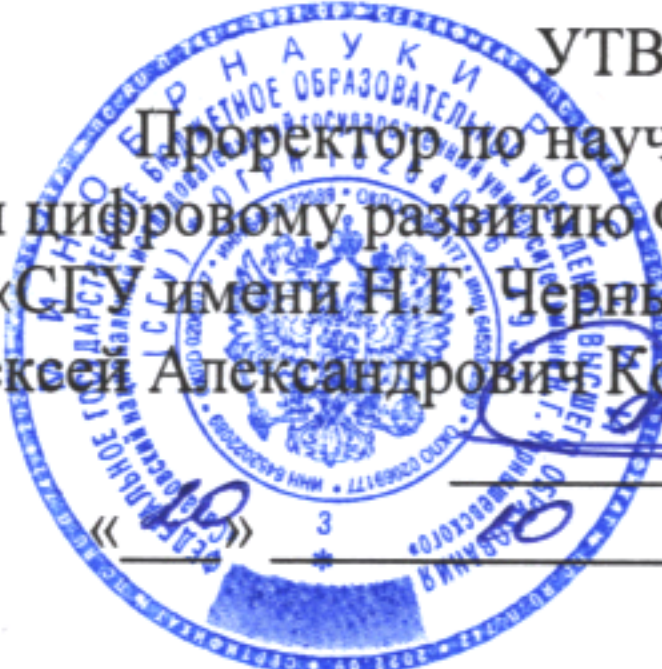


УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научной работе
и цифровому развитию ФГБОУ ВО
«СГУ имени Н.Г. Чернышевского»
Алексей Александрович Короновский



2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

по диссертации Аль-Бадри Фракад Фисаль Аидан «Анализ изменения кровотока в микроциркуляторном русле методами лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2 «Биофизика», выполненной на кафедре медицинской физики института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора №171-Д от 24.11.2022 года и переутверждена приказом ректора №52-Д от 15.04.2025 года.

Соискатель Аль-Бадри Фракад Фисаль Аидан в 2015 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению 03.04.02 Физика с присвоением квалификации Магистр.

Справка о сданных кандидатских экзаменах № 53-2025 выдана 15.10.2025 года Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». В период подготовки диссертации с 2022 по настоящее время соискатель обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» по специальности 1.5.2 Биофизика.

Научный руководитель: Скрипаль Анатолий Владимирович, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой медицинской физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», утвержденный приказом ректора №171-Д от 24.11.2022 года, представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании кафедры медицинской физики института физики с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ и других научных учреждений.

На заседании присутствовали:

1. Скрипаль Ан.В., доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
2. Генина Э.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры оптики и биофотоники, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
3. Романова Е.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры медицинской физики, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
4. Зимняков Д.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры медицинской физики, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,

5. Скрипаль Ал.В., доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики твёрдого тела, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
6. Дмитриев В.В., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
7. Постельга А.Э., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики твёрдого тела, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
8. Калинин М.Ю., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
9. Добдин С.Ю., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики твёрдого тела, СГУ имени Н.Г. Чернышевского, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
10. Рытик А.П., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
11. Верхов Д.Г., ассистент кафедры медицинской физики, СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
12. Инкин М.Г., ассистент кафедры физики твёрдого тела, СГУ имени Н.Г. Чернышевского.

Рецензенты диссертации:

Зимняков Дмитрий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор представил положительный отзыв, в котором указал, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 №842.

Рытик Андрей Петрович, кандидат физико-математических наук, доцент представил положительный отзыв, в котором указал, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 №842.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

Диссертационная работа Аль-Бадри Фракад Фисаль Аидан «Анализ изменения кровотока в микроциркуляторном русле методами лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2 – Биофизика, представляет законченное исследование, посвященное исследованию биофизических механизмов регулирования динамики кровотока на основе новых диагностических подходов к анализу периферической гемодинамики в микрососудах методами лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии при проведении нескольких функциональных проб, и соответствует требованиям п.9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 №842, для кандидатских диссертаций.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью развития новых диагностических подходов к анализу периферической гемодинамики в микрососудах методами лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии при проведении нескольких функциональных проб для совершенствования ранней диагностики, профилактики и лечения заболеваний, связанных с нарушениями микроциркуляции.

Новизна исследований, проведенных в ходе диссертационной работы, состоит в следующем:

1. Использование теплового воздействия на организм человека при проведении функциональной пробы, связанной с изменением положения руки, приводит к изменению функционального резерва кровообращения микроциркуляторного русла и его сосудистого тонуса. Артериальная гемодинамика молодого человека без выраженных сосудистых патологий реагирует на тепловое воздействие уменьшением тонуса сосудистой системы, приводящая к расширению артериол и увеличению количества функционирующих капилляров.

2. Результаты исследования показали статистически значимое увеличение отличий между различными положениями руки при увеличении температуры воздуха в комнате. Для положений руки на уровне, выше и ниже уровня сердца при температуре воздуха 20 ± 1 °C была зафиксирована статистически значимая разница по t-критерию Стьюдента для зависимых выборок ($p < 0.001$). Для тех же положений руки, но при температуре воздуха 30 ± 1 °C значение $p < 0.0001$.

3. Проведенные исследования изменения параметров гемодинамики микроциркуляторного русла и флуоресцентной спектроскопии хорошо коррелируют как с изменением показателя микроциркуляции при изменении положения конечности, так и с изменением амплитуды флуоресценции кофермента никотинамидадениндинуклеотида (НАДН). При этом обнаружено, что проведение трехкратной функциональной пробы способствует увеличению достоверности исследований и увеличивается при проведении второго и третьего циклов исследования.

4. При однократном и двухкратном повторении пробы с изменением положения конечности из положения «вверх» в положение «на уровне сердца» в группе здоровых испытуемых наблюдается увеличение амплитуды нейрогенных и миогенных колебаний кровотока в микроциркуляторном русле, а также увеличение показателя окислительного метаболизма. При этом данная проба приводит к снижению значения кофермента НАДН.

5. В группе участников среднего и старшего возраста обнаружено влияние веноуло-артериолярного рефлекса на показатель микроциркуляции при проведении последовательности проб с изменением положения руки. При этом, при поднимании руки показатель микроциркуляции в положении руки «вверх» у молодых участников исследования значительно уменьшался, в то время как в группе участников среднего и старшего возраста показатель микроциркуляции в положении руки «вверх» после резкого снижения имел тенденцию к увеличению. Амплитуды нейрогенных и миогенных колебаний микрососудистого кровотока при этом имели в основном разнонаправленный характер в отсутствии веноуло-артериолярного рефлекса, и при его наличии. Такое различие объяснено нарастающей активизации нейрогенных и миогенных колебаний микрососудистого кровотока при возникновении веноуло-артериолярного рефлекса, что способствует восстановлению величины объемного кровенаполнения.

Научная и практическая значимость результатов работы:

1) Анализ изменений параметров кровотока при одновременном применении нескольких функциональных проб создает принципиально новую методологическую основу для исследований, направленных на выявление адаптационного потенциала системы кровообращения и прогнозирования индивидуального риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Разработанный подход позволяет перейти от констатации статических показателей микроциркуляции к динамической оценке функциональных резервов системы, что имеет важное значение для ранней доклинической диагностики и разработки персонализированных профилактических мероприятий.

2) Практическая ценность проведенного исследования заключается в разработке современных методов оценки состояния микроциркуляторного русла с использованием комбинации лазерной доплеровской флоуметрии и функциональных проб. Предложенный диагностический комплекс позволяет осуществлять высокоточную оценку параметров периферического кровотока и выявлять нарушения микроциркуляции на ранних стадиях, что существенно повышает качество диагностики широкого спектра сердечно-сосудистых заболеваний, включая артериальную гипертензию, диабетическую ангиопатию и другие нарушения периферического кровообращения.

3) Важным практическим аспектом является возможность использования разработанного подхода в профилактической медицине для скрининговой оценки состояния микроциркуляции у лиц с факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, что позволит осуществлять своевременное назначение превентивных мероприятий и снижать риск развития осложнений.

Личный вклад автора выразился в постановке и проведении экспериментов, разработке алгоритмов обработки и подготовки экспериментальных данных, критическом анализе литературных данных, написании оригинальных разделов статей, формулировании выводов и положений, выносимых на защиту.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается соответствием экспериментальных результатов научным данным современной базы исследований, применением сертифицированной современной измерительной аппаратуры, обработкой результатов измерений с использованием лицензированного программного обеспечения.

Апробация работы. Работа выполнена на кафедре медицинской физики Саратовского государственного университета в период 2022-2025 годов. Основные положения и результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, докладывались и обсуждались на мероприятиях:

1. Всероссийская научная школа-семинар «Взаимодействие СВЧ, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами», 24-25 мая 2023 г., Саратов, Россия.

2. XIV Международная конференция по микроциркуляции и гемореологии Ярославль, 10-11 июля 2023 г.

3. 11th International Symposium on Optics and Biophotonics. Conference on Optical Technologies in Biophysics & Medicine XXV. Саратов, 25-29 сентября 2023 г.

4. Четвертая международная научно-практическая конференция. Экспериментальные и клинические аспекты микроциркуляции и функции эндотелия. Смоленск, 10 - 11 октября 2024 г.

5. Saratov Fall Meeting SFM'24. 12th International Symposium "Optics and Biophotonics". Optical Technologies in Biophysics & Medicine XXVI. Саратов, 25-29 сентября 2024 г.

6. Всероссийская научная школа-семинар «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине», 20-21 ноября 2024 г., Саратов, Россия.

7. На семинарах кафедры медицинской физики.

Полнота изложения материалов диссертации в публикациях соискателя:

Всего по теме диссертации опубликовано 7 научных работ, из них, удовлетворяющих требованиям ВАК, 3 статьи: 1 статья в зарубежных рецензируемых научных изданиях, индексируемых реферативными базами данных Web of Science и/или Scopus, отнесенной к категории К-1; 2 статьи в научных изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК и отнесенных к категории К-2.

Статьи в российских и зарубежных рецензируемых научных изданиях, индексируемых реферативными базами данных Web of Science и/или Scopus:

1. Скрипаль Ан. В., Верхов Д. Г., Аль-Бадри Фракад, Машков К. В., Усанов А. Д., Сагайдачный А. А., Ключков В. А. Проявление вено-артериального рефлекса, вызванного изменением положения руки, при измерениях микроциркуляции крови методом лазерной доплеровской флоуметрии // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 53–66. *Личный вклад соискателя выразился в проведении измерений показателя микроциркуляции крови методом лазерной доплеровской флоуметрии у всех участников исследования, обработке результатов экспериментальных данных, участии в формулировании выводов.*

Статьи в научных изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК и отнесенных к категориям К-1 или К-2, либо индексируемых базой данных RSCI:

2. Скрипаль А.В., Фаркад А., Машков К.В., Усанов А.Д., Аверьянов А.П. Лазерная флоуметрия микроциркуляции крови пальца руки в зависимости от внешней температуры и положения конечности // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2023;22(4):35-41. *Личный вклад соискателя выразился в проведении измерений зависимости объемного кровотока от внешней температуры и положения конечности, расчете амплитуд нейрогенных и миогенных колебаний кровотока в микроциркуляторном русле, участии в формулировании выводов.*
3. Скрипаль Ан. В., Верхов Д. Г., Фаркад Аль-Бадри, Машков К. В., Усанов А. Д., Сагайдачный А. А., Залетов И. С., Ключков В. А. Оценка микроциркуляции крови и окислительного метаболизма биоткани в конечности при изменении ее положения методами лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2024;23(4):56–66. *Личный вклад соискателя выразился в проведении измерений показателя окислительного метаболизма биоткани и показателя микроциркуляции в конечности при изменении ее положения, обработке результатов экспериментальных данных, участии в формулировании выводов.*

Публикации в других изданиях

4. Машков К.В., Аль-Бадри Ф., Верхов Д.Г., Сагайдачный А.А., Усанов А.Д., Скрипаль Ан.В. Анализ микроциркуляции крови в сосудах конечности методом флуоресцентной спектроскопии // Смоленский медицинский альманах. 2024. № 4. С. 96-99.
5. Верхов Д.Г., Аль-Бадри Ф., Сагайдачный А.А., Добдин С.Ю., Усанов А.Д., Скрипаль Ан.В. Определение резистивности сосудов по форме пульсовой волны давления / Сборник статей Всероссийской школы-семинара «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине». Саратов. 2024. С. 28-30.
6. Усанов А.Д., Фаркад А.Б., Машков К.В., Скрипаль А.В., Аверьянов А.П. Измерения индекса микроциркуляции периферической системы кровообращения с применением ортостатической и тепловой пробы // В книге: Микроциркуляция и гемореология // Материалы XIV международной научной конференции по микроциркуляции и гемореологии. Ярославль, 2023. С. 102.
7. Скрипаль Ан.В., Аль-Бадри Ф., Машков К.В., Аверьянов А.П., Усанов А.Д., Добдин С.Ю. Лазерная доплеровская флоуметрия с применением ортостатической и тепловой пробы // В сборнике десятой Всероссийской научной школы-семинара: Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами. Саратов, 2023. С. 299-302.

Общая оценка диссертации.

Диссертационная работа Аль-Бадри Фракад Фисаль Аидан «Анализ изменения кровотока в микроциркуляторном русле методами лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи по биофизике, связанной с исследованием биофизических механизмов регулирования динамики кровотока на основе новых диагностических подходов к анализу периферической гемодинамики в микрососудах методами лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии. Проведенные исследования подтверждены экспериментальными результатами.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.5.2. «Биофизика» (отрасль науки – физико-математические) по направлениям исследований: «Общая биофизика: биофизика регуляторных процессов», «Биофизика сложных систем: медицинская биофизика», «Теоретическое и экспериментальное исследование физических процессов, протекающих в биологических системах разного уровня организации, в том числе исследование воздействия различных видов излучений и других физических факторов на биологические системы».

Диссертационная работа Аль-Бадри Фракад Фисаль Аидан «Анализ изменения кровотока в микроциркуляторном русле методами лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2 – «Биофизика», как удовлетворяющая требованиям п.9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 №842, для кандидатских диссертаций.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры медицинской физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского». Присутствовало на заседании 5 докторов наук и 5 кандидатов наук по профилю диссертации.

Результаты открытого голосования: «за» – **10** чел.; «против» – **нет**, «воздержалось» – **нет** (протокол № 2 от «16» октября 2025 г.).

Председатель заседания

кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры медицинской физики
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Рытик Андрей Петрович

