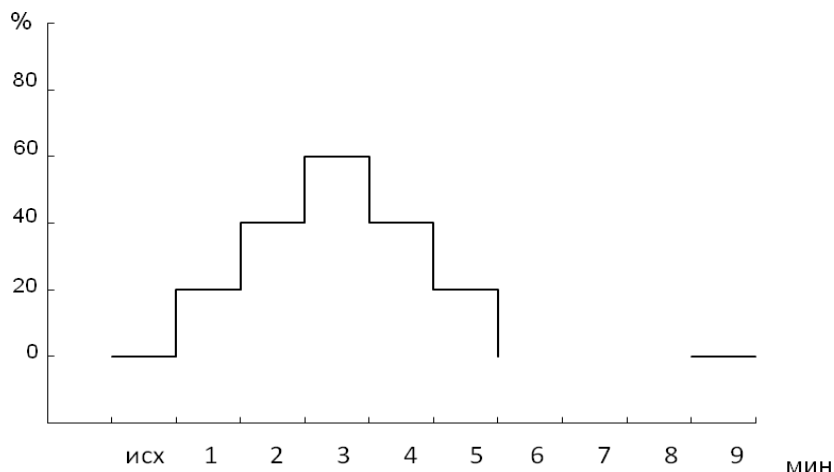


Рис. 1. Схема проведения 4-й серии экспериментов. Абсцисса – время эксперимента, ордината – процент от ДСЦ

В 5-й серии в 81 эксперименте обследовано 7 мужчин и 6 женщин. **В 1-й части исследований** (контрольной) испытуемые в положении сидя прослушивали собственный РС, трансформированный в звуковые сигналы, за экспериментально установленное время – 13 мин. **Во 2-й части** испытуемые прослушивали собственный РС в исходном состоянии (1-й этап) и после отключения его озвучивания подавалось ритмичное воздействие компьютерным метрономом, настроенным на ЧСС испытуемого, пониженную на 10 уд/мин (2-й этап). При этом испытуемому предлагалось вслушиваться в воспроизводимый ритм, мысленно сопоставляя его с собственным. На 3-м этапе частота была понижена на 20 уд/мин, на 4-м – на 30 уд/мин. Затем, после 3 мин отдыха с прослушиванием собственного пульса, вновь осуществлялась двухминутная регистрация РС (5-й этап). В **3-й части** метроном настраивался на ЧСС, повышенную на 10, 20 и 30 уд/мин.

При математико-статистическом анализе РС изучались показатели: \bar{X} (с) – среднее значение массива кардиоинтервалов; M_o (с) – мода; AM_o (%) – амплитуда моды; $ИН$ (О.Е.) – индекс напряжения регуляторных систем; D (с²) – дисперсия; C_v (%) – коэффициент вариативности; r_1 – коэффициент линейной корреляции; H (О.Е.) – показатель Харста.

Спектральные характеристики РС: $OЧ$ (мс²) – общая спектральная мощность РС; $BЧ$ (мс²) – мощность высокочастотного компонента спектра; $HЧ$ (мс²) – мощность низкочастотного компонента; $ОНЧ$ (мс²) – мощность очень низкочастотного компонента; $HЧ/BЧ$ (О.Е.) – отношение низкочастотного компонента спектра к высокочастотному.

В работе использован корреляционный и регрессионный анализ с вычленением линейных и нелинейных взаимосвязей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При решении **первой задачи** в 1 и 2-й сериях исследований определено, что в процессе нагрузки параметры РС, в частности, \bar{X} и M_o , достаточно изменчивы вследствие разноуровневой и разносистемной его регуляции (табл. 1; рис.2). В

дальнейшем проявляется последовательное снижение $r1$ в процессе работы, что свидетельствует если не о доминировании парасимпатической нервной системы, то о явном снижении тонуса симпатической в регуляции РС. Однако данные изменения не затрагивают фрактальность РС, вероятнее всего подчиняющуюся другим механизмам регуляции сердца, действующим однонаправленно, либо антагонистически.

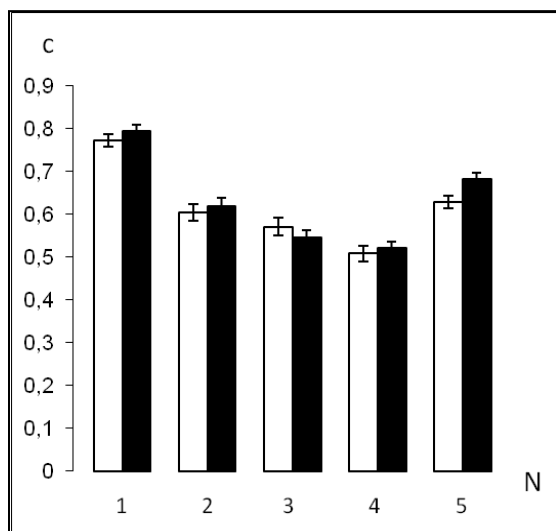


Рис. 2. Показатели ДСЦ испытуемых мужчин в 1-й (светлые столбцы) и во 2-й (темные) сериях в исходном состоянии (1), в начале (2), середине (3), в конце работы (4) и при восстановлении (5)

В целом же косвенное управление ритмом сердца посредством варьируемой физической нагрузки и ее психогенной имитации может быть расценено как своеобразный системный поиск полезного результата на основе обратной связи. Характер поиска определяется состоянием вегетативной нервной системы (ВНС) с периодическим включением подкорковых центров управления РС.

При решении **второй задачи** выяснилось, что в данной статистической выборке изменения РС в целом оказались практически аналогичными 1-й серии, хотя величина произвольно задаваемой нагрузки (с ориентиром на ДСЦ) оказалась существенно ниже предложенной в 1-й серии, на $18,111 \pm 3,964$ Вт (рис.3).

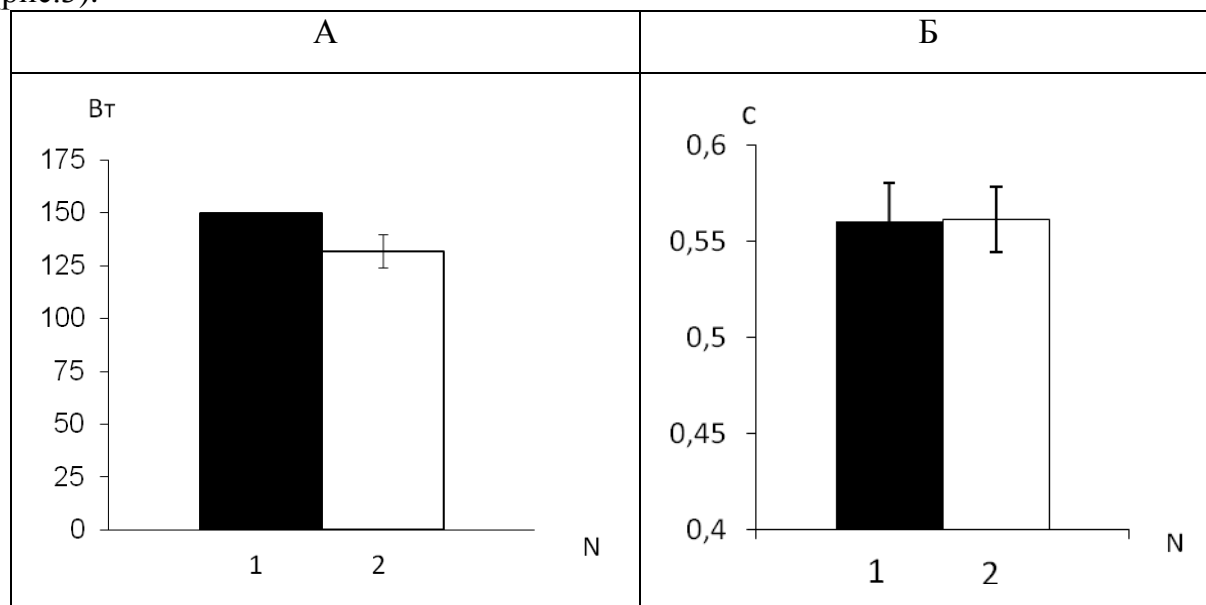


Рис. 3. Значения мощности работы (А) и ДСЦ (Б) испытуемых мужчин по данным 1-й (темные столбцы) и 2-й (светлые) серий

Таблица 1

Показатели РС испытуемых при выполнении дозированной нагрузки с регистрацией 120 циклов в исходном состоянии (А), в начале работы (Б), в середине (В), при окончании (Г), в период восстановления (Д) в первой (1) и второй (2) сериях экспериментов

Показатели	А		Б		В		Г		Д	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ДСЦ (с)	0,77 ±0,01	0,79 ±0,02	0,60• ±0,02*	0,62• ±0,02*	0,57 * ±0,02	0,55 * ±0,02	0,51 * ±0,02	0,521 * ±0,02	0,63• ±0,01 *	0,68• ±0,02 *
Mo (с)	0,79 ±0,09	0,77 ±0,07	0,62 ±0,07	0,62 ±0,08	0,56 ±0,08	0,57 ±0,09	0,50 ±0,09	0,51 * ±0,06	0,60 ±0,04	0,63 ±0,05
AMo (%)	35,24 ±5,64	35,89 ±7,60	26,91 ±3,970	30,82 ±3,41	29,29 ±4,81	37,38 ±7,23	34,58 ±5,27	36,91 ±7,07	41,07 ±5,30	39,46 ±8,55
D (с)	0,008 ±0,007	0,009 ±0,006	0,014 ±0,004	0,014 ±0,006	0,014 ±0,004	0,011 ±0,005	0,012 ±0,004	0,009 ±0,005	0,008 ±0,006	0,011 ±0,007
Cv (%)	10,17 ±5,31	9,85 ±5,18	18,45 ±7,02	17,39 ±6,78	19,53 ±7,19	16,99 ±6,65	20,03 ±7,35	14,09 ±6,03	11,45 ±5,52	12,2 ±5,54
r1(О.Е.)	0,44 ±0,53	0,32 ±0,59	0,24 ±0,62	0,40 ±0,55	0,21 ±0,63	0,21 ±0,63	0,15 ±0,64	0,13 ±0,644	0,19 ±0,63	0,27 ±0,61
ИН (О.Е.)	58,58 ±13,03	87,53 ±17,26	54,66 ±12,40	67,89 ±24,04	58,28 ±9,81	85,37 ±33,36	82,64 ±13,70	107,26 ±36,65	108,91 ±22,67	90,32 ±21,71
H (О.Е.)	0,77 ±0,05	0,82 ±0,04	0,83 ±0,03	0,88 ±0,04	0,81 ±0,04	0,72 ±0,04	0,77 ±0,04	0,70 ±0,04	0,76 ±0,05	0,83 ±0,04

Примечание: знаком • отмечены значения показателей, статистически значимо ($P < 0,01$) отличающиеся от предшествующих значений, знаком * – от значений в исходном состоянии (внутрисерийно)

Аналогичное 1-й серии учащение пульса при сниженной нагрузке мы рассматриваем как следствие эмоционального напряжения, обычно сопровождающего управление РС посредством физической работы. Об этом также свидетельствуют данные корреляции, характеризующие определенную сопряженность изменений связей смежных интервалов (r_1) и их фрактальности (H).

В данном варианте управления РС выражен сенсорный компонент мышечной деятельности (М.Р. Могендович., 1972), осуществляющийся в виде моторно-висцеральных рефлексов различных уровней, от спинального до подкорково-коркового. При этом налицо комбинированное воздействие на сердце нервно-мышечной и психогенной нагрузки, а также напряжения зрительной системы, что вызывает выраженный хронотропный эффект доминантной симпатикотонии, не смотря на сниженную, по сравнению с 1-й серией, физическую нагрузку.

Указанное взаимодействие демонстрирует возможность опосредованного управления сердцем комплексно и селективно, что имеет важное значение при проведении аутогенной тренировки, воздействующей на функциональное и психическое состояние человека посредством самовнушения.

Выявлен ряд информационных поисковых функций управления сердцем, что естественно при разностороннем воздействии нагрузки на регуляцию РС. Признаки усиления влияния на РС симпатической нервной системы подтверждаются снижением ОЧ, хотя динамика высоко- и низкочастотных показателей выявляет параллелизм в изменениях влияния симпатического и парасимпатического отделов ВНС на РС (рис. 4), что, с учетом лонгитудинального коррелирования H и IN , позволяет трактовать усиление влияния вышеназванных отделов ВНС на РС как синхронное и габитуативно взаимокompенсирующее.

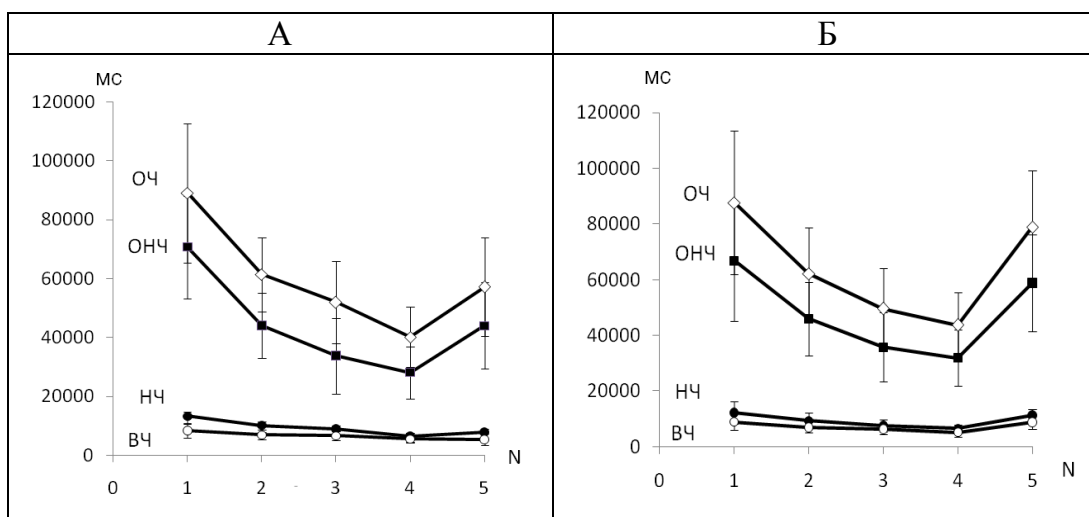


Рис. 4 Изменения средних значений спектральных показателей статистической выборки испытуемых по данным 1-й (А) и 2-й (Б) серий исследований в исходном состоянии (1), в начале (2), середине (3), конце работы (4) и при восстановлении (5)

Для данной нагрузки характерны изменения C_v согласно классической схеме периодизации работоспособности (вработывание, оптимум, утомление, как правило, сопровождающееся развивающейся тахикардией).

Селективный спектральный анализ РС при психогенном воспроизведении нагрузки, вызывающей сдвиги ДСЦ 50% от 1-й серии, определяет тенденцию как к усилению симпатикотонии, так и синхронизованному снижению тонуса симпатической и парасимпатической систем (табл. 2;3; рис. 5).

Таблица 2

Изменения показателей РС испытуемого Е., 19 лет, в 3-й серии эксперимента

Показатель	Исходное состояние	Работа на велоэргометре			Период восстановления
		Начало	Середина	Окончание	
ДСЦ (с)	0,78±0,01	0,50±0,01•*	0,51±0,01*	0,45±0,01•*	0,53±0,003•*
Мо (с)	0,82	0,45	0,45	0,4	0,52
АМо (%)	26,60	44,17	25,83	40,83	38,33
ИН (О.Е)	59,89	136,51	59,94	104,61	162,19
D (с)	0,003	0,004	0,009	0,007	0,001
Cv (%)	6,86±2,31	11,88±2,95	18,54±3,55	18,13±3,52	6,48±2,25•
r1(О.Е)	0,57±0,23	0,24±0,31	0,31±0,30	-0,03±0,33	0,50±0,29
H (О.Е)	0,97±0,02	0,78±0,02•*	1,23±0,03•*	0,87±0,02•*	0,76±0,02•*

Примечание: знаком • отмечены значения показателей, статистически значимо ($P<0,01$) отличающиеся от предшествующих значений, знаком * – от значений в исходном состоянии.

Таблица 3

Спектральная характеристика РС испытуемого Е., 19 лет, в 3-й серии

Спектральные параметры РС	Исходное состояние	Работа на велоэргометре			Период восстановления
		Начало	Середина	Окончание	
ОЧ (мс ²)	69036	48815	53576	43030	59330
ОНЧ (мс ²)	37634	36643	40947	30201	42866
НЧ (мс ²)	17815	6478	6692	7576	9270
ВЧ (мс ²)	13587	5694	5937	5254	7194
НЧ/ВЧ (О.Е.)	1,3	1,1	1,1	1,4	1,3

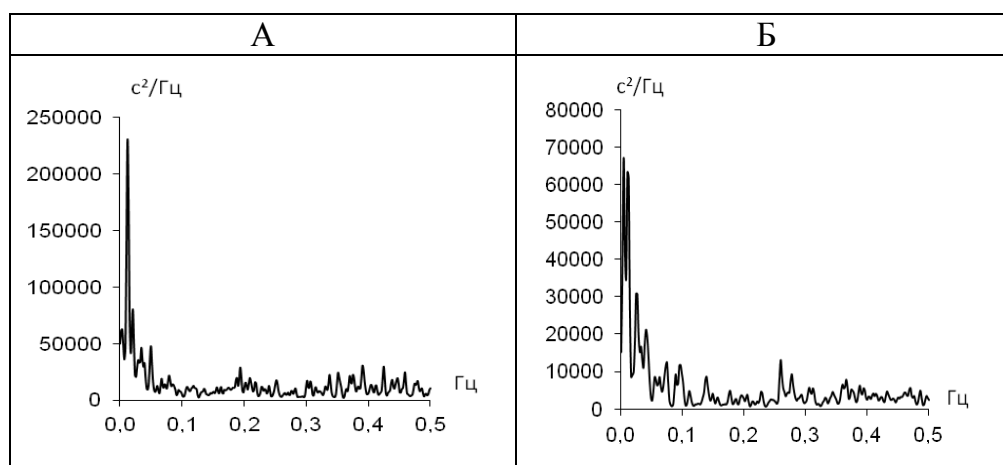


Рис. 5. Спектрограмма РС испытуемых Е., 19 лет (А) и Т., 20 лет (Б) в процессе работы, в 3-й серии.

Значения спектральных показателей ОЧ, ОНЧ и НЧ и ВЧ испытуемого Т., 20 лет, снижаются в процессе работы, увеличиваясь при восстановлении. НЧ/ВЧ возрастает в начале и середине нагрузки, с последующим снижением, что свидетельствует об усилении влияния симпатического звена ВНС, прекращающегося в период восстановления (табл. 4; рис. 5). При этом изменения ОЧ указывают на уменьшение влияния симпатического отдела ВНС, а ВЧ и НЧ – на снижение влияния парасимпатического.

Таблица 4

Спектральная характеристика РС испытуемого Т., 20 лет, в 3-й серии

Параметры РС	Исходное состояние	Работа на велоэргометре			Период восстановления
		Начало	Середина	Окончание	
ОЧ (мс ²)	144117	72330	64379	61291	135361
ОНЧ (мс ²)	101541	51092	46007	45109	96802
НЧ (мс ²)	24176	12215	10803	9283	20735
ВЧ (мс ²)	18400	9024	7568	6899	17824
НЧ/ВЧ (О.Е.)	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2

При решении **третьей задачи** в эксперименте с достаточно умеренной нагрузкой (табл. 5) под косвенным контролем РС проявляется выраженное напряжение регуляторных механизмов и расхождение пульсовых характеристик заданной и контролируемой нагрузки.

Таблица 5

Изменения показателей РС испытуемого О., 25 лет, в 4-й серии

Изучаемые показатели		Характер задаваемой нагрузки					Период восстановления	
		Исходное состояние	Повышение		Максимум	Снижение		
			1	2		3		4
Предлагаемая ДСЦ (с)		0,54	0,51	0,48	0,46	0,48	0,51	0,53
Экспериментальные показатели	ДСЦ (с)	0,58 ±0,002	0,50 • ±0,003*	0,45 • ±0,004*	0,43 ±0,01*	0,40 • ±0,01*	0,42 ±0,01*	0,49 • ±0,004*
	Mo (с)	0,57	0,50	0,43	0,39	0,39	0,39	0,49
	AMo (%)	36	71	49	46	70	66	65
	D (с)	0,0004	0,0014	0,0018	0,0039	0,0030	0,0075	0,0016
	H (О.Е.)	0,95 ±0,03	1,16 • ±0,04*	0,77 • ±0,01*	0,62 • ±0,01*	1,08 • ±0,024*	1,13 ±0,02*	0,84 • ±0,02*
	Cv (%)	3,42	7,40	9,53	14,64	13,57	20,62	8,16
	r1 (О.Е.)	-0,04	0,27	0,34	0,12	0,18	0,68	-0,06
Зарегистрированная нагрузка (Вт)		0	170,17	164,27	189,84	150	144,60	0

Примечание: знаком • отмечены значения показателей, статистически значимо ($P < 0,01$) отличающиеся от предшествующих значений, знаком * – от значений в исходном состоянии.

Для уточнения этих положений были проведены индивидуальные эксперименты со ступенчатой регистрацией РС. По данным испытуемого О., 25 лет (табл. 5, рис. 6), в указанном эксперименте четко просматривается, в общем, типичная картина статистически достоверных изменений параметров ДСЦ, фрактальности (по Н) и тесноты связи смежных интервалов (r_1) по отношению к исходному уровню.

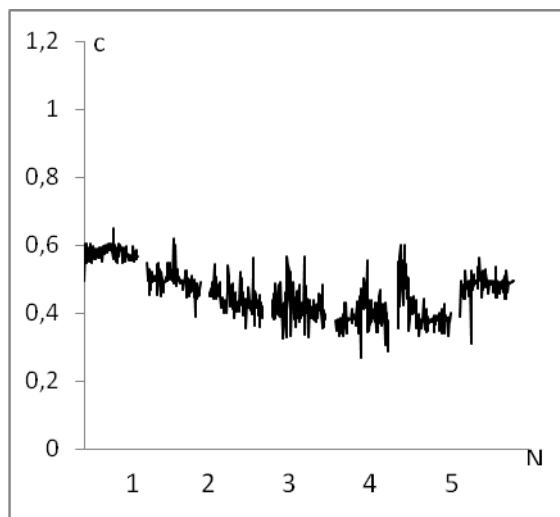


Рис. 6. Кардиоинтервалограмма испытуемого О., 25 лет, в 4-й серии экспериментов в исходном состоянии (1), на 1-й ступени (2), на 2-й (3), 3-й (4), 4-й (5), 5-й (6) ступенях нагрузки и при восстановлении (7)

Коррелирование параметров РС выявляет высокий уровень сопряженности изменений снижающейся ДСЦ с аналогичными изменениями величин нагрузки и Мо. При этом D и C_v проявляют тенденцию к явному увеличению (табл.7), что выражает взаимную компенсацию реципрокных механизмов регуляции ритма сердца, наблюдаемую также у других испытуемых, особенно при снижении нагрузки.

Несмотря на идентичные в целом значения предложенной и реальной ДСЦ показатели данного параметра в конце эксперимента оказались явно сниженными, у отдельных испытуемых. При проведении эксперимента наблюдаются типичные изменения РС, обусловленные сменой контуров управления сердечной деятельностью, характер которой определяется величиной мышечной нагрузки и особенностями поисковой функции механизмов управления сердцем в совокупности с его эрготропной реакцией. Это особенно четко проявляется в период ступенчато повышающейся нагрузки, когда механизмы управления сердцем настраивают его на соответствующую интенсификацию ритмических движений. В данной ситуации подобное ускорение – прогнозируемый полезный результат совокупного функционирования системных механизмов управления нервно-мышечным аппаратом и сердцем.

В период снижения нагрузки ДСЦ у испытуемых О. и М. существенно ниже задаваемой, поскольку постепенное увеличение тяжести работы сменяется ее снижением, а аккумулированное в процессе эксперимента напряжение механизмов регулирования РС остается некоторое время стабильным. С точки зрения физиологии труда и спорта данное расхождение можно расценить как проявление инерции доминанты ускорения РС в первом периоде нагрузки (до максимума ЧСС). Такое несоответствие экспериментальных и предложенных значений ДСЦ, мы объясняем индивидуальными особенностями систем регуляции РС испытуемых.

Данные эксперимента, таким образом, выявляют ряд индивидуальных особенностей динамики напряжения механизмов регуляции сердца при

опосредованном его управлении. В то же время корреляция задаваемой и воспроизводимой ДСЦ по данным трех испытуемых ($r=0,856$, $P<0,01$) в виде трехкластерного графика, обнаруживает общую направленность, выражаясь целостным линейным уравнением регрессии (рис. 9).

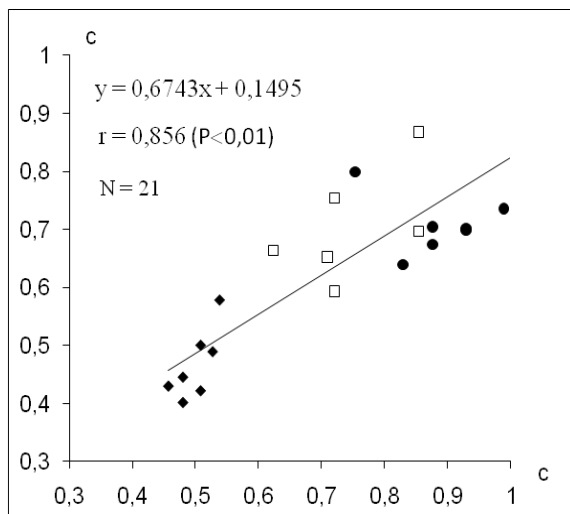


Рис. 9. Корреляция предлагаемой ДСЦ (абсцисса) и полученной (ордината) в 4-й серии экспериментов по данным испытуемых С., 23 лет (темные кружки), О., 25 лет (темные ромбы), М. 24 лет (светлые квадраты)

При решении **четвертой задачи** установлено, что ритмичное акустическое воздействие, имитирующее понижение и повышение ЧСС, независимо от пола испытуемых в целом вызывает у них взаимокompенсующее усиление симпатического и парасимпатического влияния на РС, прежде всего по данным спектрального анализа временных, частотных параметров и их линейной динамики (А.Н. Флейшман., 2001). Так, если у испытуемых в начале воздействия, имитирующего замедление сердцебиения, наблюдается инициальное учащение реального ритма, по данным ДСЦ, S_v , ИН, то при продолжении его экспозиции вызывается увеличение напряжения механизмов регуляции сердечной деятельности (по данным r_1). В качестве примера приводятся данные испытуемой Г., 28 лет, у которой уменьшение общечастотной характеристики РС более выражено при имитации его замедления, что, на наш взгляд, является следствием повышения тонуса симпатической нервной системы. Увеличение же ОЧ, наиболее заметное у испытуемого Е., 20 лет, во время имитации замедления, указывает на интенсификацию функций системы блуждающего нерва и вхождения в резонанс акустического ритма с сердечным, а в целом налицо зависимость указанных реакций от индивидуальных особенностей регуляции РС испытуемых.

Таким образом, возможность косвенного управления индивидуальной ритмической активностью сердца посредством аурально воспринимаемого раздражителя, имитирующего варианты сердечного ритма (ускорение-замедление), следует признать существующей. Общей тенденцией изменения РС является увеличение его вариабельности у испытуемых к моменту окончания воздействия, что объясняется не только изменениями ведущих (ваго-симпатических) компонентов регуляции сердца, но и неперенным включением компенсаторных реакций с более выраженным парасимпатическим влиянием подкорковых центров регуляции РС (рис. 8).

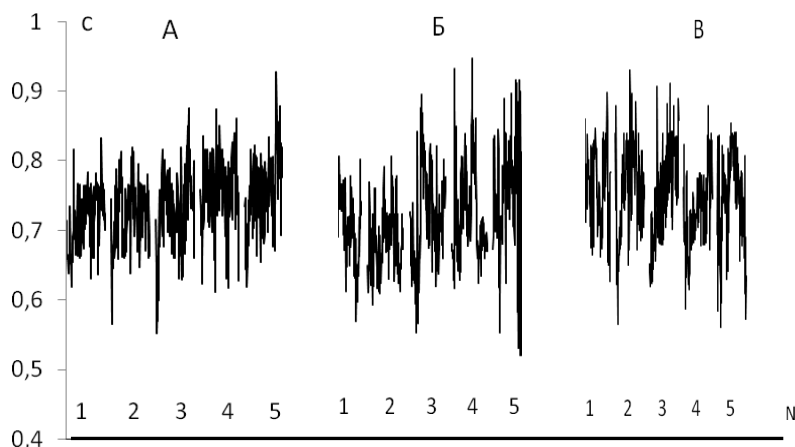


Рис. 8. Ритмограмма испытуемой Г., 28 лет, в контрольной серии (А), при замедлении навязанного ритма (Б), при учащении навязанного ритма (В) на первом (1), втором (2), третьем (3), четвертом (4) и пятом (5) этапах

Сближение показателей при восстановлении свидетельствует о модулирующем влиянии на работу сердца исследуемых воздействий при разнонаправленных изменениях РС в процессе эксперимента (рис. 9). Об этом в определенной мере свидетельствует и отмечаемый параллелизм экспериментальной динамики ряда компонентов РС в направлении как их увеличения, так и уменьшения. В данном случае налицо форма изменений механизмов регуляции сердца как функциональной системы, направленной на достижение полезного приспособительного результата (П.К.Анохин, 1980).

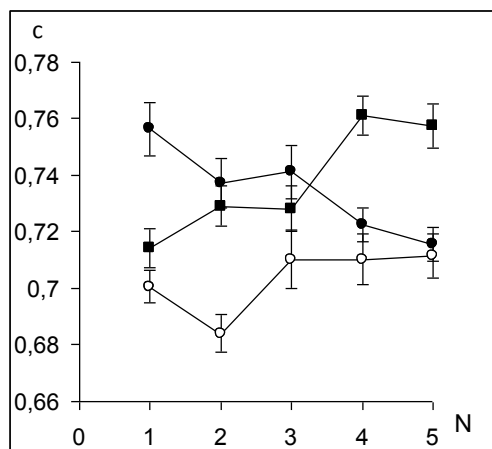


Рис. 9. Изменения ДСЦ испытуемой Г., 28 лет: темные квадраты – контрольная серия, светлые кружки – имитация замедленного ритма, темные – имитация ускоренного ритма

Под влиянием экспериментального раздражителя ритм сердца может меняться пропорционально ритму сигналов - при имитации замедленного РС – снижение ЧСС, при ускорении – повышение (табл. 6; рис.9). Отмечается повышение фрактальной размерности (по показателю Харста) и дисперсии с одновременным поэтапным увеличением r_1 . Наряду с изменением показателей как ваго- так и симпатикотонического порядка, в частности, X и aM_0 демонстрируют несколько повышенный исходный тонус симпатической ВНС. В то же время волнообразное изменение H , r_1 и C_v мы расцениваем как следствие привыкания к исходному положению.

Во 2-3-й частях эксперимента индивидуально регистрируются практически идентичные однонаправленные изменения элементов РС с некоторыми их вариациями, не нарушающими общей тенденции адекватности характера акустических воздействий (табл.6; рис.9) .

Таблица 6

Изменения средних значений показателей РС испытуемой Г, 28 лет, в 5-й серии исследований на пяти этапах

Части эксперимента	Параметры РС	Этапы исследований				
		1	2	3	4	5
Контрольная	X (с)	0,71 ±0,003	0,73 ±0,003	0,73 ±0,004	0,76 ±0,004	0,76 ±0,004
	Mo (с)	0,71	0,76	0,72	0,77	0,72
	AMo (%)	23,57 ±3,39	27,39 ±3,56	31,21 ±3,70	34,40 ±3,79	2,48 ±3,74
	D (с)	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003
	H (O.E.)	1,12 ±0,03	0,68 ±0,03	0,78 ±0,01	0,66 ±0,02	0,74 ±0,02
	Cv (%)	5,90 ±1,88	6,07 ±1,91	7,35 ±2,08	6,07 ±1,91	7,00 ±2,04
	r1 (O.E.)	0,56 ±0,06	0,58 ±0,06	0,60 ±0,06	0,40 ±0,08	0,48 ±0,07
Имитация замедленного ритма	X (с)	0,70• ±0,003*	0,68• ±0,003*	0,710 ±0,005*	0,71• ±0,005	0,71• ±0,01
	Mo (с)	0,72	0,71	0,73	0,66	0,74
	AMo (%)	27,49 ±3,41	23,40 ±3,24	18,71 ±2,98	33,33 ±3,60	27,49 ±3,65
	D (с)	0,002	0,002	0,005	0,004	0,01
	H (O.E.)	0,65• ±0,02	0,87• ±0,03	1,12• ±0,02	0,67 ±0,02	0,90• ±0,01*
	Cv (%)	6,53 ±1,89	6,11 ±1,83	9,7 ±2,264	8,7 ±2,16	14,66 ±2,89
	r1 (O.E.)	0,19• ±0,09*	0,45 ±0,07*	0,64 ±0,05	0,68 ±0,05	0,37 ±0,08
Имитация учащенного ритма	X (с)	0,76• ±0,005*	0,74 ±0,005*	0,74 ±0,005*	0,72• ±0,004	0,72• ±0,005
	Mo (с)	0,79	0,82	0,74	0,71	0,73
	AMo (%)	18,29 ±3,16	22,56 ±3,26	23,17 ±3,30	31,10 ±3,62	20,73 ±3,17
	D (с)	0,003	0,003	0,003	0,002	0,004
	H (O.E.)	0,78• ±0,02*	0,92• ±0,01	1,09• ±0,02	0,92• ±0,02	0,10• ±0,01*
	Cv (%)	7,50 ±2,15	8,01 ±2,12	8,05 ±2,12	6,77 ±1,96	8,66 ±2,20
	r1(O.E.)	0,63 ±0,06*	0,73• ±0,04*	0,51 ±0,07	0,61 ±0,06	0,56 ±0,06

Примечание: знаком • отмечены значения показателей, статистически значимо ($P < 0,01$) отличающиеся от значений контрольной серии, знаком * – различающиеся значения показателей при имитации замедленного и учащенного ритма.

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. Таким образом, в отличие от выраженной симпатикотонии и явной тенденции к централизации механизмов регуляции РС в экспериментах с физической нагрузкой, при ауральном воздействии наблюдаются весьма умеренные реакции сердца по показателям эрготропного и информационного аспектов.

При этом общей тенденцией изменений РС испытуемых является закономерное увеличение variability к моменту окончания акустического воздействия ($P < 0,01$). Это объясняется с одной стороны снижением тонуса симпатического отдела ВНС, с другой стороны – наличием ряда компенсаторных реакций ваготонического направления.

Выводы. 1. Выраженный *эрготропный* симпатикотонический эффект влияния дозированной динамической нагрузки на сердце, представляет собой своеобразный фон для дальнейших исследований ритма сердечных сокращений. Нагрузка в виде ее воспроизведения с ориентацией на ритм сердца посредством зрительной и сенсомоторной обратной связи оказывает модулирующее воздействие на сердечный ритм как сложившуюся функциональную систему со свойственными ей поисковыми свойствами.

2. Физическая нагрузка, воспроизводимая со зрительной ориентацией на ритм сердца, оказывается уменьшенной, по сравнению с обычной динамической нагрузкой, хотя параметры ритма сердца существенно не меняются. Данный феномен может быть объяснен тем, что при имитируемой нагрузке с коррекцией ее посредством зрительной обратной связи более выражен, во-первых, эмоциональный фон организма испытуемых, во-вторых, сенсорный компонент работающей скелетной мускулатуры с проприоцептивными системами управления деятельностью мышц (саморегуляция) и функциями сердца (моторно-кардиальные рефлексy).

3. Полифункциональная деятельность сердца проявляется при физической нагрузке, воспроизводимой в изменяющихся условиях эксперимента: 1) с ориентиром на 50-процентную длительность сердечного цикла; 2) при ступенчато меняющейся физической нагрузке с соответствующим изменением частоты сердечных сокращений. Динамика симпатической и парасимпатической форм регуляции ритма сердца практически синхронна, что выражается в ***положительно хронотропном*** повышении значений амплитуды моды, показателей Харста и r_1 , индекса напряжения на фоне снижения длительности сердечного цикла, а также ***отрицательно хронотропном*** повышении коэффициента вариации, дисперсии, высокочастотного компонента спектра, что, в целом, характеризует процесс взаимно компенсированного управления ритмом сердца.

4. Вне зависимости от знака задаваемого ритма (учащение или урежение) акустическое воздействие сопровождается напряжением механизмов, регулирующих сердечную деятельность, при этом проявляется системная функция регуляции сердца, направленная на достижение полезного приспособительного

результата в виде взаимокompенсирующего усиления тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

5. Сближение показателей длительности сердечного цикла по окончании экспериментального (идеомоторного или акустического) воздействия и в восстановительный период свидетельствует о модулирующей роли механизмов управления ритмом сердца. Подобные изменения показателей ритмической активности сердца в процессе эксперимента определяются сложностью комплексного взаимодействия мышечных напряжений, психогенных факторов и аурально воспринимаемых акустических экспозиций.

Практические рекомендации. Результаты диссертационных исследований могут представить предмет внедрения в систему разработки и перспективного планирования профилактических мероприятий на производстве и в клинике, спортивных тренировок с элементами аутотренинга и миорелаксации. В учреждениях умственного труда (вузы, офисы и т.п.), результаты наших исследований могут быть учтены при разработке средств и методов психологического восстановления, организации корригирующей гимнастики и совершенствования функциональной музыки на производстве.

Главным врачам клиник и медико-санитарных частей, спортивным врачам следует рекомендовать использование результатов исследования диссертации для планирования профилактических мероприятий также с использованием элементов мышечной релаксации и аутотренинга. Руководителям учебных учреждений среднего и высшего профессионального образования, а также для лиц умственного труда (обычные работники и др.) рекомендовать использование психологического восстановления в организации корригирующей (производственной) гимнастики с целью профилактики заболеваний и донозологических состояний.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Комин С.В., Рыжов А.Я., Белякова Е.А., Шляпников М.Ф., Оглоблин Д.Л., Липатова Ю.П., Шверина О.В., Сурсимова О.Ю., Щербакова Н.Е., Горшкова М.Н. Физиологическая характеристика ритмической активности нервно-мышечной и сердечно-сосудистой систем человека. // Российский физиологический журнал имени Сеченова / XIX съезд физиологического общества имени И.П. Павлова. Тезисы докладов. Санкт-Петербург, 2004. С. 377.**
2. Горшкова М.Н., Рыжов А.Я. К вопросу об управлении ритмом сердца при дозированных динамических нагрузках. // Всероссийский сборник научных статей «Актуальные проблемы физиологии труда». Тверь, 2006.
3. Оглоблин Д.Л., Белякова Е.А., Горшкова М.Н. Динамика ритма сердца при дозированных сенсомоторных нагрузках. // Всероссийский сборник научных статей «Актуальные проблемы физиологии труда». Тверь, 2006.
4. **Рыжов М.Я., Белякова Е.А., Оглоблин Д.Л., Горшкова М.Н., Полякова Н.Н., Липатова Ю.П., Павленко А.Б. К вопросу об управлении ритмической активностью сердечно-сосудистой системы. // XX съезд Физиологического общества им. Павлова. Тезисы докладов. – М.: Издательский дом «Русский врач», 2007. – 520 с.**

5. Горшкова М.Н., Рыжов А.Я. Физиологическая характеристика ориентированного воспроизведения ритма сердца при дозированы динамических нагрузках.// Вестник Тверского государственного университета, №21 (49), 2007. С. 49-55.
6. Горшкова М.Н. Индивидуальные характеристики опосредованного управления ритмом сердца при ступенчатой физической нагрузке. // Вестник Тверского государственного университета, серия «Биология и экология» (14), 2009. С. 49-60.
7. Белякова Е.А., Горшкова М.Н., Игнатъев Д.И., Рыжов А.Я.К вопросу о двигательных и ауральных формах косвенного управления ритмом сердца человека // Материалы III Всероссийской с международным участием конференции по управлению движением, 17-19 марта 2010 года: Великие Луки, 2010 г. С.122-123.
8. Горшкова М.Н., Рыжов А.Я., Белякова Е.А., Игнатъев Д.И., Сурсимова О.Ю. Ориентированное воспроизведение ритма сердца при дозированных динамических нагрузках // Материалы I международной научно-практической конференции «Беккеровские чтения», 27-29 МАЯ 2010 года: Волгоград, 2010 г.
9. Рыжов А.Я., Панкрушина А.Н., Игнатъев Д.И., Белякова Е.А., Горшкова М.Н., Полякова Н.Н. Комплексная оценка ритмики кардиоваскулярной системы с учетом биохимических компонентов биологического возраста человека. // Материалы XXI съезда физиологов им. И.П. Павлова, 19-25 сентября 2010г.: Калуга, 2010 г. С. 527.
10. **Рыжов А.Я., Шверина Т.А., Полякова Н.Н., Белякова Е.А., Горшкова М.Н. К вопросу об организации системы оздоровления и оптимизации труда преподавателей вуза // Роль социальных, медико-биологических и гигиенических факторов в формировании здоровья населения. УШ Международная научно-практическая конференция. Пенза, 2010. С. 63-65.**
11. Рыжов А.Я., Белякова Е.А., Игнатъев Д.И., Горшкова М.Н., Подлипская К.В. Возрастные особенности изменений variability сердечного ритма у лиц умственного труда.// Научные труды III съезда физиологов СНГ, 2011: Ялта, Украина, 1-6 октября 2011г. С. 295
12. Рыжов А.Я., Панкрушина А.Н., Белякова Е.А., Горшкова М.Н., Игнатъев Д.И., Судакова Е.С., Павлова Е.В., Абдуллаева Р.Б. Характеристика функций сердечно-сосудистой системы и липидов крови преподавателей вуза с учетом данных их паспортного и биологического возраста. // Сборник научных статей и тезисов XII международного конгресса «Здоровье и образование в XXI веке: Россия, Москва, 7-10.12.2011. С.399
13. **Горшкова М.Н., Белякова Е.А., Игнатъев Д.И. Индивидуальные характеристики косвенного управления ритмом сердца посредством аурального имитатора // Вестник Тверского государственного университета, серия биология и экология, 2011, вып.22, №12. С. 40-50.**
14. Рыжов А.Я., Белякова Е.А., Игнатъев Д.И., Горшкова М.Н., Подлипская К.В. Возрастные особенности изменений variability сердечного ритма у лиц умственного труда // III Съезд физиологов СНГ: науч. тр. (1–6 октября 2011 г.). М., Ялта: Медицина-Здоровье, 2011. С. 295.
15. Рыжов А.Я., Панкрушина А.Н., Белякова Е.А., Горшкова М.Н., Игнатъев Д.И., Судакова Е.С., Павлова Е.В., Абдуллаева Р.Б. Характеристика функций сердечно-сосудистой системы и липидов крови преподавателей вуза с учетом

данных их паспортного и биологического возраста // Здоровье и образование в XXI веке: материалы XII Междунар. конгресса (7–10 декабря 2011). М., 2011. С. 399–400.

16. Рыжов А.Я. Характеристика функций сердечно-сосудистой системы и липидов крови преподавателей вуза с учетом данных их паспортного и биологического возраста / А.Я. Рыжов, А.Н. Панкрушина, Е.А. Белякова, М.Н. Горшкова, Д.И. Игнатъев, Е.С. Судакова, Е.В. Павлова, Р.Б. Абдуллаева // Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке. 2012. Т.14, № 4. С. 338-339.
17. **Горшкова М.Н., Рыжов А.Я., Игнатъев Д.И. Индивидуальные характеристики сердечного ритма в условиях ауральной его имитации // Вестник Тверского государственного университета. Серия Биология и экология. 2013, вып.31, № 23. С. 7-16.**
18. Игнатъев Д.И., Рыжов А.Я., Панкрушина А.Н., Павлова Е.В., Горшкова М.Н., Подлипская К.В., Белякова Е.А. Кардиоритмологическая, реоэнцефалографическая и биохимическая составляющие биологического возраста преподавателей вуза // Материалы XXII съезда физиологов им. И.П. Павлова. Волгоград, 2013. С. 199.