

Отзыв научного руководителя

На диссертационную работу Д.А. Волжанинова «Разработка и создание экспериментальной установки для исследования физических свойств изолированных сердечных мышечных клеток», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям:

1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

1.5.2. Биофизика

Изолированные клетки миокарда являются полезным и широкоупотребимым объектом для изучения биофизических процессов в сердце и механизмов их регуляции. В то же время, этот объект в связи с микроскопическими размерами и особенностями функционирования труден для экспериментального изучения. Особенно затруднительно изучать сократительную активность клеток в ее динамических проявлениях, когда и размеры клетки, и развиваемое ею напряжение меняются во времени. В связи со сложностью экспериментальных методик и трудоемкостью их реализации данные о механической активности изолированных кардиомиоцитов, особенно в различных камерах и отделах сердца, весьма ограничены. Вместе с тем, изучение функциональной неоднородности активности кардиомиоцитов в нормальном сердце и смены паттерна неоднородности при патологии является актуальной, малоизученной областью биофизики миокарда, решение которой расширит наше понимание механизмов самоорганизации процессов в сердце. Разработка и реализация экспериментальных методов, способных регистрировать динамические процессы в клетке в физиологических диапазонах измеряемых сигналов, а также детектировать возможные отклонения от нормы регистрируемых физических параметров сокращения клеток является актуальной и востребованной научным сообществом задачей и экспериментальной физики, и биофизики.

Решение этих задач посвящена диссертационная работа Д.А. Волжанинова. В ходе ее выполнения им разработана экспериментальная

установка, позволяющая проводить измерение и пассивных вязкоупругих, и активных сократительных свойств одиночных кардиомиоцитов, определять амплитудные и временные характеристики развития напряжения и деформации в кардиомиоцитах. Новизна разработанной установки заключается в реализации метода фиксации клетки при помощи карбоновых волокон, автоматизированное управление которыми позволяет регистрировать временной сигнал изменения силы и деформации кардиомиоцита в различных условиях механического нагружения, имитирующих различные фазы сердечного цикла. Управление биологическим препаратом и компонентами установки, а также регистрация выходных сигналов происходят в реальном времени и реализованы в виде полностью автоматизированного аналогово-цифрового комплекса с оригинальным, разработанным диссертантом программным обеспечением. Оно управляет динамическим растяжением клетки, обеспечивающим реализацию ауксотонического, изометрического и изотонического режима сокращения кардиомиоцита, регистрирует временные сигналы деформации кардиомиоцита и развиваемого клеткой напряжения, а также проводит анализ этих сигналов, выдавая пользователю ряд количественных характеристик. Достигнутая точность измерений позволяет обнаружить различия в характеристиках сократительной активности кардиомиоцитов из различных камер сердца, а также выявить изменение этих характеристик при патологии.

Кроме этого, в диссертационном исследовании построена математическая модель биофизических процессов в сердечных клетках, которая воспроизводит различия в параметрах сократимости кардиомиоцитов желудочков, наблюдаемые в биофизическом эксперименте. Это позволяет предсказать возможные механизмы, лежащие в основе межкамерных особенностей функции миокарда желудочков сердца и проанализировать влияние патологии на внутриклеточные параметры. До настоящего времени таких моделей не существовало.

В время работы над диссертацией Д. А. Волжанинов проявил высокую квалификацию как физик-экспериментатор, чему способствовало его базовое физическое образование на кафедре экспериментальной физики УрФУ. Вместе с этим, он продемонстрировал свои незаурядные способности в освоении знаний в смежной предметной области и приобрел опыт и квалификацию как специалист в области биофизики, обучаясь в аспирантуре ИИФ Уро РАН, и выполнив пионерские работы мирового уровня по изучению клеточной неоднородности сократительных свойства кардиомиоцитов. При этом он проявил высокую степень самостоятельности и инициативы, успешно справился с поставленными задачами, предложил оригинальные подходы к их решению.

Результаты диссертации опубликованы в 7 статьях, которые индексируются в международных базах цитирования Scopus и Web of Science Core Collection, все входят в «Белый список» и список изданий, рекомендуемых ВАК по указанным специальностям. Результаты диссертации доложены на авторитетных международных конференциях по тематике исследований. По результатам работ получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2021610500 «Программа управления цифровыми манипуляторами для задания последовательного растяжения биологической ткани или одиночной клетки». Работа была поддержана индивидуальным грантом для аспирантов РФФИ (грант №20-31-90106), а также рядом грантов РНФ и Президента РФ.

Считаем, что диссертационная работа Д.А. Волжанинова «Разработка и создание экспериментальной установки для исследования физических свойств изолированных сердечных мышечных клеток» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики и 1.5.2. Биофизика.

Соловьёва Ольга Эдуардовна
доктор физ.-мат. наук, профессор,
директор ФГБУН Институт иммунологии и физиологии
Уральского отделения Российской академии наук

Соловьёва

27.09.2023

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт иммунологии и физиологии
Уральского отделения Российской академии наук
620049, г. Екатеринбург, ул. Первомайская, д. 106

*Портисев О.А. Соловьевой заверено
ученой секретарь ИИФ УРО РАН,
к.б.м. Крашкова Ю.С.*

