

Отдел сравнительной кардиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

И. М. Рощевская, С. Л. Смирнова

Отдел сравнительной кардиологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук,
г. Сыктывкар

compcard@mail.ru
smirnova.sl@mail.ru

Аннотация

В статье описана история становления, развития, основные направления научной деятельности Отдела сравнительной кардиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Представлены наиболее яркие события и важнейшие достижения Отдела сравнительной кардиологии за последние годы.

Ключевые слова:

электрофизиология сердца, кардиоэлектротопография, эхокардиография, гистология, биоэпидансометрия, электрическая активность предсердий и желудочков

Лаборатория сравнительной кардиологии в Коми филиале АН СССР была организована академиком РАН М. П. Рощевским в 1971 г. и занималась проведением сравнительных исследований сердечной деятельности у представителей разных классов позвоночных животных. Впервые были установлены основные закономерности структурно-функциональной организации возбуждения интрамуральных слоев сердца рыб, амфибий, рептилий, птиц и многих видов млекопитающих. На основании сравнительных исследований сердечной деятельности у представителей разных классов позвоночных животных в начале 1970-х гг. М. П. Рощевский выдвинул идею о необходимости создания нового направления в области физиологии – эволюционной электрокардиологии и сформулировал основные проблемы данного направления науки [1].

В 1985 г. лаборатория сравнительной кардиологии была реорганизована в Отдел экологической физиологии (заведующий М. П. Рощевский), на базе которого в 1988 г. М. П. Рощевским был создан Институт физиологии Коми научного центра УрО АН СССР (РАН). Лаборатория сравнительной кардиологии в 2004 г. была воссоздана и получила самостоятельный статус, в 2007 г. переведена в структуру Коми НЦ УрО РАН.

Научный руководитель и организатор Отдела – академик М. П. Рощевский – основатель и руководитель ведущей научной школы Российской Федерации в области эволюционной электрокардиологии, экологической физиологии животных, экологической и социальной физиологии человека на Севере (официально признана с 1996 г.)

The Department of Comparative Cardiology FRC Komi SC UB RAS

I. M. Roshchevskaya, S. L. Smirnova

Department of Comparative Cardiology, Komi Science Centre of the
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Syktyvkar

compcard@mail.ru
smirnova.sl@mail.ru

Abstract

The article describes the history of formation and development, the main areas of scientific activity of the Department of Comparative Cardiology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. The most striking and important achievements of the Department of Comparative Cardiology for the recent years are presented.

Keywords:

cardiac electrophysiology, cardioelectrotopography, echocardiography, histology, bioepidansometry, electrical activity of the atria and ventricles

[2, 3]. За работу «Эволюционная электрокардиология: хронотопография возбуждения сердца позвоночных» авторский коллектив под руководством академика М. П. Рощевского был отмечен Государственной премией Российской Федерации в области науки и техники (Указ Президента Российской Федерации от 09.09.2004 № 1154 «О присуждении Государственных премий Российской Федерации 2003 г. в области науки и техники»). Один из членов коллектива (член-корреспондент И. М. Рощевская) по настоящее время работает в Отделе сравнительной кардиологии.

Основные направления научной деятельности:

- исследования в области висцеральной физиологии; эволюционной и сравнительной физиологии сердечно-сосудистой системы;
- физиологические основы создания кардиоэлектротопографии;
- выявление закономерностей функционирования миокарда в процессе эволюции;
- установление фундаментальных закономерностей электрической активности сердца у разных классов животных и человека.

Выдвинута и экспериментально доказана гипотеза о закономерностях распространения волны возбуждения и восстановления возбудимости в желудочках сердца, формирования кардиоэлектрического поля у животных с разными типами деполяризации при синусно-предсердном ритме и эктопических очагах возбуждения [4]. Выявлены особенности формирования электрического поля сердца в зависимости от морфометрических, анатомиче-

ских и структурных характеристик желудочков сердца у животных с разными типами активации и разного возраста.

Впервые проведен детальный анализ пространственно-временной неоднородной последовательности деполаризации сердца копытных животных (свиньи): в предсердиях выявлена сложная картина распространения фронтов активации, связанная с неоднородной анатомической структурой и субэндокардиальным (интрамуральным) расположением области начального возбуждения [5], в желудочках от множественных очагов начальной желудочковой активности, расположенных от эндокарда к эпикарду [6].

Выявлены особенности архитектоники рабочего миокарда желудочков сердца у животных с разными типами активации – «последовательным» и «вспышечным» [7, 8]. Впервые выявлено, что септомаргинальная трабекула в полости правого желудочка сердца свиньи имеет преимущественно волокна сократительного миокарда и обеспечивает в основном дополнительное мышечное напряжение при чрезмерной дилатации желудочка во время диастолы; септомаргинальные трабекулы, расположенные в полости левого желудочка, состоят в основном из проводящих клеток и создают дополнительные пути проведения волны возбуждения к стенкам желудочка [9].

Сравнительно-физиологическое ультразвуковое исследование морфометрических и функциональных характеристик левого желудочка у животных с разными типами активации желудочков сердца выявило неравномерность изменения геометрии и сокращения миокарда в течение сердечного цикла. Выявленная пространственная неравномерность сокращения стенки левого желудочка у позвоночных теплокровных животных позволяет расширить представления о сократительной функции сердца и внести вклад в понимание развития динамики сокращения сердца в процессе эволюции [10–12].

Для решения прямой и обратной задач электрокардиологии созданы объемные модели торса человека и животных [13, 14].

Впервые проведено кардиоэлектротопографическое исследование электрической активности сердца у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса в покое и при физической нагрузке, позволившее выявить особенности пространственно-временной структуры процессов де- и реполяризации желудочков «спортивного сердца». Показана разная выраженность электрического ремоделирования миокарда желудочков сердца у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса [15]. Воздействие неспецифической физической нагрузки приводит к нехарактерному изменению амплитудно-временных параметров электрического поля сердца на поверхности торса у тяжелоатлетов и пауэрлифтеров [16]. Возрастание интенсивности и объема тренировочных нагрузок от подготовительного к соревновательному этапу годичного мезоцикла приводит к нетипичному формированию электрического поля сердца на поверхности грудной клетки в период восстановления возбудимости миокарда желудочков у лыжников-гонщиков [17].

Полученные результаты являются физиологической базой для выработки неинвазивных кардиоэлектротопографических критериев оценки электрического ремоделирования «спортивного сердца».

Проведенное исследование функционирования кардиореспираторной системы организма практически здорового человека в условиях различных кислородных режимов позволило выявить основные изменения электрической активности сердца при влиянии недостатка и избытка кислорода в процессе адаптации к гипоксии. Выявленные различия в функционировании кардиореспираторной системы при проведении интервальных воздействий газовых смесей с чередующимися циклами воздействия пониженного содержания кислорода с нормальным и повышенным позволяют предложить гипокси-гипероксические интервальные влияния как менее стрессовый способ повышения толерантности организма к кислородному голоданию [18–20].

На основании спектрального анализа variability сердечного ритма и электрокардиограмм у большинства старых людей – жителей Севера – показано, что стабильность ритма у долгожителей, как адаптивного наследственного механизма, обеспечивает устойчивость функционирования сердечно-сосудистой системы и пролонгирование активной жизни человека. В волновой структуре сердечного ритма у большинства обследованных долгожителей старше 80 лет, представителей пяти этноареальных групп сельских районов Республики Коми, обнаружен феномен функционального гомеостаза сердечно-сосудистой системы, обеспечивающий активное долголетие в суровых природно-климатических, неблагоприятных экологических и социальных условиях региона. Для северных долгожителей (86–97 лет) характерно доминирование высокочастотной компоненты волн в ритмограмме, тогда как у пожилых (60–88 лет) мигрантов Севера выявлено преобладание низкочастотной области спектра, что связано со значительным напряжением вегетативного звена регуляции при ортостатической нагрузке [21].

Проведена ретроспективная оценка здоровья населения локальной этнической группы ижемских коми в Печорском крае, составленная на основании статистических данных, архивных материалов метрических книг церковных приходов Архангельской епархии. Прогрессивное развитие этноса, характеризующееся динамичностью народонаселения за счет естественного прироста и высокой рождаемости, свидетельствовало об успешной адаптации поселенцев к северным суровым условиям жизни [22].

В Отделе проводится кардиоэлектротопографическое исследование электрофизиологического ремоделирования миокарда при различных функциональных состояниях миокарда и экспериментальном моделировании заболеваний сердечно-сосудистой системы, характерных для человека, в том числе острого инфаркта миокарда, хронической сердечной недостаточности, артериальной гипертензии различного генеза (артериальная и легочная) и др.

Установлены закономерности формирования кардиоэлектрического поля в зависимости от характера деполаризации миокарда предсердий и желудочков при

синусно-предсердном ритме у позвоночных животных на экспериментальных моделях артериальной и легочной гипертензий [23–29], у нормотензивных животных и со стресс-индуцированной артериальной гипертензией при старении [30, 31].

Постишемическая реперфузия левой коронарной артерии у крыс линии Вистар приводит к увеличению значений положительного экстремума и длительности реполяризации желудочков на кардиоэлектрическом поле на поверхности тела в результате удлинения начальной фазы восстановления возбудимости. На фоне кратковременной ишемии левой коронарной артерии в начальный период реполяризации желудочков происходит изменение взаимного расположения зон кардиоэлектрод потенциалов, которое восстанавливается до исходного при реперфузии [32, 33].

Выявлена корреляция систолической дисфункции левого желудочка и начальной электрической активности желудочков в условиях постинфарктной модели хронической сердечной недостаточности, свидетельствующая о тесной взаимосвязи между сократительной функцией и электрофизиологическими свойствами миокарда желудочков. Рассчитанные линейные регрессионные зависимости имеют высокую прогностическую эффективность, что позволяет использовать амплитудные характеристики кардиоэлектрического поля на поверхности тела как критерий развития хронической сердечной недостаточности [34].

Методом синхронной многоканальной электрокардиографии у крыс после однократного принудительного бега на тредбане до отказа выявлены изменения амплитудных и временных параметров электрического поля сердца на поверхности тела в период реполяризации желудочков, свидетельствующие об ишемическом/гипоксическом повреждении и замедлении восстановления возбудимости миокарда желудочков [35, 36]. Полученные результаты могут быть использованы для разработки неинвазивных критериев оценки функционального состояния сердца по кардиоэлектрическому полю на поверхности тела при предельных физических нагрузках.

Методом биоэлектрической импедансометрии выявлено значительное увеличение абсолютного значения реактивного сопротивления и тенденция к увеличению амплитуды биоэлектрического импеданса тела у стареющих крыс, связанные с изменениями физиологического состояния организма при старении, уменьшением содержания воды в тканях [37]. При гипертензии разного генеза у крыс выявлено уменьшение электрического сопротивления легких, межреберных мышц, по сравнению с нормотензивными животными при низких частотах, свидетельствующее об увеличении объема циркулирующей крови и общего количества жидкости в организме при артериальной гипертензии [38, 39]. Методом биоимпедансной спектроскопии у самок крыс линии Вистар при монокроталиновой легочной гипертензии выявлено значимое увеличение активного сопротивления и амплитуды импеданса легочной ткани при низкой частоте тока, связанное с эмфизематозными изменениями в легких, подтвержденными гистологи-

чески; увеличение компонентов биоимпеданса легкого при более высокой частоте тока свидетельствует о воспалении легочной ткани. Значимое уменьшение значений фазового угла биоимпеданса легких и реактивного сопротивления биоэлектрического импеданса тела при низкой частоте тока указывает на множественные повреждения клеточных мембран [40].

Впервые методом кардиоэлектрохронотопографического картирования предсердий животных выявлены механизмы формирования предсердных аритмий при различных типах потребления алкоголя. У крыс, потреблявших алкоголь в качестве единственного источника жидкости в течение шести месяцев (экспериментальная трансляционная модель алкогольной кардиомиопатии) на эпикарде предсердий формируется дополнительный очаг возбуждения в области лакун легочных вен, что способствует увеличению неоднородности возбуждения предсердий. Периодическое потребление алкоголя в течение сравнительно недолгого времени (экспериментальная модель «Праздничного сердца») вызывает значимые изменения электрической активности предсердий – формируются несколько независимых очагов начального возбуждения в правом и левом предсердиях, приводящие к рассогласованности деполяризации предсердий, что способствует развитию фибрилляции предсердий [41–43].

На основе фундаментальных исследований разрабатываются новые технологии кардиологической помощи, заключающиеся в неинвазивной оценке функционального состояния миокарда для сокращения смертности от сердечно-сосудистых заболеваний за счет ранней дифференциальной кардиодиагностики.

Определены критерии неинвазивной оценки функционального состояния миокарда по кардиоэлектрическому полю при гипертензии и гипертрофии левого желудочка сердца, инфарктах миокарда различной локализации, имплантации кардиостимуляционных систем. Экспериментально доказана возможность использования кардиоэлектрографии для выявления механизмов действия лекарственных препаратов и биологически активных веществ на сердечно-сосудистую систему.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Рощевский, М. П. Избранные труды. Том II. Эволюционная электрокардиология и северная экофизиология (1955–1979) / М. П. Рощевский. – Сыктывкар, 2013. – 864 с.
2. Рощевский, М. П. Избранные труды. Том III. Сравнительная кардиология и экологическая физиология (1978 – 1999) / М. П. Рощевский. – Сыктывкар, 2014. – 868 с.
3. Рощевский, М. П. Избранные труды. Том IV. Сравнительная кардиология и экологическая физиология (1978 – 1999) / М. П. Рощевский. – Сыктывкар, 2014. – 868 с.
4. Рощевская, И. М. Кардиоэлектрическое поле теплокровных животных и человека / И. М. Рощевская. – Санкт-Петербург : Наука, 2008. – 250 с.

5. Смирнова, С. Л. Последовательность деполяризации миокарда предсердий свиньи (*Sus Scrofa Domesticus*) / С. Л. Смирнова, И. М. Роцевская, М. П. Роцевский // Журн. эволюц. биохим. и физиол. – 2012. – Т. 48, № 4. – С. 386–389.
6. Гуляева, А. С. Интрамуральная хронопография деполяризации миокарда желудочков сердца свиньи (*Sus scrofa domesticus*) / А. С. Гуляева, И. М. Роцевская, М. П. Роцевский // Журн. эволюц. биохим. и физиол. – 2014. – Т. 50, № 2. – С. 97–101.
7. Суслонова, О. В. Архитектоника миокарда желудочков крысы / О. В. Суслонова И. М. Роцевская // Морфология. – 2005. – Т. 128, № 5. – С. 45–47.
8. Гуляева, А. С. Архитектоника рабочего миокарда желудочков сердца свиньи / А. С. Гуляева, И. М. Роцевская // Морфология. – 2005. – Т. 127, № 2. – С. 52–55.
9. Gulyaeva, A.S., Roshchevskaya I.M. Morphology of moderator bands (septomarginal trabecula) in porcine heart ventricle/ A.S. Gulyaeva, I.M. Roshchevskaya // Anat. Histol. Embriol. – 2012. – Vol. 41, №5. – P. 326–332.
10. Роцевский, М. П. Геометрия левого желудочка и сократимость миокарда у приматов, копытных и зайцеобразных/ М. П. Роцевский, Е. В. Бартусевич, А. Е. Попов [и др.] // Докл. РАН. – 2008. – Т. 422, № 5. – С. 708–709.
11. Роцевский, М. П. Левый желудочек сердца копытных животных: морфофункциональные характеристики и ориентация мышечных волокон / М. П. Роцевский, Е. В. Бартусевич, А. С. Гуляева [и др.] // Докл. РАН. – 2011. – Т. 437, № 3. – С. 416–418.
12. Bartusevich E.V., Morphometric Parameters, Contractility and Architecture of the Left Ventricle Myocardium in Pigs / E.V. Bartusevich, A.S. Gulyaeva, I.M. Roshchevskaya, M.P. Roshchevsky // Intern. J. of Biomed. – 2012. – Vol. 2, Is.1. – P. 50–57.
13. Коломеец, Н. Л., Трехмерная геометрическая модель торса человека и обезьяны *Pavian Anubis* / Н. Л. Коломеец, В. А. Карпенко, И. М. Роцевская [и др.] // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2004. – Т. 90, № 8. – С. 436.
14. Роцевский М. П. Трехмерная геометрическая модель торса человека и обезьяны *Pavian anubis* / М. П. Роцевский, Н. Л. Коломеец, А. В. Кузнецов [и др.] // Докл. РАН. – 2005. – Т. 402, № 5. – С. 712–714.
15. Panteleeva, N.I., The heart electrical activity during ventricular repolarization and types of the remodeling of the athlete's heart / N.I. Panteleeva, E.V. Zamenina, I.M. Roshchevskaya, I.N. Kaneva // International Journal of Biomedicine. – 2019. – Vol. 9(4). – P. 297–299. [http://dx.doi.org/10.21103/Article9\(4\)_0A4](http://dx.doi.org/10.21103/Article9(4)_0A4)
16. Ivonina, N.I., Body Surface Potential Mapping during Ventricular Repolarization of the Heart in Weightlifters under Specific and Nonspecific Exercise / N.I. Ivonina, E.V. Zamenina, I.M. Roshchevskaya // Journal of Exercise Physiology online. – 2020. – Vol. 23, N. 4. – P. 59–69. <https://elibrary.ru/contents.asp?id=44692454/>
17. Пантелеева, Н. И. Реполяризация желудочков сердца лыжников–гонщиков на разных этапах годичного тренировочного цикла / Н. И. Пантелеева, И. М. Роцевская // Физиология человека. – 2018. – Т. 44, № 5. – С. 1–8.
18. Пантелеева, Н. И. Электрическое поле сердца на поверхности торса у спортсменов–пловцов в период реполяризации желудочков в условиях острой нормобарической гипоксии / Н. И. Пантелеева, И. М. Роцевская // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2016. – Т. 102, № 11. – С. 1383–1393.
19. Заменина, Е. В. Электрическое поле сердца человека в период реполяризации желудочков при гипоксическом воздействии/ Е. В. Заменина, Н. И. Пантелеева, И. М. Роцевская // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова – 2017. – Т. 103, № 11. – С.1330–1338.
20. Ivonina, N. I. Body surface potential mapping during heart ventricular repolarization in male swimmers and untrained persons under hypoxic and hypercapnic hypoxia / N.I. Ivonina, A. A. Fokin, I.M. Roshchevskaya // High Alt Med Biol. – 2021. – V. 22, № 3. – P. 308–316.
21. Черных, Н. А. Функциональные возможности сердечно-сосудистой системы старых людей: по данным вариабельности сердечного ритма / Н. А. Черных, Н. А. Игошина, М. П. Роцевский // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 1. – С. 61–65.
22. Черных, Н. А. Этнодемографическая оценка общественного здоровья северных ижемских коми в ретроспективе (XVIII–начало XX в.) / Н. А. Черных // Известия Коми НЦ УрО РАН. – 2017. – № 4 (32). – С.95–108.
23. Smirnova, S. Comparison of propagation of atrial excitation with the cardiopotential distribution on the body surface of hypertensive rats / S. Smirnova, L. Ivanova, A. Markel et al. // The Anatol. J. of Cardiology; Anadolu kardiol. Derg. – 2012. – Vol. 12, N 3. – P. 195–199.
24. Смирнова, С. Л. Неинвазивное выявление аритмогенных очагов предсердий по кардиоэлектрическому полю на поверхности тела при экспериментальной легочной гипертензии / С. Л. Смирнова, О. В. Суслонова, И. М. Роцевская // Вестник аритмологии. – 2020. – Т. 27, № 1. – С. 63–69.
25. Смирнова, С. Л. Деполяризация субэпикарда предсердий крыс с экспериментально вызванной легочной гипертензией / С. Л. Смирнова, И. М. Роцевская // Бюл. эксперим. биол. и мед. – 2020. – Т. 170, № 12. – С. 725–728.
26. Суслонова, О. В. Кардиоэлектрическое поле на поверхности тела крыс с экспериментальной легочной гипертензией в период деполяризации желудочков / О. В. Суслонова, С. Л. Смирнова, И. М. Роцевская // Бюл. экспер. биол. и медиц. – 2016. – Т. 162, № 7. – С. 11–14.
27. Суслонова, О. В. Электрическая активность сердца крыс с экспериментальной легочной гипертензией в период реполяризации желудочков / О. В. Суслонова, С. Л. Смирнова, И. М. Роцевская // Известия Коми НЦ УрО РАН. – 2018. – № 3 (35). – С. 66–69.
28. Суслонова, О. В. Поверхностное картирование кардиопотенциалов гипертензивных крыс в период деполяризации желудочков / О. В. Суслонова, С. Л. Смирнова, И. М. Роцевская // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 3. – С. 57.

29. Суслонова, О. В. Поверхностное ЭКГ-картирование крыс со стресс-индуцированной артериальной гипертензией / О. В. Суслонова, Ю. В. Шорохов, С. Л. Смирнова [и др.] // Сибирский научный медицинский журнал. – 2022. – Vol. 42, № 3. – С. 58–64.
30. Suslonova, O.V. Spatio-temporal parameters of the cardioelectric field on the body surface of 12-month-old normotensive Wistar rats and hypertensive ISIAG rats during ventricular depolarization / O. V. Suslonova, S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // Modern problems of science and education. – 2016. – No. 6. – URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25923> (дата обращения: 20.12.2016).
31. Суслонова, О. В., Кардиоэлектрическое поле на поверхности тела 12-ти месячных гипертензивных крыс линии НИСАГ в период начальной и конечной желудочковой активности / О. В. Суслонова, С. Л. Смирнова, И. М. Рощевская // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 8 (часть 5). – С. 732–735.
32. Блажкевич, М. В. Амплитудные характеристики кардиоэлектрического поля крыс линии Вистар в период реполяризации желудочков при окклюзии коронарной артерии / М. В. Блажкевич, Ю. В. Шорохов, М. П. Рощевский [и др.] // Вестн. уральской мед. акад. наук. – 2009. – № 2 (25). – С. 75–76.
33. Мазур, М. В. Кардиоэлектрическое поле крыс при пост-ишемической реперфузии левой коронарной артерии / М. В. Мазур, О. В. Суслонова, И. М. Рощевская // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8. – С. 98–103.
34. Roshchevskaya, I.M., Correlation of the left ventricular systolic dysfunction and ventricular depolarization in a post-infarction model of chronic heart failure/ I.M. Roshchevskaya, O.V. Suslonova, S.L. Smirnova, et.al. // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2024. – Vol. 176, No. 4. – R. 428–432.
35. Ivonin, A.G., Heart Electrical Activity during Ventricular Repolarization in Rats after Acute Exhaustive Treadmill Running / A.G. Ivonin, S.L. Smirnova, I.M. Roshchevskaya // J Evol Biochem Physiol. – 2022. – Vol. 58, No 5. – P. 1632–1642. DOI: 10.1134/S0022093022050313
36. Ивонин, А. Г. Электрическая активность желудочков сердца крыс после истощающей физической нагрузки / А. Г. Ивонин, С. Л. Смирнова, И. М. Рощевская // Российский кардиологический журнал. – 2023. – Т. 28, № 5S. – С. 48–49. DOI:10.15829/1560-4071-2023-5S
37. Коломеец, Н. Л. Биоэлектрический импеданс тела нормотензивных и гипертензивных стареющих крыс / Н. Л. Коломеец, И. М. Рощевская // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6. – URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=27227> (дата обращения: 11.12.2017).
38. Коломеец, Н. Л., Электрическое сопротивление легких и межреберных мышц у крыс с артериальной гипертензией / Н. Л. Коломеец, И. М. Рощевская // Практическая медицина. – 2017. – № 2. – С. 50–55.
39. Коломеец, Н. Л. Электрическое сопротивление легких, межреберных мышц и почки гипертензивных крыс линии НИСАГ / Н. Л. Коломеец, С. Л. Смирнова, И. М. Рощевская // Биофизика. – 2016. – Т. 61, вып. 3. – С. 590–597.
40. Коломеец, Н.Л., Параметры биоэлектрического импеданса легких у самок крыс линии Вистар при экспериментальной легочной гипертензии / Н. Л. Коломеец, О. В. Суслонова, С. Л. Смирнова [и др.] // Российский Физиологический Журнал им. И.М. Сеченова. – 2019. – Том 105, №8. – С.1041–1053.
41. Смирнова, С. Л. Деполяризация предсердий у крыс с алкогольной кардиомиопатией / С. Л. Смирнова, И. М. Рощевская, М. П. Рощевский [и др.] // Доклады Академии наук. – 2018. – Т. 479, № 1 – С. 96–98.
42. Рощевская, И. М. Особенности деполяризации правого и левого предсердия у крыс со сформировавшейся алкогольной кардиомиопатией / И. М. Рощевская, С. Л. Смирнова, И. Б. Цорин [и др.] // Бюл. экперим. биол. и мед. – 2018. – № 5. – С. 558–561.
43. Смирнова, С. Л. Динамика кардиоэлектрического поля сердца на поверхности тела в период деполяризации предсердий у крыс с экспериментальным синдромом «праздничного сердца» / С. Л. Смирнова, И. М. Рощевская, И. Б. Цорин [и др.] // Бюл. экперим. биол. и мед. – 2022. – Т. 174, № 10 – С. 419–422. DOI:10.47056/0365-9615-2022-174-10-419-422.

References

- Roshchevsky, M. P. Izbrannye trudy. Tom II. Evolyucionnaya elektrokardiologiya i severnaya ekofiziologiya (1955–1979) [Selected proceedings. Volume II. Evolutionary electrocardiology and northern ecophysiology (1955–1979)] / M. P. Roshchevsky. – Syktyvkar, 2013. – 864 p.
- Roshchevsky, M. P. Izbrannye trudy. Tom III. Sravnitel'naya kardiologiya i ekologicheskaya fiziologiya (1978–1999) [Selected proceedings. Volume III. Comparative cardiology and environmental physiology (1978 – 1999)] / M. P. Roshchevsky. – Syktyvkar, 2014. – 868 p.
- Roshchevsky, M. P. Izbrannye trudy. Tom IV. Sravnitel'naya kardiologiya i ekologicheskaya fiziologiya (1978–1999) [Selected proceedings. Volume IV. Comparative Cardiology and Environmental Physiology (1978 – 1999)] / M. P. Roshchevsky. – Syktyvkar, 2014. – 868 p.
- Roshchevskaya, I. M. Kardioelektricheskoe pole teplokrovnyh zhivotnyh i cheloveka [Cardioelectric field of warm-blooded animals and humans] / I. M. Roshchevskaya. – Saint-Petersburg : Nauka, 2008. – 250 p.
- Smirnova, S. L. Posledovatel'nost depolyarizacii miokarda predserdij svyni (Sus Scrofa Domesticus) [Sequence of depolarization of atrial myocardium of the pig (Sus Scrofa Domesticus)] / S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya, M. P. Roshchevsky // Zhurn. evolyuts. biokhim. i fiziol. [J. of Evol. Bioch. and Physiol.]. – 2012. – Vol. 48, № 4. – P. 386–389.
- Gulyaeva, A. S. Intramural'naya hronotopografiya depolyarizacii miokarda zheludochkov serdca svyni (Sus scrofa domesticus) [Intramural chronotopography of myocardial depolarization in the heart ventricles of the pig (Sus scrofa domesticus)] / A. S. Gulyaeva, I. M. Roshchevskaya, M. P. Roshchevsky // Zhurn. evolyuts. biokhim.

- i fiziol. [J. Evolut. Biochem. and Physiol.]. – 2014. – Vol. 50, № 2. – P. 97–101.
7. Suslonova, O. V. Arhitektonika miokarda zheludochkov krysy [Architectonics of the rat ventricular myocardium] / O. V. Suslonova, I. M. Roshchevskaya // Morfologiya [Morphology]. – 2005. – Vol. 128, № 5. – P. 45–47.
 8. Gulyaeva, A. S. Arhitektonika rabocheho miokarda zheludochkov serdtsa svinyi [Architectonics of the working myocardium of the ventricles of the pig heart] / A. S. Gulyaeva, I. M. Roshchevskaya // Morfologiya [Morphology]. – 2005. – Vol. 127, № 2. – P. 52–55.
 9. Gulyaeva, A. S. Morphology of moderator bands (septomarginal trabecula) in porcine heart ventricle / A.S. Gulyaeva, I.M. Roshchevskaya // Anat. Histol. Embriol. – 2012. – Vol. 41, № 5. – P. 326–332.
 10. Roshchevsky, M. P. Geometriya levogo zheludochka i sokratimost miokarda u primatov, kopytnyh i zajcebraznyh [Geometry of the left ventricle and myocardial contractility in primates, ungulates, and lagomorphs] / M. P. Roshchevsky, E. V. Bartusevich, A. E. Popov, I. M. Roshchevskaya // Reports of the Russian Academy of Sciences. – 2008. – Vol. 422, № 5. – P. 708–709.
 11. Roshchevsky, M. P. Levyy zheludochek serdca kopytnyh zhivotnyh: morfofunkcionalnye harakteristiki i orientaciya myshechnyh volokon [The left ventricle of the heart of ungulates: morphofunctional characteristics and orientation of muscle fibers] / M. P. Roshchevsky, E. V. Bartusevich, A. S. Gulyaeva, I. M. Roshchevskaya // Reports of the Russian Academy of Sciences. – 2011. – Vol. 437, № 3. – P. 416–418.
 12. Bartusevich, E. V. Morphometric parameters, contractility and architecture of the left ventricle myocardium in pigs / E. V. Bartusevich, A. S. Gulyaeva, I. M. Roshchevskaya, M. P. Roshchevsky // Intern. J. of Biomed. – 2012. – Vol. 2, Iss.1. – P. 50–57.
 13. Kolomeets, N.L., Three-dimensional geometric model of the torso of a human and a Pavian Anubis monkey / N.L. Kolomeets, V.A. Karpenko, I.M. Roshchevskaya et.al. // I.M. Sechenov Russian Physiological Journal. – 2004. – Vol. 90. – No. 8. – P. 436.
 14. Roshchevsky, M.P. Three-dimensional geometric model of the torso of a human and a Pavian Anubis monkey / M.P. Roshchevsky, N.L. Kolomeets, A.V. Kuznetsov et.al. // Dokl. RAS, 2005. T.402, No. 5. P. 712–714 = Roshchevsky, M.P. A 3d geometrical model of the man and the monkey Pavian anubis torso / M.P. Roshchevsky, N.L. Kolomeets, A.V. Kuznetsov et.al. // Dokl. Biol. Sci., 2005. Vol. 402.No. 5. P. 186–188.
 15. Panteleeva, N. I. The heart electrical activity during ventricular repolarization and types of the remodeling of the athlete's heart / N. I. Panteleeva, E. V. Zamenina, I. M. Roshchevskaya, I. N. Kaneva // International Journal of Biomedicine. – 2019. – Vol. 9 (4). – P. 297–299. – URL: [http://dx.doi.org/10.21103/Article9\(4\)_OA4](http://dx.doi.org/10.21103/Article9(4)_OA4).
 16. Ivonina, N.I., Body surface potential mapping during ventricular repolarization of the heart in weightlifters under specific and nonspecific exercise / N. I. Ivonina, E. V. Zamenina, I. M. Roshchevskaya // Journal of Exercise Physiology online. – 2020. – Vol. 23, № 4. – P. 59–69. – URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=44692454/>.
 17. Panteleeva, N. I. Repolyarizaciya zheludochkov serdca lyzhnikov-gonshchikov na raznyh etapah godichnogo trenirovochnogo cikla [Repolarization of the ventricles of the heart of cross-country skiers at different stages of the annual training cycle] / N. I. Panteleeva, I. M. Roshchevskaya // Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. – 2018. – Vol. 44, № 5. – P. 1–8.
 18. Panteleeva, N. I. Elektricheskoe pole serdca na poverhnosti torosa u sportsmenov-plovcov v period repolyarizacii zheludochkov v usloviyah ostroj normobaricheskoj gipoksii [Electric field of the heart on the torso surface in swimmers during ventricular repolarization under conditions of acute normobaric hypoxia] / N. I. Panteleeva, I. M. Roshchevskaya // Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova [Russian Physiological Journal named after I.M. Sechenov]. – 2016. – Vol. 102, № 11. – P. 1383–1393.
 19. Zamenina, E. V. Elektricheskoe pole serdca cheloveka v period repolyarizacii zheludochkov pri gipoksicheskom vozdejstvii [Electric field of the human heart during ventricular repolarization under hypoxic exposure] / E. V. Zamenina, N. I. Panteleeva, I. M. Roshchevskaya // Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova [Russian Physiological Journal named after I.M. Sechenov]. – 2017. – Vol. 103, № 11. – P. 1330–1338.
 20. Ivonina, N. I. Body surface potential mapping during heart ventricular repolarization in male swimmers and untrained persons under hypoxic and hypercapnic hypoxia / N. I. Ivonina, A. A. Fokin, I. M. Roshchevskaya // High Alt Med Biol. – 2021. – Vol. 22, № 3. – P. 308–316.
 21. Chermnykh, N. A. Funkcionalnye vozmozhnosti serdechno-sosudistoj sistemy staryh lyudej: po dannym variabelnosti serdechnogo ritma [Functional capabilities of the cardiovascular system of old people: according to heart rate variability data] / N. A. Chermnykh, N. A. Igoshina, M. P. Roshchevsky // Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. – 2008. – Vol. 34, № 1. – P. 61–65.
 22. Chermnykh, N. A. Etnodemograficheskaya ocenka obshchestvennogo zdorovya severnyh izhemskih komi v retrospektive (XVIII–nachalo XX v.) [Ethnodemographic assessment of public health of the northern Izhma Komi in retrospect (XVIII – early XX century)] / N. A. Chermnykh // Proceedings of the Komi Science Centre. – 2017. – № 4 (32). – P. 95–108.
 23. Smirnova, S. Comparison of propagation of atrial excitation with the cardiopotential distribution on the body surface of hypertensive rats / S. Smirnova, L. Ivanova, A. Markel [et al.] // The Anatol. J. of Cardiology; Anadolu cardiol. Derg. – 2012. – Vol. 12, № 3. – P. 195–199.
 24. Smirnova, S. L. Neinvazivnoe vyyavlenie aritmogennyh ochagov predserdij po kardioelektricheskomu polyu na poverhnosti tela pri eksperimentalnoj legochnoj gipertenzii [Non-invasive detection of arrhythmogenic atrial foci by the cardioelectric field on the body surface in experimental pulmonary hypertension] / S. L. Smirnova, O. V. Suslonova, I. M. Roshchevskaya // Vestnik arit-

- mologii [Bulletin of Arrhythmology]. – 2020. – Vol. 27, № 1. – P. 63–69.
25. Smirnova, S. L. Depolyarizaciya subepikarda predserdij krysa s eksperimentalno vyzvannoj legochnoj gipertenziej [Depolarization of the atrial subepicardium in rats with experimentally induced pulmonary hypertension] / S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // Byul. eksperim. biol. i med. [Bull. Exp. Biol. and Med.] – 2020. – Vol. 170, № 12. – P. 725–728.
 26. Suslonova, O. V. Kardioelektricheskoe pole na poverhnosti tela krysa s eksperimentalnoj legochnoj gipertenziej v period depolyarizacii zheludochkov [Cardioelectric field on the body surface of rats with experimental pulmonary hypertension during ventricular depolarization] / O. V. Suslonova, S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // Byul. eksperim. biol. i med. [Bull. Exp. Biol. and Med.] – 2016. – Vol. 162, № 7. – P. 11–14.
 27. Suslonova, O. V. Elektricheskaya aktivnost serdca krysa s eksperimentalnoj legochnoj gipertenziej v period repolyarizacii zheludochkov [Electrical activity of the heart of rats with experimental pulmonary hypertension during ventricular repolarization] / O. V. Suslonova, S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. – 2018. – № 3 (35). – P. 66–69.
 28. Suslonova, O. V. Poverhnostnoe kartirovanie kardiopotencialov gipertenzivnyh krysa v period depolyarizacii zheludochkov [Surface mapping of cardiopotentials in hypertensive rats during ventricular depolarization] / O. V. Suslonova, S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern Issues of Science and Education]. – 2018. – № 3. – P. 57.
 29. Suslonova, O. V. Poverhnostnoe EKG-kartirovanie krysa so stress-inducirovannoj arterialnoj gipertenziej [Surface ECG mapping of rats with stress-induced arterial hypertension] / O. V. Suslonova, Yu. V. Shorokhov, S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal [Siberian Scientific Medical Journal]. – 2022. – Vol. 42. – № 3. – P. 58–64.
 30. Suslonova, O. V. Spatio-temporal parameters of the cardioelectric field on the body surface of 12-month-old normotensive Wistar rats and hypertensive ISIAG rats during ventricular depolarization / O. V. Suslonova, S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // Modern problems of science and education. – 2016. – No. 6. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25923> (date of access: 20.12.2016).
 31. Suslonova, O. V. Kardioelektricheskoe pole na poverhnosti tela 12-ti mesyachnyh gipertenzivnyh krysa linii NISAG v period nachalnoj i konechnoj zheludochkovoj aktivnosti [Cardioelectric field on the body surface of 12-month-old hypertensive ISIAG rats during the initial and final ventricular activity] / O. V. Suslonova, S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij [International Journal of Applied and Fundamental Research]. – 2016. – № 8 (Part 5). – P. 732–735.
 32. Blazhkevich, M. V. Amplitudnye karakteristiki kardioelektricheskogo polya krysa linii Vistar v period repolyarizacii zheludochkov pri okklyuzii koronarnoj arterii [Amplitude characteristics of the cardioelectric field of Wistar rats during ventricular repolarization during coronary artery occlusion] / M. V. Blazhkevich, Yu. V. Shorokhov, M. P. Roshchevsky, I. M. Roshchevskaya // Bulletin of the Ural Medical Academy of Sciences. – 2009. – № 2 (25). – P. 75–76.
 33. Mazur, M. V. Kardioelektricheskoe pole krysa pri postishemicheskoy reperfuzii levoj koronarnoj arterii [Cardioelectric field of rats during postischemic reperfusion of the left coronary artery] / M. V. Mazur, O. V. Suslonova, I. M. Roshchevskaya // Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental Research]. – 2013. – № 8. – P. 98–103.
 34. Roshchevskaya, I. M., Correlation of the left ventricular systolic dysfunction and ventricular depolarization in a post-infarction model of chronic heart failure / I. M. Roshchevskaya, O. V. Suslonova, S. L. Smirnova, et al. // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2024. – Vol. 176, No. 4. – R. 428–432.
 35. Ivonin, A. G. Heart electrical activity during ventricular repolarization in rats after acute exhaustive treadmill running / A. G. Ivonin, S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // J Evol Biochem Physiol. – 2022. – Vol. 58, № 5. – P. 1632–1642. doi: 10.1134/S0022093022050313.
 36. Ivonin, A. G. Elektricheskaya aktivnost zheludochkov serdca krysa posle istoshchayushchej fizicheskoy nagruzki [Electrical activity of the rats' heart ventricles after exhaustive physical exercise] / A. G. Ivonin, S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // Rossijskij kardiologicheskij zhurnal [Russian Journal of Cardiology]. – 2023. – Vol. 28, № 5S. – P. 48–49. doi:10.15829/1560-4071-2023-5S.
 37. Kolomeets, N. L. Bioelektricheskij impedans tela normotenzivnyh i gipertenzivnyh stareyushchih krysa [Bioelectrical impedance of the body of normotensive and hypertensive aging rats] / N. L. Kolomeets, I. M. Roshchevskaya // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern Issues of Science and Education]. – 2017. – № 6. – URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=27227> (date of access: 11.12.2017).
 38. Kolomeets, N. L. Elektricheskoe soprotivlenie legkih i mezhrebernyh myshc u krysa s arterialnoj gipertenziej [Electrical resistance of the lungs and intercostal muscles in rats with arterial hypertension] / N. L. Kolomeets, I. M. Roshchevskaya // Prakticheskaya meditsina [Practical Medicine]. – 2017. – № 2. – P. 50–55.
 39. Kolomeets, N. L. Elektricheskoe soprotivlenie legkih, mezhrebernyh myshc i pochki gipertenzivnyh krysa linii NISAG [Electrical resistance of the lungs, intercostal muscles and kidneys of hypertensive ISIAG rats] / N. L. Kolomeets, S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya // Bi-ofizika [Biophysics]. – 2016. – Vol. 61, Iss. 3. – P. 590–597.
 40. Kolomeets, N. L., Parameters of bioelectrical impedance of the lungs in female Wistar rats with experimental pulmonary hypertension / N. L. Kolomeets, O. V. Suslonova, S. L. Smirnova et al. // I. M. Sechenov Russian Physiological Journal. – 2019. – Vol. 105, No. 8. – P. 1041–1053.

41. Smirnova, S. L. Depolyarizaciya predserdij u kryс s alkoholnoj kardiomiopatiej [Atria depolarization in rats with alcoholic cardiomyopathy] / S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya, M. P. Roshchevsky [et al.] // Doklady Akademii nauk [Reports of the Academy of Sciences]. – 2018. – Vol. 479, № 1. – P. 41–43.
42. Roshchevskaya, I. M. Osobennosti depolyarizacii pravogo i levogo predserdiya u kryс so sformirovavshejsya alkoholnoj kardiomiopatiej [Features of depolarization of the right and left atria in rats with established alcoholic cardiomyopathy] / I. M. Roshchevskaya, S. L. Smirnova, I. B. Tsorin [et al.] // Bul. eksperim. biol. i med. [Bull. Exp. Biol. and Med.]. – 2018. – № 5. – P. 558–561.
43. Smirnova, S. L. Dinamika kardioelektricheskogo polya serdca na poverhnosti tela v period depolyarizacii predserdij u kryс s eksperimentalnym sindromom “prazdnichnogo serdca” [Dynamics of the cardioelectric field of the heart on the body surface during atrial depolarization in rats with experimental “festive heart” syndrome] / S. L. Smirnova, I. M. Roshchevskaya, I. B. Tsorin [et al.] // Bul. eksperim. biol. i med. [Bull. Exp. Biol. and Med.]. – 2022. – Vol. 174. – № 10. – P. 419–422. DOI:10.47056/0365-9615-2022-174-10-419-422.

Информация об авторах:

Рощевская Ирина Михайловна – член-корреспондент РАН, профессор, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Отдела сравнительной кардиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; Scopus Author ID: 10540866800, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6108-1444> (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, д. 24; e-mail: compcard@mail.ru).

Смирнова Светлана Леонидовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, и.о. зав. Отделом сравнительной кардиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4292-2444> (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, д. 24); e-mail: smirnova.sl@mail.ru).

About the authors:

Irina M. Roshchevskaya – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Sciences (Biology), Chief Researcher at the Department of Comparative Cardiology FRC Komi SC UB RAS; Scopus Author ID: 10540866800, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6108-1444> (24 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, 167982 Komi Republic, Russian Federation; e-mail: compcard@mail.ru).

Svetlana L. Smirnova – Candidate of Sciences (Biology), Researcher and Head of the Department of Comparative Cardiology FRC Komi SC UB RAS; Scopus ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4292-2444> (24 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, 167982 Komi Republic, Russian Federation; e-mail: smirnova.sl@mail.ru).

Для цитирования:

Рощевская, И. М. Отдел сравнительной кардиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН / И. М. Рощевская, С. Л. Смирнова // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Специальный выпуск. – 2024. – № 8 (74). – С. 100–107.

For citation:

Roshchevskaya, I. M. Otdel sravnitelnoi kardiologii FIC Komi NC UrO RAN [The Department of Comparative Cardiology FRC Komi SC UB RAS] / I. M. Roshchevskaya, S. L. Smirnova // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Special Issue. – 2024. – № 8 (74). – P.100–107.

Дата поступления статьи: 01.10.2024

Прошла рецензирование: 15.11.2024

Принято решение о публикации: 18.11.2024

Received: 01.10.2024

Reviewed: 15.11.2024

Accepted: 18.11.2024