



**НАУКА И СПОРТ:  
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ**

2023 TOM 11 №2  
VOLUME

**SCIENCE AND SPORT:  
current trends**

**Учредитель:**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Поволжский государственный  
университет физической культуры,  
спорта и туризма»

**Адрес редакции, издателя:**

420010, Республика Татарстан, г. Казань,  
территория Деревня Универсиады, д. 35  
Телефон: 8 (843) 294-90-06  
E-mail: scienceandsport@yandex.ru  
Сайт: www.sciencesport.ru

Любое использование материалов  
без разрешения редакции запрещено

Свидетельство ПИ № ФС 77-64933  
от 24.02.2016 г. выдано Федеральной  
службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий  
и массовых коммуникаций

ISSN 2308-8826 (Print)  
ISSN 2658-6800 (Online)

Журнал включен Высшей аттестационной  
комиссией Министерства образования  
и науки РФ в Перечень российских  
рецензируемых научных изданий,  
в которых должны быть опубликованы  
основные научные результаты диссертаций  
на соискание ученых степеней  
кандидата и доктора наук по научным  
специальностям: 5.8.4. Физическая культура  
и профессиональная физическая подготовка  
(педагогические науки), 5.8.5. Теория  
и методика спорта (педагогические науки),  
5.8.6. Оздоровительная и адаптивная  
физическая культура (педагогические науки)

Рецензируемый научно-практический  
журнал посвящен современным  
фундаментальным и прикладным  
проблемам спортивной науки, включая  
вопросы спортивной педагогики, медицины,  
физиологии и гуманитарных наук.  
Распространяется среди университетов –  
членов Международной ассоциации  
университетов физической культуры и  
спорта, а также среди широкого круга  
путем адресной доставки и подписки

Подписной индекс в Общероссийском  
каталоге агентства «Роспечать»:  
«Журналы России» 80199

Отпечатано в типографии ИП Подгорнова  
Ксения Игоревна, 420129, Республика  
Татарстан, г. Казань, ул. Центральная, 83в

Формат 60x84 1/8

Тираж 500 экз. Заказ №??

Подписано в печать: ??.06.2023

Дата выхода в свет: ??.06.2023

Цена свободная

# Научно-практический журнал

## НАУКА И СПОРТ: современные тенденции

№ 2 (Том 11), 2023 год

**Главный редактор:**

Зотова Ф.Р. – д-р пед. наук (Россия)

**Ответственный редактор:**

Назаренко А.С. – канд. биол. наук (Россия)

**Редакционная коллегия:**

Гайнутдинов Х.Л. – д-р биол. наук (Россия)

Горелов А.А. – д-р пед. наук (Россия)

Городничев Р.М. – д-р биол. наук (Россия)

Евсеев С.П. – д-р пед. наук (Россия)

Закирьянов К.К. – д-р пед. наук (Казахстан)

Лях В.И. – д-р пед. наук (Россия)

Манжелей И.В. – д-р пед. наук (Россия)

Манолаки В.Г. – д-р пед. наук (Молдова)

Мельнов С.Б. – д-р биол. наук (Белоруссия)

Михалев В.И. – д-р пед. наук (Россия)

Муллакаев О.Т. – д-р ветеринар. наук (Россия)

Мухамедьяров М.А. – д-р мед. наук (Россия)

Платонов В.Н. – д-р пед. наук (Украина)

Рощевская И.М. – д-р биол. наук,  
чл.-корр. РАН (Россия)

Сейранов С.Г. – д-р пед. наук, академик РАО (Россия)

Ситдииков Ф.Г. – д-р биол. наук (Россия)

Сонькин В.Д. – д-р биол. наук (Россия)

Cureton K. – PhD (USA)

Paasuke M. – PhD (Estonia)

Pontaga I. – PhD (Latvia)

**Корректор:** Деркач Т.В.

**Компьютерная верстка** Ильясовой М.А.

---

**Founder:**

Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education  
"Volga Region State University  
of Physical Culture,  
Sport and Tourism"

---

**Editor's and Publisher's office:**

Republic of Tatarstan, 420010 Kazan, 35  
Universiade Village territory  
Tel.: 8 (843) 294-90-06  
E-mail: scienceandsport@yandex.ru  
Website: www.sciencesport.ru

No part of this content may be used for  
any purpose, unless explicit authorization  
is given by the Editor.

Certificate of Registration of Media Outlet  
ПИ № ФС 77 – 64933, February 24, 2016  
issued by Federal Service of Supervision  
in the Sphere of Communications, Information  
Technology and Mass Communications.

---

ISSN 2308-8826 (Print)  
ISSN 2658-6800 (Online)

---

The journal is included in the List of Russian  
peer-reviewed scientific publications  
recommended by the Higher Attestation  
Commission of the Ministry of Education  
and Science of the Russian Federation,  
which should publish major scientific results  
of dissertations for the scientific degrees  
of Candidate and Doctor of Science on the  
following scientific specialties: 5.8.4. Physical  
education and professional physical training  
(pedagogical sciences), 5.8.5. Theory and  
methods of sports (pedagogical sciences),  
5.8.6. Healthy and adaptive physical  
education (pedagogical sciences).

---

Peer-reviewed journal of Science and  
Practice devoted to current fundamental  
and applied problems of sport science  
including issues of sport pedagogics,  
medicine, physiology and humanitarian  
sciences. Circulates to Universities –  
members of International Association  
of Universities of physical culture and  
sports and a wide audience.

The journal is available  
by target delivery and subscription

---

Subscription index in the All-Russia  
Catalogue of the "Rospechat" agency:  
"Journals of Russia" 80199

The circulation is printed in IE Podgornova  
Kseniya Igorevna 420129, Tatarstan  
Republic, Kazan, 83v, Tsentralnaya str.

Format 60x84 1/8

Circulation is 500 copies. Order №??

Sent for the press: ??.06.2023

Date of issue: ??.06.2023

Free price

---

# Journal of Science and Practice

## SCIENCE AND SPORT: current trends

№ 2 (Vol. 11), 2023

---

**Chief editor:**

Zotova F.R. – Dr. of Pedagogical Sciences (Russia)

**Executive editor:**

Nazarenko A.S. – Cand. of Biological Sciences (Russia)

**Editorial board:**

Gainutdinov Kh.L. – Dr. of Biological Sciences (Russia)  
Gorelov A.A. – Dr. of Pedagogical Sciences (Russia)  
Gorodnichev R.M. – Dr. of Biological Sciences (Russia)  
Evseev S.P. – Dr. of Pedagogical Sciences (Russia)  
Zakiryaynov K.K. – Dr. of Pedagogical Sciences (Kazakhstan)  
Liakh V. I. – Dr. of Pedagogical Sciences (Russia)  
Manzheley I.V. – Dr. of Pedagogical Sciences (Russia)  
Manolakey V.G. – Dr. of Pedagogical Sciences (Moldova)  
Melnov S.B. – Dr. of Biological Sciences (Belorussia)  
Mikhalyov V.I. – Dr. of Pedagogical Sciences (Russia)  
Mullakaev O.T. – Dr. of Veterinary Sciences (Russia)  
Mukhamedyarov M.A. – Dr. of Medical Sciences (Russia)  
Platonov V.N. – Dr. of Pedagogical Sciences (Ukraine)  
Roshchevskaya I.M. – Dr. of Biological Sciences,  
Corresponding Member of the RAS (Russia)  
Seyranov S.G. – Dr. of Pedagogical Sciences,  
academician of RAE (Russia)  
Sitdikov F.G. – Dr. of Biological Sciences (Russia)  
Sonkin V.D. – Dr. of Biological Sciences (Russia)  
Cureton K. – PhD (USA)  
Paasuke M. – PhD (Estonia)  
Pontaga I. – PhD (Latvia)

**Corrector:** Derkach T.V.

**Computer layout:** Ilyasova M.A.

# Содержание

## Спортивная физиология и морфология

<b>Т.М. Брук, Ф.Б. Литвин.</b> Оценка реактивности системы микроциркуляции на физическую нагрузку при сочетанном применении природных биодобавок и НИЛИ у спортсменов с разными типами регуляции сердечного ритма	6
<b>И.Г. Герасимова, И.Ш. Мутаева, Г.З. Халиков, Д.Б. Парамонова.</b> Взаимосвязи психофизиологических показателей и физической работоспособности волейболистов различных возрастных групп	15
<b>А.Р. Гиззатуллин, Р.Р. Миннахметов, Д.М. Сорокина, Ф.Г. Ситдилов.</b> Роль бета-адренорецепторов в регуляции сердечной деятельности у интактных и десимпатизированных растущих крыс	24
<b>Н.Н. Захарьева, Д.Б. Астахов, Е.И. Малиева, И.Д. Коняев.</b> Совершенствование вертикальной устойчивости у самбистов с ростом квалификации при занятиях спортивным самбо	33

## Спортивная тренировка

<b>И.А. Аввакумова, Т.В. Фендель, А.С. Крючков, М.В. Баринов.</b> Метод постактивационного стимулирования в спортивной подготовке высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина	45
<b>И.А. Аввакумова, Т.В. Фендель, А.С. Крючков, М.В. Баринов.</b> Применение метода постактивационного стимулирования в силовой подготовке высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина	54
<b>Е.Б. Блохина, В.Н. Коновалов.</b> Анализ мировых рекордов в легкой атлетике у мужчин на дистанции 100 метров на основе системного подхода	63
<b>Н.Н. Бумарскова, В.С. Гарник, В.В. Бизяев, П.А. Бумарсков.</b> Централизация в спорте на примере баскетбола в России	70
<b>Ю.В. Волк, М.С. Фесенко.</b> Особенности тактических взаимодействий высококвалифицированных баскетболистов в игре 3x3	76
<b>Л.Д. Ганеева.</b> Олимпийское движение на рубеже V и VI технологических укладов: организационно-управленческий аспект	85
<b>Ф.Р. Зотова, В.М. Газанова.</b> Физическая подготовка бадминтонистов: аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы	94
<b>О.В. Карась.</b> Обучение гимнасток 10-12 лет опорным прыжкам рондатового типа	105
<b>М.Г. Колодезникова, В.Э. Семенов, Е.Т. Пономарев.</b> Легионерство в спорте: причины и проблемы трансфера (на примере борцов вольного стиля Республики Саха (Якутия))	114
<b>Л.А. Коновалова, М.В. Седунова, Р.Ф. Мифтахов, М.И. Галяутдинов.</b> Факторная структура соревновательной деятельности высококвалифицированных борцов на поясах с учетом гендерных отличий	122
<b>А.В. Рафаенков.</b> Анализ научных исследований по проблемам содержания спортивной подготовки в греко-римской борьбе	130

## Физическое воспитание

<b>М.Н. Мальков, И.Э. Юденко.</b> Оптимизация физической активности пожилых женщин с нарушением зрения на основе дистанционных самостоятельных заданий	139
<b>Ю.В. Науменко.</b> Педагогические исследования в области физической культуры и спорта: гуманитарный подход	148
<b>О.Г. Румба, Т.Е. Веселкина, Е.С. Борисов, Т.В. Сизова.</b> Сопоставление двигательной активности студентов Восточного и Западного регионов России в разные периоды календарного года	155
<b>А.В. Сысоев, Е.Н. Ирхина.</b> Особенности реализации подвижной игровой деятельности с детьми дошкольного и младшего школьного возраста в образовательных учреждениях Воронежской области	165

## Спортивный менеджмент

<b>Т.Р. Закиров, В.А. Гореликов.</b> Маркетинговые стратегии в студенческом спорте на примере ассоциации студенческого баскетбола	176
---	-----

## Правила для авторов

	183
--	-----

# Contents

---

## Sport physiology and morphology

<b>T.M. Bruk, F.B. Litvin.</b> Assessment of the microcirculation system reactivity to physical load with the combined use of natural bio supplements and low-intensity laser radiation in athletes with different types of heart rate regulation	6
<b>I.G. Gerasimova, I.S. Mutaeva, G.Z. Khalikov, D.B. Paramonova.</b> Identification of the relationship between psychophysiological indicators and physical performance of volleyball players of different age groups	15
<b>A.R. Gizzatullin, R.R. Minnakhmetov, D.M. Sorokina, F.G. Sitdikov.</b> The role of beta-adrenergic receptors in the regulation of cardiac activity in intact and sympathectomized growing rats	24
<b>N.N. Zakharyeva, D.B. Astahov, E.I. Malieva, I.D. Konyaev.</b> Improving the vertical stability of sambo wrestlers with the growth of qualification in sports sambo	33

## Sports training

<b>I.A. Avvakumova, T.V. Fendel, A.S. Kryuchkov, M.V. Barinov.</b> Method of post-activation stimulation in the sports training of highly qualified ski jumpers	45
<b>I.A. Avvakumova, T.V. Fendel, A.S. Kryuchkov, M.V. Barinov.</b> Application of post-activation stimulation method for highly qualified ski jumpers' strength training	54
<b>E.B. Blokhina, V.N. Konovalov.</b> Analysis of world records in track and field for men at a distance of 100 meters based on the system approach	63
<b>N.N. Bumarskova, V.S. Garnik, V.V. Bizaev, P.A. Bumarskov.</b> Centralization in sports on the example of basketball in Russia	70
<b>Yu.V. Volk, M.S. Fesenko.</b> Features of tactical interactions of highly qualified basketball players in 3x3 game	76
<b>L.D. Ganeeva.</b> Olympic movement at the turn of the fifth and sixth technological structures: management issues	85
<b>F.R. Zotova, V.M. Gaznanova.</b> Physical training of badminton players: analytical review of domestic and foreign literature	94
<b>A.V. Karas.</b> Vault training with round-off for female gymnasts 10-12 years old	105
<b>M.G. Kolodeznikova, V.E. Semenov, E.T. Ponomarev.</b> Legionnaires in sports: reasons and problems of transfer (on the example of freestyle wrestlers of the Republic of Sakha (Yakutia))	114
<b>L.A. Konovalova, M.V. Sedunova, R.F. Miftakhov, M.I. Galyautdinov.</b> Factor structure of competitive activity of highly qualified belt wrestlers in view of gender differences	122
<b>A.V. Razaenkov.</b> Analysis of scientific research on the problems of the content of sports training in Greco-Roman wrestling	130

## Physical education

<b>M.N. Mal'kov, I.E. Yudenko.</b> Optimization of physical activity of visually impaired elderly women on the basis of remote independent tasks	139
<b>Y.V. Naumenko.</b> Pedagogical research in the field of physical culture and sports: humanitarian approach	148
<b>O.G. Rumba, T.E. Veselkina, E.S. Borisov, T.V. Sizova.</b> Comparison of motor activity of students of the Eastern and Western regions of Russia in different periods of the calendar year	155
<b>A.V. Sysoev, E.N. Irhina.</b> Features of the implementation of moving game activities with children of preschool and primary school age in educational institutions of the Voronezh region	165

## Sports management

<b>T.R. Zakirov, V.A. Gorelikov.</b> Marketing strategies in student sports in the case of the student basketball association	176
---	-----

## Guidelines for authors

	183
--	-----

## РОЛЬ БЕТА-АДРЕНОРЕЦЕПТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У ИНТАКТНЫХ И ДЕСИМПАТИЗИРОВАННЫХ РАСТУЩИХ КРЫС

А.Р. Гиззатуллин<sup>1</sup>, Р.Р. Миннахметов<sup>2</sup>, Д.М. Сорокина<sup>1</sup>, Ф.Г. Ситдииков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup>Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

### Аннотация

**Цель исследования** – изучение роли бета-адренорецепторов в регуляции деятельности сердца у интактных и десимпатизированных крыс разного возраста.

**Методы и организация исследования.** Эксперименты проводили на интактных и десимпатизированных 14-120-суточных разнополых лабораторных крысах. Десимпатизацию производили ежедневным введением подогретого до 38°C раствора гуанетидина сульфата из расчета 10 мл/кг массы животного в течение 28 дней с момента рождения. Блокатор  $\beta$ -адренорецепторов обзидан вводили в бедренную вену из расчета 0,8 мг/кг массы животного. Для анализа сердечной деятельности регистрировали электрокардиограмму и дифференцированную реограмму.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Данная серия экспериментов с введением неселективного блокатора  $\beta$ -адренорецепторов обзидана у интактных и десимпатизированных крыс проведена после ваготомии, что исключает рефлекторные влияния и позволяет выделить роль внутрисердечных регуляторных механизмов в регуляции сердца. Одномоментная перерезка обоих блуждающих нервов (БН) во всех исследуемых возрастных группах интактных и десимпатизированных животных вызывает достоверное повышение частоты сердечных сокращений (ЧСС), которая и в конце эксперимента у всех возрастных групп десимпатизированных животных сохраняется выше исходного показателя, тогда как у 14-дневных и взрослых интактных крыс отмечается восстановление данного показателя. У контрольных животных с возрастом реакция частоты сердечных сокращений на обзидан уменьшается, у десимпатизированных животных подобной динамики не наблюдается, что подтверждает значительную роль  $\beta$ -адренорецепторов, в том числе внутрисердечных, в регуляции деятельности сердца крыс.

**Заключение.** Зарегистрирована выраженная отрицательная хронотропная реакция сердца на введение неселективного блокатора  $\beta$ -адренорецепторов обзидана на фоне перерезанных блуждающих нервов у всех исследованных возрастных групп интактных и десимпатизированных животных, что свидетельствует о важной роли  $\beta$ -адренорецепторов в регуляции частоты сердечных сокращений (ЧСС). Выявленная положительная реакция ударного объема крови (УОК) на введение обзидана у обеих исследуемых групп животных проявляется с трехнедельного возраста, что подтверждает формирование у крыс в данном возрасте внутрисердечных механизмов, регулирующих инотропную функцию сердца.

**Ключевые слова:** десимпатизация, миокард, бета-адренорецепторы, инотропный эффект, хронотропный эффект, регуляция сердца, *in vivo*.

### THE ROLE OF BETA-ADRENERGIC RECEPTORS IN THE REGULATION OF CARDIAC ACTIVITY IN INTACT AND SYMPATHECTOMIZED GROWING RATS

A.R. Gizzatullin<sup>1</sup>, e-mail: almaz-giz@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-7725-3503

R.R. Minnakhmetov<sup>2</sup>, e-mail: minnakhmetov@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-4651-4093

D.M. Sorokina<sup>1</sup>, e-mail: dinagabita@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2114-6880

F.G. Sitdikov<sup>1</sup>, e-mail: kafanatomk@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0041-4049

<sup>1</sup>Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia

### Abstract

**The research purpose** is to study the role of beta-adrenergic receptors in the regulation of cardiac activity in intact and sympathectomized rats of different ages.

**Methods and organization of the research.** The experiments were carried out on intact and sympathectomized 14-120-day-old heterosexual laboratory rats. Sympathectomy was performed by daily administration of a solution

of guanethidine sulfate heated to 38°C at the rate of 10 ml/kg of animal weight for 28 days from birth. The blocker of  $\beta$ -adrenergic receptors obzidan was injected into the femoral vein at the rate of 0.8 mg/kg of animal weight. For the analysis of cardiac activity, an electrocardiogram and a differentiated rheogram were recorded.

**Results and their discussion.** This series of experiments with the introduction of the non-selective blocker of  $\beta$ -adrenergic receptors obzidan in intact and sympathectomized rats was carried out after vagotomy, which excludes reflex effects and makes it possible to highlight the role of intracardiac regulatory mechanisms in the regulation of the heart. Simultaneous cutting of both vagus nerves (VN) in all studied age groups of intact and sympathectomized animals causes a significant increase in heart rate, which remains higher than the initial indicator at the end of the experiment in all age groups of sympathectomized animals, while in 14-day-old and adult intact rats, this indicator is restored. In control animals, the response of heart rate to obzidan decreases with age. In sympathectomized animals, such dynamics is not observed, which confirms the significant role of  $\beta$ -adrenergic receptors, including intracardiac ones, in the regulation of rat heart activity.

**Conclusion.** A pronounced negative chronotropic reaction of the heart to the administration of the non-selective  $\beta$ -adrenergic receptor blocker obzidan against the background of severed vagus nerves (VN) was registered in all studied age groups of intact and sympathectomized animals, which indicates the important role of  $\beta$ -adrenergic receptors in the regulation of heart rate (HR). A pronounced positive reaction of stroke volume (SV) to the administration of obzidan in both studied groups of animals is manifested from the age of three weeks, which confirms the formation of intracardiac mechanisms regulating the inotropic function of the heart in rats at this age.

**Keywords:** sympathectomy, myocardium, beta-adrenergic receptors, inotropic effect, chronotropic effect, cardiac regulation, in vivo.

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что в механизме адаптации организма и сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке участвует симпатический отдел вегетативной нервной системы. Симпатические нервы оказывают на сердце разностороннее воздействие и способны изменить сократительную и электрическую активность. Регуляторные влияния реализуются через изменение активности симпатических нервов, а также надпочечниковой и венадпочечниковой хромаффинной ткани [2, 7]. Возрастные особенности становления симпатической и парасимпатической регуляции сердца важны для специалистов по возрастной физиологии и для специалистов в области физиологии спорта, так как повышенные физические нагрузки юные спортсмены испытывают еще в дошкольном возрасте [1, 3, 8].

Физиологические эффекты катехоламинов реализуются при их взаимодействии с адренорецепторами (АР) клеток миокарда. Известны два типа АР – альфа и бета, которые также подразделяются на подтипы. Бета-АР обладают более широким спектром действия. Активация альфа<sub>1</sub>-АР вызывает только положительную инотропную реакцию, тогда как в сердце крысы и морской свинки число альфа- и бета-АР примерно одинаково. Эффекты альфа<sub>1</sub>-АР часто непостоянны и разнонаправлены. Функции альфа<sub>1</sub>-АР сердца достаточно разнообразны и, по имеющейся информации, дополняют роль

бета-адренергических влияний при некоторых состояниях организма [4].

Бета-АР при активации вызывают усиление сокращений и ускорение ритма сердца, являются основными каналами регуляции симпатoadrenalовой системы. Выделяют три подтипа бета-АР, среди которых бета<sub>1</sub> и бета<sub>2</sub> доминируют в сердце. Известно что бета<sub>1</sub>-АР сопряжены с сигнальным путем Gs-белка и обеспечивают увеличение систолического внутриклеточного Ca<sup>2+</sup> и частоты генерации потенциалов действия пейсмекерными кардиомиоцитами, оказывая таким образом положительные инотропные и хронотропные эффекты сердца [12].  $\beta_1$ -адренорецепторы одинаково чувствительны к адреналину и норадреналину, играют функциональную роль в функции кардиомиоцитов и составляют приблизительно 70% адренергических рецепторов сердечной ткани в предсердиях, 80% в желудочках и 95% в синоатриальном узле [13, 20].

Бета<sub>2</sub>-АР в сердце составляют 20-30% от общего количества бета-АР и могут активировать как Gs-белок, так и Gi-белок [13]. Бета<sub>2</sub>-АР имеют возможность запускать разные сигнальные каскады, и эти эффекты зависят от температуры. Снижение температуры на 10 градусов от нормы (до 25°C) снижает зависимость от бета<sub>2</sub>-АР продукцию NO, что приводит к изменению кальциевого транзientа и снижению амплитуды сокращений предсердий [5].

Имеющиеся данные литературы свидетельствуют о важной роли бета<sub>3</sub>-АР в регуляции сократимости желудочков и предсердий [14, 17]. При этом стимуляция бета<sub>3</sub>-АР разными исследователями вызывала разнонаправленные эффекты [18]. Активация бета<sub>3</sub>-АР снижает сократимость желудочков и повышает сократимость предсердий, снижает степень автоматии. Данные эффекты стимуляции вызывают активацию NO-синтазы и продукции NO, активацию гуанилатциклазы, рост содержания цГМФ, активацию протеинкиназы G, что повышает фосфорилирование клеточных эффекторов [16, 19, 20].

Особенность симпатической регуляции может быть изучена регистрацией импульсов в этих нервах. Эффективность их воздействия зависит от частоты и амплитуды, а также от реактивности ткани к этим воздействиям, плотности рецепторов [9, 11]. Возможно определение уровня норадреналина, комедиаторов: АТФ, NO, H<sub>2</sub>S в крови, тканях сердца при симпатических воздействиях. Изменение деятельности сердца растущего организма при выключении адренергических влияний путем десимпатизации представляет значительный теоретический и практический интерес [6, 10]. Чувствительность сердца к катехоламинам и ацетилхолину, а также активность рецепторных структур сердца с возрастом изменяются [15]. Исследование особенностей становления механизмов, регулирующих УОК и ЧСС, в постнатальном онтогенезе является весьма актуальным.

## МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперименты проводили на интактных и десимпатизированных 14-120-суточных разнополых лабораторных крысах. Десимпатизацию производили ежедневным введением подогретого до 38°C раствора гуанетидина сульфата из расчета 25 мг/кг в течение 28 дней после рождения. Контрольную группу составили животные аналогичного возраста, содержащиеся в идентичных условиях. Наркотизированных 25% раствором уретана (1,2 г/кг массы) крыс фиксировали на операционном столе и проводили препаровку блуждающих нервов. Блокатор β-адренорецепторов обзидан вводили в бедренную вену из расчета 0,8 мг/кг массы животного. Для анализа сердечной деятельности после каждого экспериментального вмешатель-

ства в течение 15 мин регистрировали ЭКГ и дифференцированную реограмму. Регистрация результатов проводилась на комплексной электрофизиологической установке, в основу которой положена обработка ЭКГ по методике Р.М. Баевского, с дополнительной возможностью анализа дифференцированной реограммы для расчета УОК. Статистическая обработка результатов проводилась по парному t-критерию Стьюдента и парному критерию Вилкоксона с использованием программы Microsoft Excel.

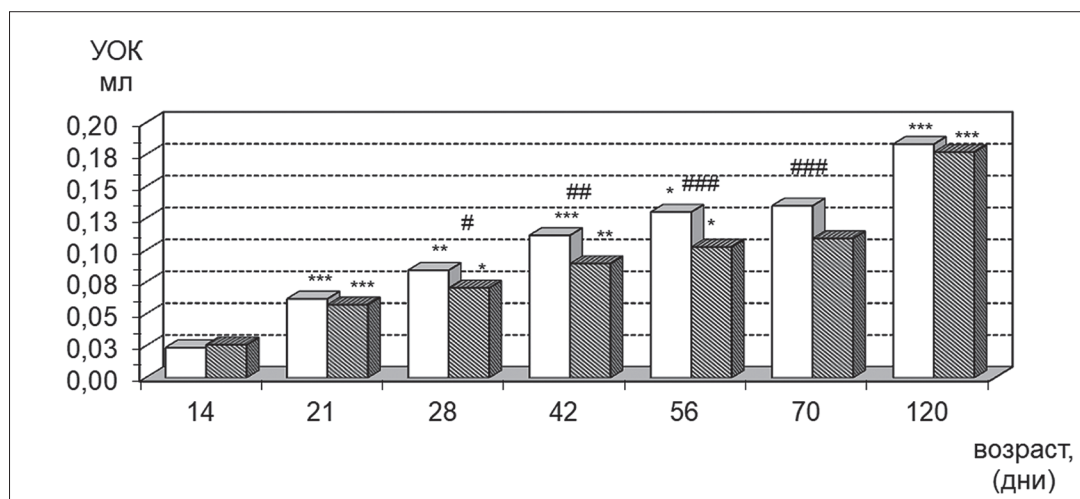
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно нашим исследованиям, после десимпатизации у крыс УОК оказался меньше, чем у интактных (рисунок 1). При этом для поддержания постоянства минутного объема кровотока у десимпатизированных животных низкие значения УОК компенсируются более высокими показателями ЧСС.

Взаимодействия и взаимоотношения экстракардиальных нервов на деятельность сердца проявляются во влиянии симпатических нервов на реакцию сердца к холинергическим влияниям, и в то же время холинергические влияния могут изменить симпатические эффекты. Исследования с выключением или нарушением одного из отделов вегетативной нервной системы, симпатического или парасимпатического, более детально раскрывают механизмы функционирования отдельных органов и систем. Выключение центральных парасимпатических нервных влияний на сердце достигается перерезкой блуждающих нервов, а выключение симпатических влияний на сердечную деятельность более эффективно можно исключить при использовании фармакологической десимпатизации животных. С целью исключения рефлекторных влияний и выявления роли внутрисердечных регуляторных механизмов данная серия экспериментов с введением неселективного блокатора β-адренорецепторов обзидана у интактных и десимпатизированных крыс проведена после ваготомии.

Одномоментная перерезка обоих БН во всех исследуемых возрастных группах интактных и десимпатизированных животных вызывает достоверное повышение ЧСС, которая и в конце эксперимента у всех возрастных групп десимпатизированных животных сохраняется выше





**Рисунок 1 – Динамика ударного объема крови у крыс с 14- до 120-дневного возраста**  
**Figure 1 – Dynamics of stroke volume in rats from 14 to 120 days of age**

**Примечание:** достоверность различий по отношению к данным:

1) предыдущей возрастной группы \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$ ; 2) внутри возрастной группы # -  $p < 0,05$ ; ## -  $p < 0,01$ ; ### -  $p < 0,001$

**Note:** significance of differences in relation to data:

1) previous age group \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$ ; 2) within the age group # -  $p < 0,05$ ; ## -  $p < 0,01$ ; ### -  $p < 0,001$

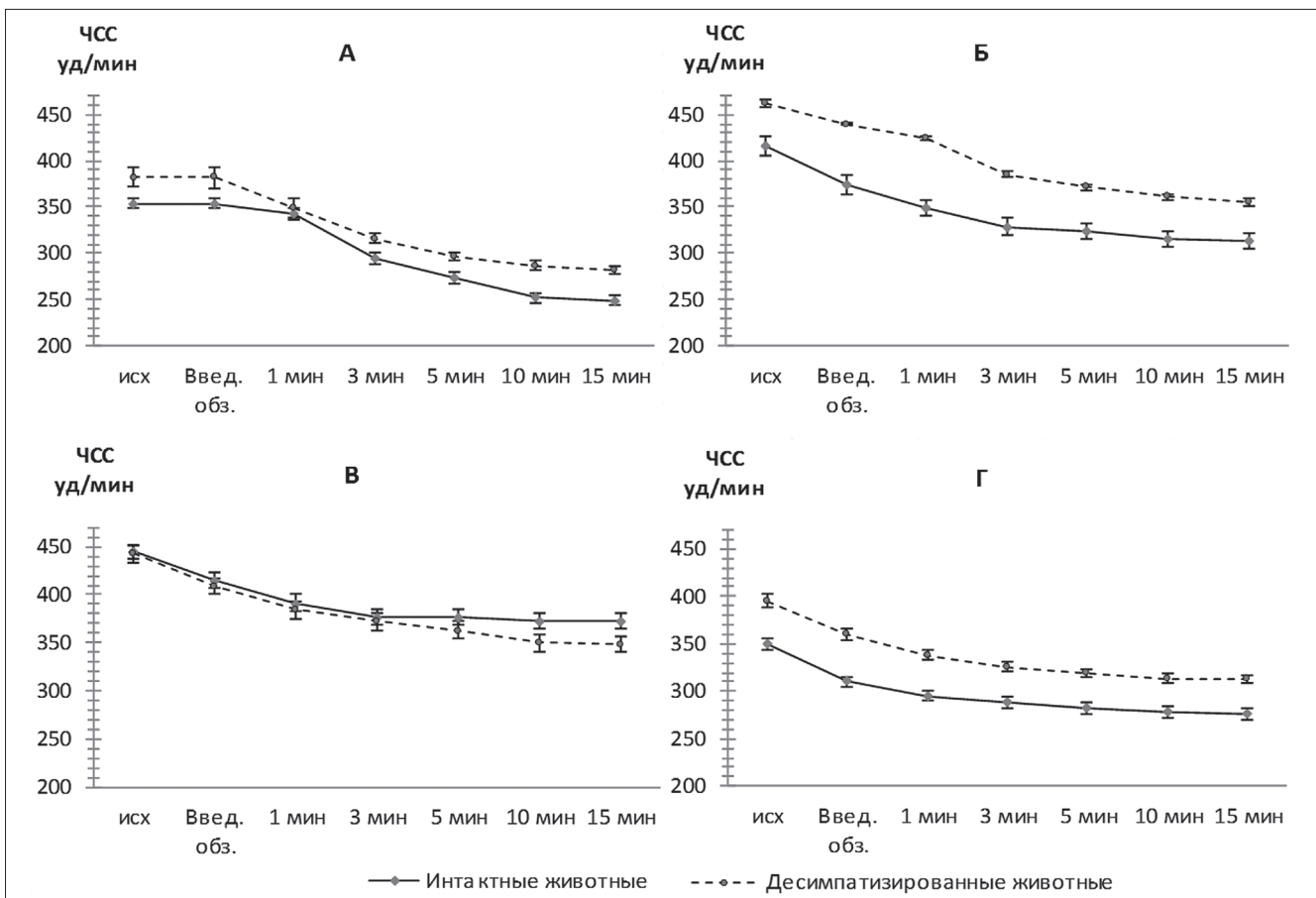
исходного показателя. Тогда как у 14-дневных и взрослых интактных крыс отмечается восстановление данного показателя. После одномоментной двусторонней ваготомии у интактных животных УОК в основном снижается с последующим восстановлением к концу эксперимента. Двусторонняя ваготомия у десимпатизированных растущих крыс вызывает разнонаправленную динамику УОК, но у всех исследуемых групп, кроме 28-дневных, к концу эксперимента УОК повышается и становится выше исходного значения. У интактных и десимпатизированных животных после двусторонней ваготомии происходит достоверное снижение показателя дельта X ( $\Delta X$ ) и повышение показателя амплитуды моды (АМо), изменение которых свидетельствует об усилении симпатических и ослаблении парасимпатических нервных влияний.

Неселективным  $\beta$ -адреноблокатором является обзидан, обладающий антиишемическими действиями и блокирующий быстрые натриевые каналы. Блокирование натриевых каналов увеличивает рефрактерность. Точками приложения  $\beta$ -адреноблокаторов являются сердечные ушки, синоатриальный узел, атриовентрикулярный узел и, в меньшей степени, миокард желудочков. Эти препараты, ингибируя действие катехоламинов, замедляют процесс спонтанной диастолической деполяризации клеток, обладающих пейсмекерными свойства-

ми. Поэтому использование неселективного  $\beta$ -адреноблокатора обзидана у интактных и десимпатизированных крыс представляет большой научный интерес.

Введение обзидана из расчета 0,8 мг/кг массы 14-дневным интактным крысятам приводит к постепенному снижению ЧСС, которая к 15-й минуте становится достоверно ниже исходного значения на 29,6% и составляет  $249 \pm 4,8$  уд/мин ( $p < 0,001$ ) (рисунок 2А). После введения обзидана также достоверно уменьшается УОК ( $p < 0,01$ ) с последующим его восстановлением к 1-й минуте. Введение обзидана 14-дневным десимпатизированным крысятам опытной группы приводит к постепенному снижению ЧСС, которая к 15-й минуте становится ниже исходного значения на 26,3% ( $p < 0,001$ ) и составляет  $282 \pm 5,1$  уд/мин. При этом существенных изменений УОК в течение всего эксперимента не наблюдается (рисунок 3А).

У 21-дневных интактных крысят введение обзидана вызывает к 15-й минуте постепенное урежение ЧСС с  $404 \pm 6,3$  до  $299 \pm 5,5$  уд/мин ( $p < 0,001$ ) и достоверное увеличение УОК на 24,2% ( $p < 0,05$ ). У десимпатизированных крысят введение обзидана вызывает к 15-й минуте постепенное урежение сердцебиений с  $455 \pm 8,1$  до  $351 \pm 4,6$  уд/мин, что ниже исходного уровня на 22,8% ( $p < 0,001$ ), при этом УОК также постепенно к концу эксперимента достоверно увеличивается на 17,7% ( $p < 0,05$ ).



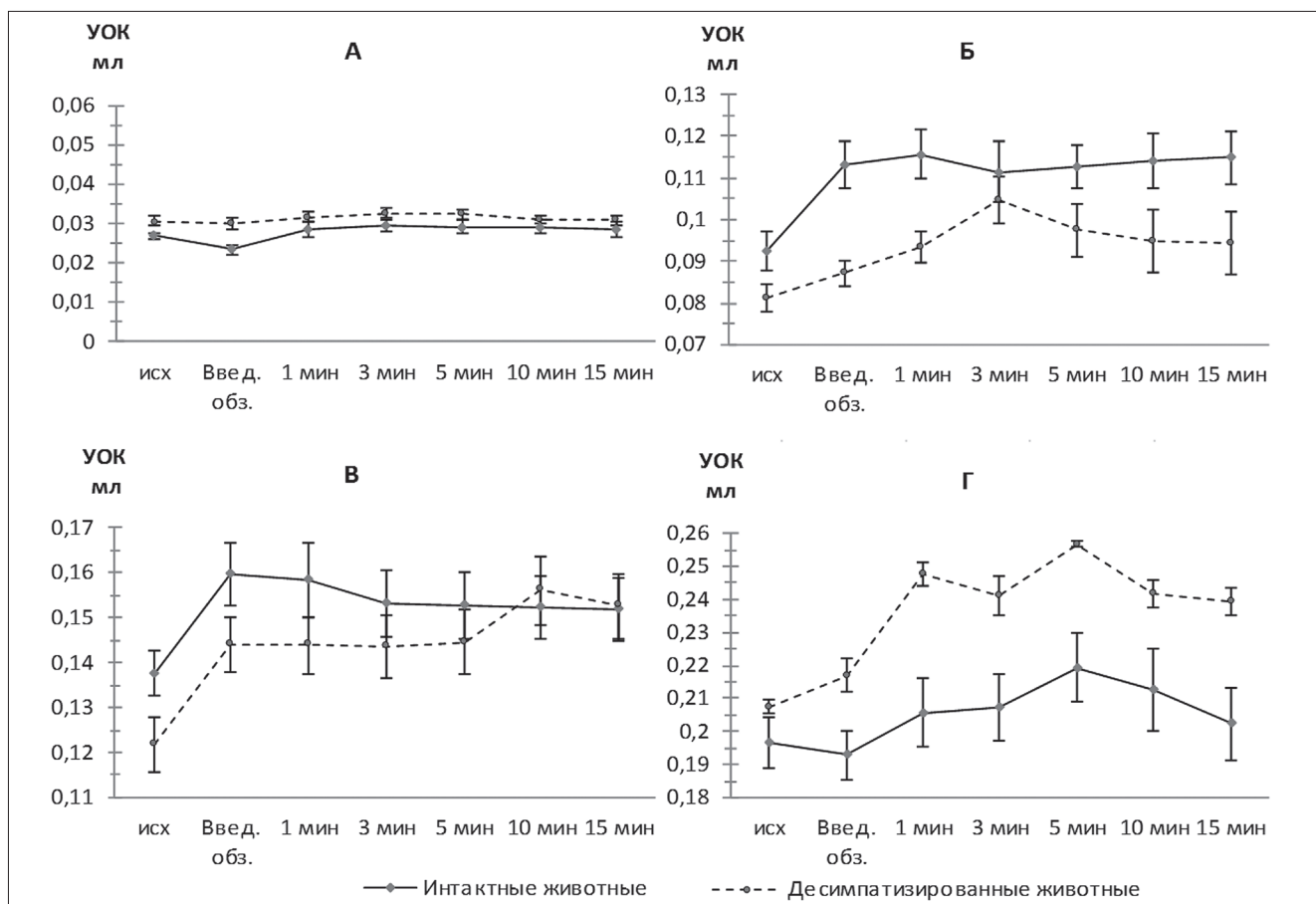
**Рисунок 2 – Реакция частоты сердечных сокращений (уд/мин) ( $M \pm m$ ) у 14-дневных (А), 28-дневных (Б), 56-дневных (В) и взрослых крыс (Г) при введении неселективного  $\beta$ -адреноблокатора обзидана**  
**Figure 2 – Response of heart rate (beats/min) ( $M \pm m$ ) in 14-day-old (A), 28-day-old (B), 56-day-old (V) and adult rats (G) after administration of the non-selective  $\beta$ -adrenergic receptor blocker obzidan**

Введение блокатора  $\beta$ -адренорецепторов обзидана на фоне двусторонней ваготомии у 28-дневных крысят контрольной группы на 15-й минуте приводит к достоверному урежению ЧСС с  $416 \pm 10,6$  до  $314 \pm 7,9$  уд/мин ( $p < 0,001$ ) (рисунок 2Б), при этом наблюдается повышение УОК, и в конце эксперимента его значение равняется  $0,115 \pm 0,006$  мл, что выше исходного показателя на 24,3% ( $p < 0,001$ ). У десимпатизированных животных данное оперативное вмешательство также приводит к 15-й минуте к постепенному достоверному урежению ЧСС с  $463 \pm 4,2$  до  $355 \pm 4,2$  уд/мин ( $p < 0,001$ ), при этом наблюдается повышение УОК, и в конце эксперимента его значение составляет  $0,094 \pm 0,008$  мл, что достоверно выше исходного показателя на 16,4% (рисунок 3Б).

После введения обзидана у 42-дневных интактных крыс к 15-й минуте наблюдается снижение ЧСС на 24,2% ( $p < 0,001$ ), ее значение составляет  $336 \pm 8,3$  уд/мин, а УОК сразу после введения

резко повышается на 29% ( $p < 0,01$ ) и равняется  $0,138 \pm 0,013$  мл. В дальнейшем к 15-й минуте регистрации происходит некоторое его снижение, но полного восстановления не наблюдается. После введения обзидана у 42-дневных крыс экспериментальной группы наблюдается достоверное урежение ЧСС, которое сопровождается достоверным увеличением УОК. К концу эксперимента ЧСС снижается на 31,6% ( $p < 0,001$ ), а УОК увеличивается на 25,1% ( $p < 0,01$ ).

После внутривенной инъекции обзидана у 56-дневных контрольных животных происходит достоверное урежение ЧСС на 16% ( $p < 0,001$ ) (рисунок 2В) и повышение УОК с  $0,137 \pm 0,005$  до  $0,159 \pm 0,007$  мл ( $p < 0,001$ ) с последующим некоторым снижением к 15-й минуте. У 56-дневных десимпатизированных животных после введения обзидана происходит к 15-й минуте достоверное урежение ЧСС до  $349 \pm 8,6$ , что на 21,3% ( $p < 0,001$ ) ниже исходного значения. После введения обзидана в



**Рисунок 3 – Реакция ударного объема крови (мл) ( $M \pm m$ ) у 14-дневных (А), 28-дневных (Б), 56-дневных (В) и взрослых крыс (Г) при введении неселективного  $\beta$ -адреноблокатора обзидана**  
**Figure 3 – Stroke volume response (ml) ( $M \pm m$ ) in 14-day-old (A), 28-day-old (Б), 56-day-old (В) and adult rats (Г) after administration of the non-selective  $\beta$ -adrenergic receptor blocker obzidan**

течение всего эксперимента наблюдается постепенное повышение УОК с  $0,122 \pm 0,006$  до  $0,152 \pm 0,007$  мл ( $p < 0,001$ ) (рисунок 3В).

У 70-дневных крыс контрольной группы внутривенное введение обзидана вызывает к 15-й минуте достоверное снижение ЧСС с  $419 \pm 9,8$  до  $346 \pm 8,9$  уд/мин ( $p < 0,001$ ) и постепенное повышение УОК с  $0,170 \pm 0,003$  до  $0,200 \pm 0,007$  мл ( $p < 0,001$ ). У крыс экспериментальной группы внутривенное введение обзидана вызывает к 15-й минуте достоверное снижение ЧСС с  $403 \pm 5,4$  до  $313 \pm 6,9$  уд/мин ( $p < 0,001$ ) и повышение УОК с  $0,125 \pm 0,003$  до  $0,141 \pm 0,005$  мл ( $p < 0,01$ ).

Введение блокатора  $\beta$ -адренорецепторов обзидана на фоне двусторонней ваготомии у взрослых 120-дневных крыс вызывает к 15-й минуте постепенное урежение ЧСС на 21,1% ( $p < 0,001$ ), ее значение составляет  $275 \pm 6,0$  уд/мин (рисунок 2Г). После введения обзидана УОК повышается к 5-й минуте до  $0,219 \pm 0,011$  мл, что выше исходного показателя на 11,6% ( $p < 0,05$ ),

с последующим некоторым снижением к концу эксперимента. Внутривенное введение блокатора  $\beta$ -адренорецепторов обзидана на фоне двусторонней ваготомии у взрослых 120-дневных десимпатизированных крыс вызывает к 15-й минуте постепенное урежение ЧСС на 20,8% ( $p < 0,001$ ), а УОК после введения обзидана повышается к 5-й минуте на 23,7% ( $p < 0,001$ ) (рисунок 3Г) с последующим некоторым снижением к концу эксперимента.

Таким образом, введение неспецифического блокатора  $\beta$ -адренорецепторов обзидана на фоне перерезанных БН у всех исследуемых групп животных вызывает достоверное снижение ЧСС, свидетельствуя о важном значении этих рецепторов в регуляции деятельности сердца. Более выраженное урежение ЧСС на введение препарата наблюдается у крыс молочного периода развития, что, вероятно, связано с повышенной чувствительностью  $\beta$ -адренорецепторов растущих крысят.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сравнительный анализ реакции показателей деятельности сердца контрольных и десимпатизированных животных на введение неселективного блокатора  $\beta$ -адренорецепторов обзидана на фоне перерезанных БН показал, что выраженная положительная реакция УОК на введение обзидана

у обеих исследуемых групп животных проявляется с 3-недельного возраста, что демонстрирует формирование у крыс в данном возрасте внутрисердечных механизмов, регулирующих инотропную функцию сердца. У интактных животных в отличие от десимпатизированных реакция сердца на обзидан с возрастом уменьшается.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гиззатуллин, А. Р. Взаимоотношения симпатических и парасимпатических нервов сердца в онтогенезе / А. Р. Гиззатуллин, Р. Р. Миннахметов, Ф. Г. Ситдилов // Адаптация развивающегося организма. Материалы XIV Международной научной конференции, посвященной 80-летию Заслуженного деятеля науки РФ и РТ Ситдилова Фарита Габдулхаковича. – 2018. – С. 44-45.
2. Гиззатуллин, А. Р. Взаимоотношения экстракардиальных нервов сердца в онтогенезе / А. Р. Гиззатуллин, Р. Р. Миннахметов, Ф. Г. Ситдилов // Механизмы функционирования нервной, эндокринной и висцеральных систем в процессе онтогенеза : материалы Международной научной конференции, посвященной 75-летию Адыгейского государственного университета. – 2015. – С. 127-131.
3. Емануйлов, А. И. Симпатическая иннервация сердца в раннем постнатальном онтогенезе / А. И. Емануйлов, П. М. Маслюков, А. Д. Ноздрачев // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2019. – Т. 105, № 9. – С. 1133-1141.
4. Зефилов, Т. Л. Особенности влияния стимуляции  $\alpha$ 1-адренорецепторов на изолированное сердце крыс / Т. Л. Зефилов, И. И. Хабибрахманов, Н. И. Зиятдинова, А. Л. Зефилов // Бюл. exper. биол. – 2016. – Т. 162, № 2. – С. 7-10.
5. Одношвикина, Ю. Г. Механизм опосредуемой  $\beta$ 2-адренорецепторами медленно развивающейся положительной инотропной реакции предсердий мыши / Ю. Г. Одношвикина, А. М. Петров, А. Л. Зефилов // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2011. – Т. 97(11). – С. 1223-1236.
6. Родионов, И. М. Иммунологическая и химическая десимпатизация / И. М. Родионов, В. Н. Ярыгин, А. А. Мухаммедов. – М. : Наука, 1988. – 150 с.
7. Ситдилов, Ф. Г. Экстракардиальные нервы в онтогенезе / Ф. Г. Ситдилов, А. Р. Гиззатуллин, Р. Р. Миннахметов, Г. А. Билалова, Н. Б. Дикопольская // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2015. – № 4. – С. 75-77.
8. Тимофеева, О. П. Влияние блокады М-холинорецепторов на сердечную деятельность плодов крыс / О. П. Тимофеева, Н. Д. Вдовиченко // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2019. – Т. 167, № 4. – С. 417-423.
9. Chih-Chieh Hsu. Effects of Electrical Acupuncture on Acupoint BL15 Evaluated in Terms of Heart Rate Variability, Pulse Rate Variability and Skin Conductance Response / Ching-Sung Weng, Te-Sheng Liu, Yuh-Show Tsai and Yung-Hsien Chang // The American Journal of Chinese Medicine. – 2006. – Vol. 34, No. 1. – P. 23-36.
10. Chin, S. H. Effects of sympatho-vagal interaction on ventricular electrophysiology and their modulation during beta-blockade / S. H. Chin, E. Allen, K. E. Brack, G. A. Ng // Journal of Molecular and Cellular Cardiology. – 2020. – Vol. 139. – P. 201-212.
11. Faskhutdinov, L. I. Formation of tonic effects of the autonomic nervous system parts on the developing heart / L. I. Faskhutdinov, R. R. Minnakhmetov, A. R. Gizzatullin, F. G. Sitdikov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. – Vol. 6. № 6. – P. 1534-1539.
12. Galenko-Yaroshevsky, P. A. Role of indole derivative ss-68 in increasing the frequency range of cardiac rhythm control (reflex stimulation of the sinoatrial node) / P. A. Galenko-Yaroshevsky, A. A. Nechepurenko, T. G. Pokrovskaya, N. L. Shimonovsky, A. S. Dukhanin, K. F. Suzdalev, P. D. Maslova, N. M. Makhnova, V. V. Shneivais, V. G. Abushkevich, A. V. Zelenskaya, V. V. Seletskaya, S. K. Ahedzhak-Naguse, K. G. Korotkov // Research Results in Pharmacology. – 2021. – Vol. 7, № 3. – P. 73-81.
13. Gao X., Yang L., Li Q., An Y., Liao S., Gao H., Zhao X., Bian L., Zheng X. Investigation on temperature-induced conformational change of immobilized  $\beta$ 2 adrenergic receptor. Biochem. phys. Res. Commun. – 2017. – No. 494 (3-4). – P. 634-640.
14. Gauthier C. Interspecies differences in the cardiac negative inotropic effects of beta3-adrenoceptor agonists / C. Gauthier, G. Tavernier, J. Trochu, V. Leblais, K. Laurent, D. Langin, D. Escande, H. Le Marec // J. Pharmacol. Exp. Ther. – 1999. – Vol. 290, № 2. – P. 687-693.
15. Gizzatullin, A. R. Interrelation between sympathetic and parasympathetic cardiac nerves within ontogenesis / A. R. Gizzatullin, R. R. Minnakhmetov, G. F. Sitdikova, F. G. Sitdikov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. – Т. 6, № 4. – P. 134-140.
16. Gu, Q. Epinephrine enhances the sensitivity of rat vagal chemosensitive neurons: role of beta3-adrenoceptor / Q. Gu, Y. Lin, L. Lee // J. Appl. Physiol. – 2007. – Vol. 102, № 4. – P. 1545-1555.
17. Kong, Y. Effects of beta3-adrenergic receptors agonist on beating rate and cAMP levels in cultured cardiomyocytes of rats / Y. Kong, W. Li, Y. Tian // Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi. – 2003. – Vol. 19, № 2. – P. 109-113.
18. Napp, A. Effects of the beta3-adrenergic agonist BRL 37344 on endothelial nitric oxide synthase phosphorylation and force of contraction in human failing myocardium / A. Napp, K. Brixius, C. Pott, C. Ziskoven, B. Boelck, U. Mehlhorn, R. Schwinger, W. Bloch // J. Card. Fail. – 2009. – Vol. 15, № 1. – P. 57-67.
19. Trapanese, D. Chronic  $\beta$ 1-adrenergic blockade enhances myocardial  $\beta$ 3-adrenergic coupling with nitric

oxide-cGMP signaling in a canine model of chronic volume overload: new insight into mechanisms of cardiac benefit with selective  $\beta$ 1-blocker therapy / D. Trappanese, Y. Liu, R. McCormick, A. Cannavo et al. // *Basic Res Cardiol.* – 2015. – Vol. 110, № 3. – P. 456.

## REFERENCES

- Gizatullin A.R., Minnakhmetov R.R., Sitdikov F.G. [The relationship of sympathetic and parasympathetic nerves of the heart in ontogenesis]. Adaptation of a developing organism. Materials of the XIV International Scientific Conference dedicated to the 80th anniversary of the Honored Scientist of the Russian Federation and the Republic of Tatarstan Sitdikov Farit Gabdulkhakovich, 2018. pp. 44-45 (in Russ.).
- Gizatullin A.R., Minnakhmetov R.R., Sitdikov F.G. [Relationships of the extracardiac nerves of the heart in ontogenesis]. Mechanisms of functioning of the nervous, endocrine and visceral systems in the process of ontogenesis. Materials of the International scientific conference dedicated to the 75th anniversary of the Adyge State University, 2015. – pp. 127-131 (in Russ.).
- Emanuilov A.I., Maslyukov P.M., Nozdrachev A.D. [Sympathetic innervation of the heart in early postnatal ontogenesis]. *I.M. Sechenov Russian Journal of Physiology*, 2019. Vol.105. No.9, pp. 1133-1141 (in Russ.).
- Zefirov T.L., Khabibrakhmanov I.I., Ziyatdinova N.I., Zefirov A.L. [Features of the effect of stimulation of  $\alpha$ 1-adrenergic receptors on the isolated heart of rats]. *Bulletin expert biology*, 2016. Vol.162. No.2, pp. 7-10 (in Russ.).
- Odnoshivkina Yu.G., Petrov A.M., Zefirov A.L. [Mechanism of  $\beta$ 2-adrenergic receptor-mediated slowly developing positive inotropic response of mouse atrial]. *I.M. Sechenov Russian Journal of Physiology*, 2011. Vol.97(11), pp. 1223-1236 (in Russ.).
- Rodionov I.M., Yarygin V.N., Mukhammedov A.A. [Immunological and chemical sympathectomy]. Moscow, House Nauka Publ. – 1988. – 150 p.
- Sitdikov F.G., Gizatullin A.R., Minnakhmetov R.R., Bilalova G.A., Dikopolskaya N.B. [Extracardiac nerves in ontogenesis]. *Biomedical radioelectronics*, 2015. No.4, pp. 75-77 (in Russ.).
- Timofeeva O.P., Vdovichenko N.D. [Influence of the blockade of M-cholinergic receptors on the cardiac activity of rat fetuses]. *Bulletin of experimental biology and medicine*, 2019. Vol.167. No.4, pp. 417-423 (in Russ.).
- Chih-Chieh Hsu, Ching-Sung Weng, Te-Sheng Liu, Yuh-Show Tsai and Yung-Hsien Chang. Effects of Electrical Acupuncture on Acupoint BL15 Evaluated in Terms of Heart Rate Variability, Pulse Rate Variability and Skin Conductance Response. *The American Journal of Chinese Medicine*, 2006. Vol.34. No.1, pp. 23-36.
- Chin S.H., Allen E., Brack K.E., Ng G.A. Effects of sympatho-vagal interaction on ventricular electrophysiology and their modulation during beta-blockade. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, 2020. Vol.139, pp. 201-212.
- Faskhutdinov L.I., Minnakhmetov R.R., Gizatullin A.R., Sitdikov F.G. Formation of tonic effects of the autonomic nervous system parts on the developing heart. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2015. Vol.6. No.6, pp. 1534-1539.
- Galenko-Yaroshevsky P.A., Nechepurenko A.A., Pokrovskaya T.G., Shimonovsky N.L., Dukhanin A.S., Suzdalev K.F., Maslova P.D., Makhnova N.M., Shneivais V.V., Abushkevich V.G., Zelenskaya A.V., Seletskaya V.V., Ahedzhak-Naguse S.K., Korotkov K.G. Role of indole derivative ss-68 in increasing the frequency range of cardiac rhythm control (reflex stimulation of the sinoatrial node). *Research Results in Pharmacology*, 2021. Vol.7. No.3, pp. 73-81.
- Gao X., Yang L., Li Q., An Y., Liao S., Gao H., Zhao X., Bian L., Zheng X. Investigation on temperature-induced conformational change of immobilized  $\beta$ 2 adrenergic receptor. *Biochem. phys. Res. Commun*, 2017. Vol.494 (3-4), pp. 634-640.
- Gauthier C., Tavernier G., Trochu J., Leblais V., Laurent K., Langin D., Escande D., Marec H. Le Interspecies differences in the cardiac negative inotropic effects of beta3-adrenoceptor agonists. *J. Pharmacol Exp. Ther*, 1999. Vol.290. No.2, pp. 687-693.
- Gizatullin A.R., Minnakhmetov R.R., Sitdikova G.F., Sitdikov F.G. Interrelation between sympathetic and parasympathetic cardiac nerves within ontogenesis. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2015. Vol.6. No.4, pp. 134-140.
- Gu Q., Lin Y., Lee L. Epinephrine enhances the sensitivity of rat vagal chemosensitive neurons: role of beta3-adrenoceptor. *J. Appl. Physiol*, 2007. Vol.102. No.4, pp. 1545-1555.
- Kong Y., Li W., Tian Y. Effects of beta3-adrenergic receptors agonist on beating rate and cAMP levels in cultured cardiomyocytes of rats. *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi*, 2003. Vol.19. No.2, pp. 109-113.
- Napp A., Brixius K., Pott C., Ziskoven C., Boelck B., Mehlhorn U., Schwinger R., Bloch W. Effects of the beta3-adrenergic agonist BRL 37344 on endothelial nitric oxide synthase phosphorylation and force of contraction in human failing myocardium. *J. Card. Fail*, 2009. Vol.15. No.1, pp. 57-67.
- Trappanese D., Liu Y., McCormick R., Cannavo A. et al. Chronic  $\beta$ 1-adrenergic blockade enhances myocardial  $\beta$ 3-adrenergic coupling with nitric oxide-cGMP signaling in a canine model of chronic volume overload: new insight into mechanisms of cardiac benefit with selective  $\beta$ 1-blocker therapy. *Basic Res Cardiol*, 2015. Vol.110. No.3, P. 456.
- Ziskoven C., Grafweg S., Bülck B., Wiesner R., Jimenez M., Giacobino J., Bloch W., Schwinger R., Brixius K. Increased  $\text{Ca}^{2+}$  sensitivity and protein expression of SERCA 2a in situations of chronic beta3-adrenoceptor deficiency. *Pflugers Arch*, 2007. Vol.453. No.4, pp. 443-453.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

Гиззатуллин Алмаз Рафаилович (Gizatullin Almaz Rafailovich) – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии человека и животных; Институт фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета; 420021, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 76; e-mail: almaz-giz@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-7725-3503.

Миннахметов Рустем Рафикович (Minnakhmetov Rustem Rafikovich) – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры медико-биологических дисциплин; Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 420010, Республика Татарстан, г. Казань, Деревня Универсиады, 35. e-mail: minnakhmetov@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-4651-4093.

Сорокина Дина Марселевна (Sorokina Dina Marselevna) – ассистент кафедры физиологии человека и животных; Институт фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета; 420021, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 76; e-mail: dinagabita@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2114-6880.

Ситдииков Фарит Габдулхакович (Sitdikov Farit Gabdulkhakovich) – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры охраны здоровья человека; Институт фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета; 420021, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 76; e-mail: kafanatmk@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0041-4049.

Поступила в редакцию 26 марта 2023 г.

Принята к публикации 17 апреля 2023 г.

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Гиззатуллин, А.Р. Роль бета-адренорецепторов в регуляции сердечной деятельности у интактных и десимпатизированных растущих крыс / А.Р. Гиззатуллин, Р.Р. Миннахметов, Д.М. Сорокина, Ф.Г. Ситдииков // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11, № 2 – С. 24-32. DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-2-24-32

**FOR CITATION**

Gizatullin A.R., Minnakhmetov R.R., Sorokina D.M., Sitdikov F.G. The role of beta-adrenergic receptors in the regulation of cardiac activity in intact and sympathectomized growing rats. Science and sport: current trends, 2023, vol. 11, no. 2. – pp. 24-32. DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-2-24-32