

ДИНАМИКА МОЗГОВОГО НАТРИЙУРЕТИЧЕСКОГО ПЕПТИДА И КОРТИКОСТЕРОНА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ НА ФОНЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Т. И. Джандарова¹✉, М. О. Табунщикова², С. И. Кубанов¹, Д. А. Доменюк²

¹ Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

² Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь, Россия

Умеренные физические нагрузки не только оказывают положительное влияние на общее состояние организма, но и могут выступать в качестве вполне доступного профилактического средства для сохранения здоровья, в частности, сердечно-сосудистой системы. Целью исследования было оценить адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы при хронической сердечной недостаточности на фоне умеренных физических нагрузок в разных возрастных категориях. Умеренные физические нагрузки создавали у крыс в возрасте 6 и 19 месяцев принудительным плаванием в ванне с водой температурой 32–34 °С. На фоне тренировок хроническую сердечную недостаточность вызывали путем внутривентрикулярного введения антрациклинового антибиотика доксорубин в кумулятивной дозе 15 мг/кг, разделенной на шесть инъекций в течение 14 дней. У всех крыс на протяжении эксперимента через каждые семь дней определяли в сыворотке крови содержание мозгового натрийуретического пептида и кортикостерона иммуноферментным методом. Установлено, что при хронической сердечной недостаточности на фоне проводимых умеренных нагрузок адаптация миокарда значимо выше в обеих возрастных группах. Наиболее ярко она проявляется у стареющих крыс, о чем свидетельствует динамика содержания натрийуретического пептида в сыворотке крови на протяжении всего эксперимента. Как у крыс репродуктивного периода, так и у стареющих крыс адаптационные возможности организма при возникновении нарушений сердечной деятельности на фоне умеренных физических нагрузок оказываются выше, чем в условиях отсутствия тренировок.

Ключевые слова: физические нагрузки, хроническая сердечная недостаточность, мозговой натрийуретический пептид, кортикостерон

Вклад авторов: Т. И. Джандарова — дизайн и проведение эксперимента, материальная база, редактирование и анализ данных; М. О. Табунщикова — работа с животными и проведение иммуноферментного анализа, статистическая обработка и анализ данных; С. И. Кубанов — дизайн и анализ данных; Д. А. Доменюк — материальная база исследования.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Ставропольский государственный медицинский университет Минздрава России (протокол № 100 от 17 июня 2021 г.), проведено в соответствии с требованиями Приказа МЗ и СР РФ №708н от 23.08.2010 «Об утверждении правил лабораторной практики», требованиями Приказа МЗ СССР № 742 от 13.11.1984 «Об утверждении правил проведения работ с использованием экспериментальных животных» и № 48 от 23.01.1985 «О контроле за проведением работ с использованием экспериментальных животных».

✉ **Для корреспонденции:** Тамара Исмаиловна Джандарова
проезд Молодежный, д. 17, г. Ставрополь, Россия; djandarova@yandex.ru

Статья получена: 07.08.2025 **Статья принята к печати:** 21.08.2025 **Опубликована онлайн:** 23.08.2025

DOI: 10.24075/vrgmu.2025.039

Авторские права: © 2025 принадлежат авторам. **Лицензиат:** РНИМУ им. Н. И. Пирогова. Статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

BRAIN NATRIURETIC PEPTIDE AND CORTICOSTERONE DYNAMICS IN EXPERIMENTAL CHRONIC HEART FAILURE DURING PHYSICAL ACTIVITY

Dzhandarova TI¹✉, Tabunshchikova MO², Kubanov SI¹, Domenyuk DA²

¹ North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

² Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia

Moderate exercise not only has a positive impact on overall health, but also can serve as a rather accessible preventive measure for maintaining health, particularly the cardiovascular system health. The study aimed to assess the cardiovascular system adaptive capacity in chronic heart failure with moderate exercise in different age groups. Moderate exercise was induced in 6- and 19-month-old rats by forced swimming in a water bath at 32–34°C. During training, chronic heart failure was induced by intraperitoneal administration of the anthracycline antibiotic doxorubicin (Teva) at a cumulative dose of 15 mg/kg, divided into 6 injections over 14 days. Serum levels of brain natriuretic peptide and corticosterone were determined by ELISA every seven days throughout the experiment in all rats. It was found that with chronic heart failure and moderate exercise, myocardial adaptation was significantly higher in both age groups. It was most pronounced in aging rats, as evidenced by the dynamic changes of serum natriuretic peptide levels throughout the experiment. In both fertile-age and aging rats, the body's adaptive capacity in the event of cardiac dysfunction with moderate exercise is higher than in the absence of training.

Keywords: physical exercise, chronic heart failure, brain natriuretic peptide, corticosterone

Author contribution: Dzhandarova TI — experimental design and procedure, material resources, editing and data analysis; Tabunshchikova MO — animal handling and enzyme-linked immunoassay, statistical processing and data analysis; Kubanov SI — design and data analysis; Domenyuk DA — material resources for the study.

Compliance with ethical standards: the study was approved by the Ethics Committee of the Stavropol State Medical University (protocol No. 100 dated 17 June 2021) and conducted in accordance with the requirements of the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 708n of 23.08.2010 “On approval of principles of laboratory practice”, Orders of the Ministry of Health of the USSR No. 742 of 13.11.1984 “On approval of the experimental animal handling principles” and No. 48 of 23.01.1985 “On regulation of the use of experimental animals”.

✉ **Correspondence should be addressed:** Tamara I. Dzhandarova
proezd Molodezhnyj, 17, Stavropol, Russia; djandarova@yandex.ru

Received: 07.08.2025 **Accepted:** 21.08.2025 **Published online:** 23.08.2025

DOI: 10.24075/brsmu.2025.039

Copyright: © 2025 by the authors. **Licensee:** Pirogov University. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Как известно, физические нагрузки оказывают положительное влияние на общее состояние организма и могут выступить в качестве вполне доступного профилактического средства для сохранения здоровья, в частности сердечно-сосудистой системы.

В ряде работ показана эффективность реабилитационных программ с включением физических нагрузок на основе динамики мозгового натрийуретического пептида у здоровых людей. При этом на фоне уже существующих сердечно-сосудистых заболеваний физические нагрузки вызывают выраженное повышение уровня мозгового натрийуретического пептида, что может быть связано с усугублением симптомов [1, 2]. Кроме того, физические нагрузки также рекомендуют как преадресацию для пациентов, которым предстоит хирургическое вмешательство на сердце и сосуды для улучшения его функциональных возможностей [3].

В то же время в настоящее время нет единого мнения о том, какие упражнения и как долго нужно выполнять, чтобы улучшить состояние сердечной деятельности [4], а механизмы влияния физических нагрузок разной интенсивности на сердечно-сосудистую систему на сегодняшний день остаются недостаточно изученными [5–7], особенно у людей в пожилом возрасте.

Возрастные изменения при естественном старении организма наряду с другими признаками сопровождаются также существенными сдвигами в нейрогормональной регуляции сердечно-сосудистой системы, в частности, появляются значительные функциональные изменения в гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системе. Возникающие нейрогормональные дисрегуляции сердечно-сосудистой системы обусловлены увеличением базальных уровней адренокортикотропного гормона (АКТГ) и кортизола, также происходит неадекватное повышение уровней этих гормонов при физическом стрессе. Эти изменения обуславливают непосредственное увеличение риска развития сердечно-сосудистых заболеваний даже на фоне непродолжительной терапии низкими дозами глюкокортикоидов, что отражается на дальнейшей жизни, прогнозе и исходах основного заболевания. Увеличение уровня этих гормонов создает более высокие риски сердечно-сосудистых событий, таких как инфаркт миокарда, инсульт, ишемическая болезнь сердца и хроническая сердечная недостаточность [8, 9]. Несомненно, что любые процессы в организме, приводящие к изменениям в сердечно-сосудистой системе, активируют эндокринную функцию миокарда. Кардиомиоциты в предсердиях вырабатывают натрийуретические пептиды, известные как предсердный натрийуретический фактор (или предсердный натрийуретический пептид) и мозговой натрийуретический пептид (или натрийуретический пептид В-типа). Натрийуретические пептиды обладают множеством физиологических эффектов и участвуют в многочисленных патофизиологических процессах. Кроме того, уровни натрийуретических пептидов в плазме крови, в частности мозгового натрийуретического пептида, являются мощными диагностическими и прогностическими биомаркерами заболеваний сердца [10–12].

Целью данной работы было оценить адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы при хронической сердечной недостаточности на фоне умеренных физических нагрузок в разных возрастных категориях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили на 72 крысах-самцах линии Вистар в возрасте 6 месяцев (репродуктивный период) и 19 месяцев (стареющие крысы). Животных содержали в условиях естественного освещения при температуре 20–22 °C и относительной влажности воздуха 60–70%, они имели свободный доступ к питьевой воде и стандартному для вивариев корму.

Животные каждого возрастного периода были разделены на четыре группы: в первую группу включили интактных крыс (контроль); во вторую — крыс, подвергавшихся умеренным физическим нагрузкам; в третью — крыс, которым моделировали хроническую сердечную недостаточность; в четвертую — крыс, которым моделировали хроническую сердечную недостаточность на фоне умеренных физических нагрузок.

Моделирование хронической сердечной недостаточности крысам проводили путем внутрибрюшинного введения кардиотоксичной дозы антрациклинового антибиотика доксорубицин (Teva) в кумулятивной дозе 15 мг/кг, разделенной на шесть инъекций в течение 14 дней [13].

В качестве контроля на внутрибрюшинное введение была группа животных, которым вводили внутрибрюшинно физиологический раствор. При сравнении и анализе полученных данных с показателями у контрольных интактных животных достоверно значимых различий не выявлено. Поэтому в работе данные экспериментальных животных сравнивали с показателями интактных контрольных животных.

Умеренные физические нагрузки моделировали принудительным плаванием животных в ванне с водой температурой 32–34 °C. Тренировки проводили ежедневно пять дней в неделю на протяжении трех недель. Цикл включал в себя 15 дней с сеансами тренировок. Первый сеанс тренировки длился 2 мин; длительность каждого последующего сеанса до 21-го дня увеличивали на 4 мин. В эксперимент животных брали через 1, 2 и 3 недели в процессе тренировок. У всех крыс под ингаляционным эфирным наркозом из хвостовой вены отбирали 1 мл крови в пробирки с активатором свертывания в соответствующие сроки исследования. Центрифугировали при 3000 об./мин в течение 15 мин, затем отбирали и хранили при –35 °C.

Для определения мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) применяли «sandwich»-вариант иммуноферментного анализа с набором реагентов «NTBNP- ИФА- БЕСТ», а кортикостерона — набор реагентов DRG («ДРГ ИНСТРУМЕНТ, Г.М.Б.Х.», Германия). Оптическую плотность исследуемых гормонов измеряли на спектрофотометре планшетном, с кюветным блоком, в комплекте с ПО и планшетом μ Drop, Thermo для анализа в микрообъеме (Multiskan SkyHigh, США). Уровень достоверности различий изучаемых показателей определяли с помощью *t*-критерия Стьюдента в соответствии с нормальным распределением вариационных рядов. Нормальность распределения определяли с помощью критерия Шапиро–Уилка. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

У крыс репродуктивного периода в первые две недели тренировок содержание мозгового натрийуретического пептида в сыворотке крови не имело достоверных различий по сравнению как с их исходными данными,

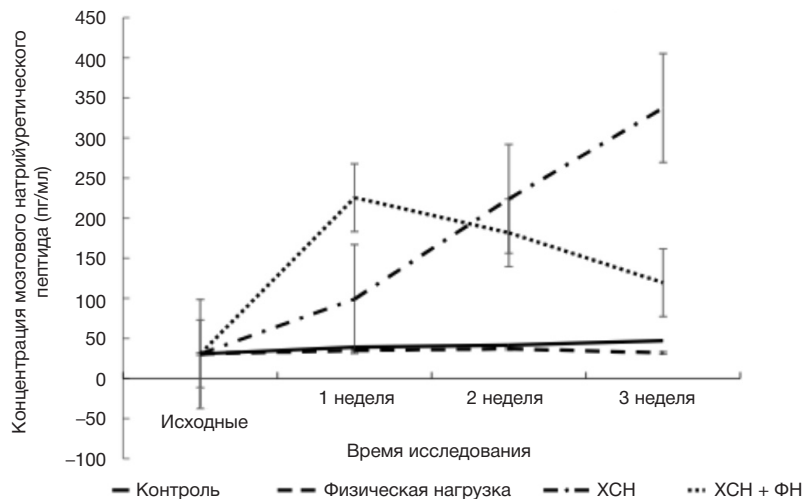


Рис. 1. Концентрация мозгового натрийуретического пептида в сыворотке крови у крыс в возрасте 6 месяцев

так и с показателями у крыс контрольной группы. В процессе адаптации к выполняемым тренировкам у этих животных происходило достоверное снижение его уровня в сыворотке крови по сравнению с данными у крыс контрольной группы (рис. 1).

В группе крыс этого же возрастного периода, которым моделировали хроническую сердечную недостаточность, наблюдались существенно высокие значения уровня мозгового натрийуретического пептида в сыворотке крови на протяжении всего эксперимента по сравнению как с исходными показателями, так и с данными у крыс контрольной группы (рис. 1).

При моделировании хронической сердечной недостаточности на фоне умеренных физических нагрузок выявлено достоверно высокое содержание мозгового натрийуретического пептида в сыворотке крови на первой неделе тренировок, а в последующие недели тренировок его уровень достоверно снижался по сравнению с данными у крыс с хронической сердечной недостаточностью (рис. 1). Выявленные изменения позволяют считать, что на фоне умеренных физических нагрузок адаптация миокарда к возможным нарушениям сердечной деятельности значительно увеличивается.

В процессе адаптации к умеренным физическим нагрузкам у крыс репродуктивного периода выявлено достоверное снижение содержания кортикостерона

в сыворотке крови на второй и третьей неделях эксперимента относительно как исходных значений его уровня, так и значений у крыс контрольной группы (рис. 2). У крыс репродуктивного периода, у которых моделировали хроническую сердечную недостаточность, значения кортикостерона в сыворотке крови были достоверно высокими на начальном этапе эксперимента по сравнению как с исходными данными у этих же крыс, так и по сравнению с показателями у крыс контрольной группы. В дальнейшем у этих животных значительно снижались адаптационные процессы, о чем свидетельствует достоверно низкое содержание кортикостерона в сыворотке крови в конце третьей недели исследования (рис. 2).

При моделировании хронической сердечной недостаточности у крыс в репродуктивном периоде на фоне тренировок в начале эксперимента происходило достоверное увеличение уровня кортикостерона в сыворотке по сравнению с исходными показателями и с данными у крыс контрольной группы. В последующее время эксперимента происходило снижение его содержания в сыворотке крови до уровня показателей у крыс контрольной группы, а в конце третьей недели исследования уровень кортикостерона в сыворотке крови был достоверно ниже по сравнению с данными у крыс контрольной группы, но выше, чем у крыс с хронической сердечной недостаточностью (рис. 2). Следовательно, у

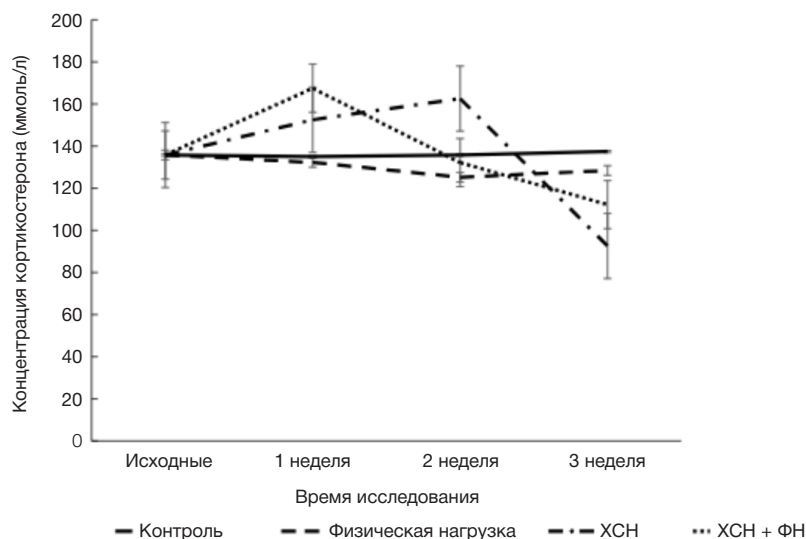


Рис. 2. Содержание кортикостероидов в сыворотке крови у крыс в возрасте 6 месяцев

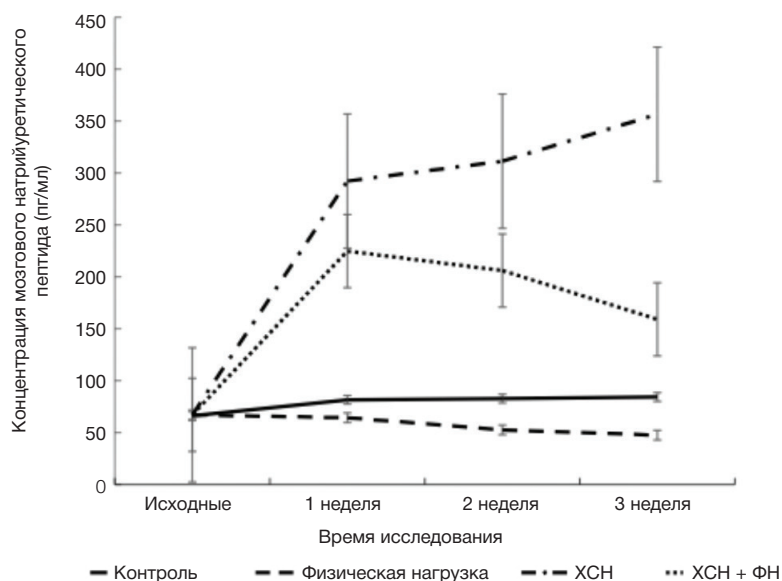


Рис. 3. Концентрация мозгового натрийуретического пептида в сыворотке крови у крыс в возрасте 19 месяцев

животных репродуктивного периода при возникновении нарушений сердечной деятельности на фоне умеренных физических нагрузок адаптационные возможности организма все же оказываются выше, чем в условиях отсутствия тренировок.

Как показывают далее результаты исследования, у крыс в период старения регулярные умеренные тренировки начиная с первой недели эксперимента способствовали достоверному снижению содержания мозгового натрийуретического пептида в сыворотке крови по сравнению как с их исходными данными, так и с показателями у крыс контрольной группы (рис. 3). Учитывая возрастное повышение данного пептида у стареющих крыс, можно считать, что умеренные физические нагрузки в условиях отсутствия нарушений в работе сердечно-сосудистой системы оказывают благоприятное воздействие на состояние миокарда.

В группе стареющих крыс, которым моделировали хроническую сердечную недостаточность наблюдалось существенное увеличение значений уровня мозгового натрийуретического пептида в сыворотке крови на протяжении всего эксперимента по сравнению с исходными показателями у этих же животных и с данными у крыс контрольной группы (рис. 3).

При моделировании хронической сердечной недостаточности на фоне умеренных физических нагрузок у стареющих крыс выявлено достоверно высокое содержание мозгового натрийуретического пептида в сыворотке крови по сравнению как с его исходными значениями, так и с данными у крыс контрольной группы. Однако после первой недели тренировок его уровень достоверно снижался по сравнению с данными у крыс с хронической сердечной недостаточностью (рис. 3). Выявленные изменения позволяют считать, что регулярные тренировки у стареющего организма улучшают сердечно-сосудистые функции и повышают эффективность работы сердца даже при возникновении нарушений сердечной деятельности.

В процессе адаптации к регулярным тренировкам у стареющих крыс выявлено умеренно достоверное повышение содержания кортикостерона в сыворотке крови на протяжении эксперимента по сравнению как с исходными значениями его уровня, так и с данными у крыс

контрольной группы (рис. 4). У стареющих крыс, которым моделировали хроническую сердечную недостаточность, значения кортикостерона в сыворотке крови были достоверно высокими на первой неделе эксперимента по сравнению как с исходными данными у этих крыс, так и по сравнению с показателями у крыс контрольной группы. В последующие недели эксперимента и, особенно, в конце третьей недели исследования у этих крыс значительно снижалось содержание кортикостерона в сыворотке крови, что указывает на снижение адаптационных процессов на фоне нарушения сердечной деятельности (рис. 4).

При моделировании хронической сердечной недостаточности у стареющих крыс на фоне тренировок в начале эксперимента происходило достоверное увеличение уровня кортикостерона в сыворотке по сравнению как с исходными показателями, так и с данными у крыс контрольной группы. В последующее время эксперимента вплоть до конца третьей недели происходило снижение его содержания в сыворотке крови до уровня показателей у крыс контрольной группы (рис. 4). Следовательно, у стареющих крыс при возникновении нарушений сердечной деятельности на фоне умеренных физических нагрузок адаптационные возможности организма оказываются выше, чем в условиях отсутствия тренировок.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как известно, с возрастом в организме происходят существенные изменения во всех системах, что приводит к ограничению возможности адаптироваться к факторам среды, к истощению энергетических ресурсов. При этом, несомненно, активируются патолого-физиологические механизмы, приводящие в конечном счете к развитию сердечно-сосудистых и других заболеваний. Все это способствует ограничению двигательной активности пожилого человека, что также может усугубить усиление деструктивных процессов в организме.

В настоящее время одним из широко используемых маркеров состояния сердечной деятельности является семейство сердечных гормонов, в частности мозговой натрийуретический пептид, уровень которого

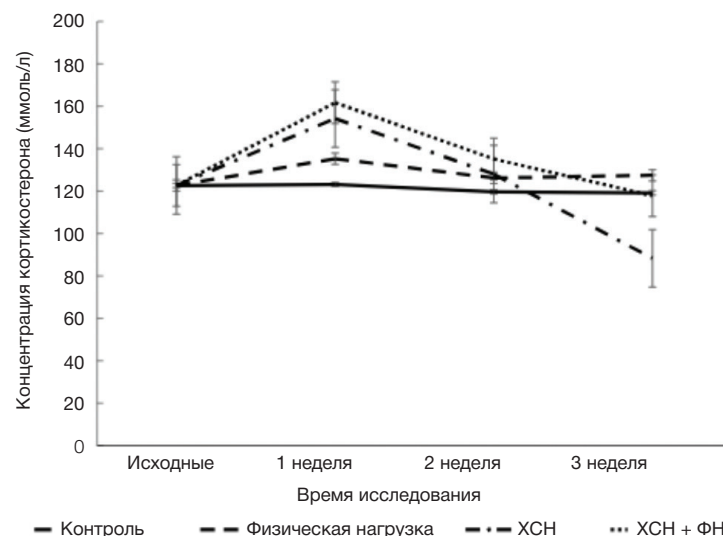


Рис. 4. Содержание кортикостероидов в сыворотке крови у крыс в возрасте 19 месяцев

повышается при растяжении стенок желудочков, вызванном перегрузкой или дисфункцией. Мозговой натрийуретический пептид выступает как важный биомаркер для диагностики и мониторинга сердечной недостаточности, поскольку увеличение его концентрации в крови у пациентов коррелирует со степенью тяжести сердечной недостаточности [1, 2, 10].

Как известно, сердечная недостаточность возникает из-за нарушений в структуре и функциях сердца, характеризуется задержкой воды и натрия, нарушением электролитного баланса и ухудшением функции почек. В наших ранее проведенных исследованиях также показано, что экспериментальная хроническая сердечная недостаточность приводила к прогрессивному увеличению содержания альдостерона, натрия и калия в сыворотке крови [14]. Действие же мозгового натрийуретического пептида направлено на уменьшение нагрузки на миокард через усиление диуреза, увеличение экскреции натрия. Повышение концентрации мозгового натрийуретического пептида в крови свидетельствует о снижении сократительной способности мышцы сердца и позволяет судить о сердечной недостаточности даже без использования эхокардиографии. Основным стимулом секреции натрийуретических пептидов являются повышение напряжения миокарда при увеличении давления или объема крови в левом желудочке сердца и механическое растяжение предсердий [15]. Глюкокортикоиды в свою очередь оказывают многофакторное воздействие на миокард за счет метаболических изменений, способствуют повышению давления, что является независимым фактором риска многих сердечно-сосудистых заболеваний [8].

Особенность нашего исследования в том, что мы моделировали умеренные физические нагрузки до появления каких-либо значимых нарушений в работе сердечно-сосудистой системы в репродуктивном периоде онтогенеза и в период старения организма. Установлено, что в обеих возрастных группах при адаптации к умеренным физическим нагрузкам происходило снижение уровня мозгового натрийуретического пептида в сыворотке крови. При создании модели хронической сердечной недостаточности на фоне проводимых умеренных нагрузок адаптация миокарда к возможным нарушениям сердечной деятельности значительно увеличивается в обеих возрастных группах, что особенно более ярко проявляется у стареющих крыс. При этом как у крыс репродуктивного

периода, так у стареющих крыс адаптационные возможности организма при возникновении нарушений сердечной деятельности на фоне умеренных физических нагрузок оказываются выше, чем в условиях отсутствия тренировок, о чем свидетельствует динамика содержания кортикостерона в сыворотке крови на протяжении всего эксперимента. Положительное влияние умеренных физических нагрузок на физиологические процессы в организме установлено и другими исследователями. В этих работах отмечается, что физическая активность — это источник веществ с терапевтическим действием, которые вырабатывает сам организм. Регулярная физическая активность благоприятно влияет на гомеостаз, функцию и взаимодействие тканей [5].

Однако длительные и тяжелые физические нагрузки могут неблагоприятным образом сказываться на состоянии кардиомиоцитов, о чем свидетельствует значимое повышение мозгового натрийуретического пептида, связывающего жирные кислоты, копептин, тропонин [16, 17]. Несомненно, физическая нагрузка оказывает многогранное воздействие на уровень мозгового натрийуретического пептида, которое зависит от интенсивности и продолжительности нагрузки, а также от исходного состояния сердечно-сосудистой системы [1]. Как видно и из наших исследований, регулярные умеренные физические нагрузки должны присутствовать в жизни с молодого возраста еще до наступления возрастных изменений в деятельности сердечно-сосудистой системы, что позволит улучшить качество жизни стареющего организма.

ВЫВОДЫ

Установлено, что при создании модели хронической сердечной недостаточности на фоне проводимых умеренных нагрузок адаптация миокарда к возможным нарушениям сердечной деятельности значительно увеличивается в обеих возрастных группах, что более ярко проявляется у стареющих крыс. Как у крыс репродуктивного периода, так у стареющих крыс адаптационные возможности организма при возникновении нарушений сердечной деятельности на фоне умеренных физических нагрузок оказываются выше, чем в условиях отсутствия тренировок, о чем свидетельствует динамика содержания кортикостерона в сыворотке крови на протяжении всего эксперимента.

Литература

1. Мештель А. В., Мирошников А. Б., Смоленский А. В. Влияние физической нагрузки на мозговой натрийуретический пептид при различных состояниях сердечно-сосудистой системы: обзор предметного поля. Медицинский алфавит. 2024; (16): 65–68. Доступно по ссылке: <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-16-65-68>.
2. Badiani S, van Zalen J, Althunayyan A, Al-Borikan S, Treibel T, Marshall A, et al. Natriuretic peptide release during exercise in patients with valvular heart disease: A systematic review. *Int J Clin Pract*. 2021; 75 (10): 14137. Available from: <https://doi.org/10.1111/ijcp.14137>.
3. Drudi LM, Tat J, Ades M, Mata J, Landry T, MacKenzie KS, et al. Preoperative Exercise Rehabilitation in Cardiac and Vascular Interventions. *Journal of Surgical Research*. 2019; 237: 3–11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.11.042>.
4. Alphonsus CS, Govender P, Rodseth RN, Biccard BM. The role of cardiac rehabilitation using exercise to decrease natriuretic peptide levels in non-surgical patients: a systematic review. *Perioper Med (Lond)*. 2019; 18: 8–14. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.11.042>.
5. Котовская Ю. В., Ткачёва О. Н., Рунихина Н. К., Лузина А. В. Физические нагрузки как средство профилактики сердечно-сосудистых заболеваний у пожилых пациентов. *Доктор.Ру*. 2019; 2 (157): 19–22. DOI: 10.31550/1727-2378-2019-157-2-19-22.
6. Никулин Ю. И. Влияние атлетической гимнастики на адаптацию сердечно-сосудистой системы студентов к физическим нагрузкам. Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2021; 1 (191): 271–4.
7. Байсеитова А. Б., Молдабеков Е. О., Аманбаева Г. Т. Влияние физических упражнений на сердечно-сосудистую систему. *Инновации. Наука. Образование*. 2022; 52: 900–8.
8. Джериева И. С., Волкова Н. И., Давиденко И. Ю., Решетников И. Б., Бровкина С. С. и др. Глюкокортикоидная терапия — фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний. *Медицинский вестник Юга России*. 2022; 13 (3): 93–106. Доступно по ссылке: <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2022-13-3-93-106>.
9. Кошарная Р. С., Белая Ж. Е., Мамедова Е. О. и др. Сердечная недостаточность при эндогенном гиперкортицизме: особенности диагностики и обратимость при достижении ремиссии заболевания. Эффективная фармакотерапия. 2023; 19 (55): 6–14. DOI 10.33978/2307-3586-2023-19-55-6-14.
10. Götz JP, Bruno BG, Ramos HR, et al. Cardiac natriuretic peptides. *Nat Rev Cardiol*. 2020; 17: 698–717. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41569-020-0381-0>.
11. Бугрова М. Л., Яковлева Е. И., Абросимов Д. А. Взаимосвязь интенсивности синтеза, накопления и секреции предсердного натрийуретического пептида кардиомиоцитов с уровнем регуляции сердечного ритма у крыс в условиях раннего постреперфузионного периода. *Современные технологии в медицине*. 2012; 3: 26–30.
12. Бугрова М. Л., Абросимов Д. А., Яковлева Е. И. Влияние Мексидола на мозговой натрийуретический пептид кардиомиоцитов в постреперфузионном периоде в эксперименте. *Современные технологии в медицине*. 2015; 7 (3): 40–46.
13. Казаченко А. А., Оковитый С. В., Куликов А. Н. и др. Экспериментальное моделирование хронической сердечной недостаточности. *Биомедицина*. 2013; 3: 41–48.
14. Джандарова Т. И., Табунщикова М. О., Кубанов С. И., Манвелян Э. А., Эбзеева Л. Х. Электролитный дисбаланс при нарушении деятельности сердечно-сосудистой системы и его профилактика. *Современные вопросы биомедицины*. 2024; 8 (27): 7–8.
15. Конторщикова К. Н. Клинико-информационная ценность новейших биомаркеров. *Ремедиум Приволжье*. 2015; 4 (134): 30–33.
16. Perrone MA, Macrini M, Maregnani A, et al. The effects of a 50 km ultramarathon race on high sensitivity cardiac troponin I and NT-proBNP in highly trained athletes [published online ahead of print, 2020 Jul 10]. *Minerva Cardioangiol*. 2020; 68 (4): 305–12. Available from: <https://doi.org/10.23736/S0026-4725.20.05281-0>.
17. Martnez-Navarro I, Sanchez-Gomez JM, Collado-Boira EJ, et al. Cardiac Damage Biomarkers and Heart Rate Variability Following a 118-Km Mountain Race: Relationship with Performance and Recovery. *J Sports Sci Med*. 2019; 18 (4): 615–22.

References

1. Meshtel AV, Miroshnikov AB, Smolenskij AV. Vlijanie fizicheskoj nagruzki na mozgovoj natrijoreticheskiy peptid pri razlichnyh sostojanijah serdechno-sosudistoj sistemy: obzor predmetnogo polja. *Medicinskij alfavit*. 2024; (16): 65–68. Available from: <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-16-65-68>.
2. Badiani S, van Zalen J, Althunayyan A, Al-Borikan S, Treibel T, Marshall A, et al. Natriuretic peptide release during exercise in patients with valvular heart disease: A systematic review. *Int J Clin Pract*. 2021; 75 (10): 14137. Available from: <https://doi.org/10.1111/ijcp.14137>.
3. Drudi LM, Tat J, Ades M, Mata J, Landry T, MacKenzie KS, et al. Preoperative Exercise Rehabilitation in Cardiac and Vascular Interventions. *Journal of Surgical Research*. 2019; 237: 3–11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.11.042>.
4. Alphonsus CS, Govender P, Rodseth RN, Biccard BM. The role of cardiac rehabilitation using exercise to decrease natriuretic peptide levels in non-surgical patients: a systematic review. *Perioper Med (Lond)*. 2019; 18: 8–14. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.11.042>.
5. Kotoskaja JuV, Tkachjova ON, Runihina NK, Luzina AV. Fizicheskie nagruzki kak sredstvo profilaktiki serdechno-sosudistyh zabolevanij u pozihilyh pacientov. *Doktor.Ru*. 2019; 2(157): 19–22. DOI: 10.31550/1727-2378-2019-157-2-19-22. Russian.
6. Nikulin JuI. Vlijanie atleticheskoy gimnastiki na adaptaciju serdechno-sosudistoj sistemy studentov k fizicheskim nagruzkam. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*. 2021; 1 (191): 271–4. Russian.
7. Bajseitova AB, Moldabekov EO, Amanbaeva GT. Vlijanie fizicheskikh uprazhnenij na serdechno sosudistuju sistemu. *Innovacii. Nauka. Obrazovanie*. 2022; 52: 900–8. Russian.
8. Dzhierieva IS, Volkova NI, Davidenko IJu, Reshetnikov IB, Brovkina SS, Avakova SM, Tishhenko JuV. Gljukokortikoidnaja terapija — faktor riska serdechno-sosudistyh zabolevanij. *Medicinskij vestnik Juga Rossii*. 2022; 13(3): 93–106. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2022-13-3-93-106>. Russian.
9. Kosharnaja RS, Belaja ZhE, Mamedova EO, i dr. Serdechnaja nedostatochnost' pri jendogenom giperkortizme: osobennosti diagnostiki i obratimost' pri dostizhenii remissii zabolevanija. *Jefferktivnaja farmakoterapija*. 2023; 19 (55): 6–14. DOI: 10.33978/2307-3586-2023-19-55-6-14.
10. Götz JP, Bruno BG, Ramos HR, et al. Cardiac natriuretic peptides. *Nat Rev Cardiol*. 2020; 17: 698–717. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41569-020-0381-0>.
11. Bugrova ML, Jakovleva EI, Abrosimov DA. Vzaimosvjaz' intensivnosti sinteza, nakoplenija i sekrecii predserdnogo natrijoreticheskogo peptida kardiomiocitov s urovnem regulacii serdechnogo ritma u krysv v uslovijah rannego postreperfuzyionnogo perioda. *Sovremennye tehnologii v medicine*. 2012; 3: 26–30. Russian.
12. Bugrova ML, Abrosimov DA, Jakovleva EI. Vlijanie Meksidola na mozgovoj natrijoreticheskiy peptid kardiomiocitov v postreperfuzyionnom periode v jeksperimente. *Sovremennye tehnologii v medicine*. 2015; 7 (3): 40–46. Russian.
13. Kazachenko AA, Okovityj SV, Kulikov AN, i dr. Jeksperimental'noe modelirovanie hronicheskoy serdechnoj nedostatochnosti. *Biomedicina*. 2013; 3: 41–48. Russian.
14. Dzhandarova TI, Tabunshhikova MO, Kubanov SI, Manveljan JeA, Jebzeeva LH. Jelektrolitnyj disbalans pri narushenii dejatel'nosti serdechno-sosudistoj sistemy i ego profilaktika. *Sovremennye*

- voprosy biomeditsiny. 2024; 8 (27): 7–8. Russian.
15. Kontorshhikova KN. Kliniko-informacionnaja cennost' novejshih biomarkerov. Remedium Privolzh'e. 2015; 4 (134): 30–33. Russian.
 16. Perrone MA, Macrini M, Maregnani A, et al. The effects of a 50 km ultramarathon race on high sensitivity cardiac troponin I and NT-proBNP in highly trained athletes [published online ahead of print, 2020 Jul 10]. Minerva Cardioangiol. 2020; 68 (4): 305–12. Available from: <https://doi.org/10.23736/S0026-4725.20.05281-0>.
 17. Martnez-Navarro I, Sanchez-Gomez JM, Collado-Boira EJ, et al. Cardiac Damage Biomarkers and Heart Rate Variability Following a 118-Km Mountain Race: Relationship with Performance and Recovery. J Sports Sci Med. 2019; 18 (4): 615–22.