

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-технологической
деятельности и аттестации научных

кадров ФГБОУ ВО «Орловский

государственный

университет имени И.С. Тургенева»,

д.т.н., профессор

С.Ю. Радченко

«30» Января 2024 года



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Залетова Ивана Сергеевича «Возможности анализа периферической гемодинамики методами импедансной реографии и ультразвуковой доплерографии», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2. – Биофизика.

Актуальность темы диссертационной работы

Контроль гемодинамики в крупных и мелких кровеносных сосудах требует измерения объемного кровотока, что включает одновременное определение скорости кровотока и размера сосуда. Однако использование отдельных не синхронизированных методов для контроля этих параметров не позволяет оценить динамику объемного кровотока. Поэтому разработка физических методов одновременного измерения объемных и скоростных показателей кровотока в периферических сосудах, как в норме, так и при различных заболеваниях, является актуальной биофизической задачей в области медицинской диагностики.

Диссертационная работа Залетова Ивана Сергеевича посвящена исследованию возможности анализа сигналов, получаемых синхронно

методами импедансной реографии и ультразвуковой доплерографии, и их верификации с помощью инфракрасной термографии, раскрытию новых диагностических возможностей анализа периферической гемодинамики в микро- и макрососудах. В диссертационной работе решались задачи, связанные с разработкой методов анализа средневзвешенной скорости кровотока, основанного на непрерывном измерении доплеровского спектра ультразвукового сигнала и декомпозиции форм пульсовых волн, регистрируемых с использованием импедансной реографии и ультразвуковой доплерографии с целью установления их взаимосвязи в состоянии физиологического покоя и при проведении нагрузочных проб. Также в работе решалась задача по выявлению нарушений регуляции тонуса периферических сосудов в группе пациентов с диагнозом артериальная гипертония. В последнее десятилетие в российской и зарубежной научной литературе отмечается возрастающий интерес к указанному направлению исследований, что подтверждается ростом количества публикаций на тему неинвазивной диагностики, сочетающей одновременное использование нескольких физических модальностей. В связи с вышеизложенным можно заключить, что актуальность выбранной темы диссертационной работы И.С. Залетова не вызывает сомнений.

Новизна исследований и полученных результатов заключается в следующем:

1. Установлено, что средневзвешенное значение скорости кровотока в лучевой артерии имеет малое отклонение от значения равного половине максимальной скорости кровотока и отличается от него на величину не более 5% при комфортных условиях окружающей среды в состоянии физиологического покоя.
2. В эндотелиальном диапазоне колебаний кровотока установлена высокая корреляция между сигналами скорости кровотока лучевой артерии и объемного кровотока дистальной фаланги указательного пальца.

3. Показано, что вариабельность произведения огибающей систолических пиков скорости кровотока и объема сосуда сохраняет осциллирующий характер относительно среднего значения вне зависимости от проведения дыхательной и окклюзионной проб.
4. Впервые показано, что дополнительный положительный пик волны объема крови в сосуде, измеренный методом импедансной реографии, и отрицательный пик волны скорости кровотока, зарегистрированный методом ультразвуковой доплерографии, возникают одновременно.
5. Продемонстрирована эффективность достижения симпатолита с помощью нагрева биоткани для оценки динамического диапазона регуляции периферической гемодинамики в группе пациентов с диагнозом артериальной гипертонии, находящихся на медикаментозной терапии.

Практическая значимость исследований и полученных результатов

1. Представленная в работе информация о распределении форменных элементов крови по скоростям кровотока в перспективе может позволить обнаружить области с аномальным (турбулентным) кровотоком при детектировании существенных отклонений от нормального соотношения между максимальной и средней скоростями кровотока.
2. Анализ динамики дополнительного пика, возникающего между основным систолическим и диастолическим пиками реограммы, дает возможность оценивать динамику периферического сопротивления сосудистой системы.
3. Взаимосвязь объемного кровотока микрососудов дистальных фаланг и скорости кровотока лучевой артерии, продемонстрированная в данной работе, показывает возможность изучения механизмов регуляции тонуса макрососудов путем анализа кровотока в области дистальных фаланг пальцев.
4. Показана возможность использования параметра объемного кровотока,

полученного как произведение сигналов скорости течения крови и объема сосуда, для характеристики процессов авторегуляции.

5. Установлено, что использование комплекса из гравитационной и тепловой проб для тестирования пациентов с установленным диагнозом артериальная гипертония, позволяет по анализу величины амплитуды систолического пика реографической кривой оценивать состояние механизмов регуляции периферической гемодинамики.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, библиографического списка (126 наименований). Работа изложена на 117 листах, включает 1 таблицу и 53 рисунка.

Содержание работы

Во **Введении** обосновывается актуальность темы исследований, проводимых в рамках данной диссертации, формулируются цели и задачи работы, описываются научная новизна и практическая значимость диссертации, а также излагаются основные результаты и положения.

В **первой главе** диссертации рассматриваются современные исследования в области применения ультразвуковых и биоимпедансных методов оценки гемодинамики. Проанализированы основные методы исследования периферической гемодинамики области запястий и ладоней, а также приводится обзор нагрузочных проб, используемых для выявления нарушений в работе механизмов регулирования периферического кровообращения

Вторая глава диссертации посвящена разработке алгоритмов для извлечения полезной информации из экспериментальных данных, полученных с помощью ультразвуковой доплерографии и импедансной реографии. Описан алгоритм обработки сигналов доплерографии, который позволил вычислить параметр средней скорости кровотока, отражающий количество эритроцитов с разной скоростью в доплеровском спектре. Сравнив этот параметр со средней скоростью параболического потока, автор сделал вывод о

диагностической ценности средней скорости для оценки ламинарности кровотока. Также был представлен алгоритм разделения сигнала реографии на высоко- и низкочастотные компоненты с последующим выделением огибающих основных пиков пульсовой волны из высокочастотного сигнала.

В третьей главе диссертации описывается исследование взаимосвязи между скоростью кровотока в лучевой артерии, размером лучевой артерии и кровообращением в микрососудах кисти в эндотелиальном, нейрогенном и миогенном диапазонах колебаний кровотока. В рамках этого исследования анализировались данные, полученные с помощью методов импедансной реографии, ультразвукового доплеровского исследования и инфракрасной термографии в группе условно здоровых испытуемых в состоянии физиологического покоя. В ходе анализа установлена корреляция сигналов скорости кровотока, регистрируемой методом ультразвуковой доплерографии и микрокровотока дистальных фаланг пальцев, регистрируемого методом двумерной термографии на уровне 0.6

В четвертой главе проводится исследование взаимосвязи формы пульсаций объема сосуда и скорости кровотока, а также анализ варибельности формы пульсовой волны при проведении дыхательной пробы. Описывается реакция кровотока лучевой артерии на дыхательную и окклюзионную пробы. С помощью алгоритма построения суммарных пульсовых волн объема и скорости кровотока показано, что дополнительный пик в кривой объема совпадает по времени с отрицательным пиком на кривой скорости. Автор делает вывод, что дополнительный систолический пик на кривой объема, регистрируемый с помощью импедансной реографии в позднюю систолу, вызван волной, распространяющейся в обратном (проксимальном) направлении по сосудистой системе. Представлена противоположная динамика сигналов объема и скорости кровотока при проведении дыхательных и окклюзионных проб.

В пятой главе изучается динамика гемодинамических показателей в ответ на гравитационную пробу в группе здоровых испытуемых и группе

пациентов с диагнозом артериальная гипертония в состояниях до и после температурного симпатолита, достигаемого путем нагрева конечности испытуемого в термостате с температурой воды 42 °С. Установлено, что достижение состояния температурного симпатолита позволяет оценить динамический диапазон регуляции периферической гемодинамики в норме и при артериальной гипертонии.

В заключении автор суммирует итоги, проведенного исследования, приводит выводы, обобщая результаты работы и предлагает направления дальнейшего развития.

По тексту диссертации имеются следующие замечания:

1. В качестве цели диссертационной работы автором заявлено «Раскрытие новых диагностических возможностей анализа периферической гемодинамики в микро- и макрососудах совместно методами импедансной реографии и ультразвуковой доплерографии, и их верификация с помощью методов двухмерной визуализации гемодинамических процессов». В чем, по мнению автора, могут заключаться новые диагностические возможности и для каких областей медицины?
2. В диссертации подробно не обсуждается возможна ли, в рамках развитой в работе методики измерений параметров гемодинамики в сочетании с ультразвуковой доплерографией, замена импедансной реографии на широко распространенный метод анализа гемодинамики - фотоплетизмографию.
3. Недостаточно подробно описаны причины выбора для анализа низкочастотных ритмов колебаний гемодинамики. По какой причине не оценивались дыхательные и сердечные ритмы выше 0,1 Гц?
4. В работе показана высокая корреляция гемодинамических колебаний в лучевой артерии и дистальной фаланге пальца руки в эндотелиальном диапазоне регуляции тонуса сосудов. В чем причина более высоких значений корреляции в эндотелиальном диапазоне и

низких значений в нейрогенном и миогенном диапазонах?

5. В работе недостаточно подробно описаны группы испытуемых, участвовавших в экспериментах с длительными записями сигналов скорости, объема и температуры в состоянии физиологического покоя.
6. Отсутствуют подписи на осях диаграмм размаха, представленных в главах 3 и 5.

Следует отметить, что данные замечания носят частный характер и не снижают общего положительного впечатления от работы. Характеризуя диссертацию в целом, следует отметить, что работа Залетова И.С. является законченным научным исследованием, направленным на решение современных задач биофизики. Диссертация написана профессиональным языком, изложение сопровождается ссылками на авторитетные научные издания. Результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в 17 научных работах, из них: 3 статьи, удовлетворяющие рекомендациям ВАК (1 статья в зарубежных рецензируемых научных изданиях из квартиля Q1, индексируемых международными реферативными базами данных Web of Science и/или Scopus; 2 статьи в научных изданиях, отнесенных к категории K1), 1 патент РФ, 2 свидетельства о гос. регистрации программы для ЭВМ. Содержание опубликованных работ полностью отражает содержание диссертации.

Заключение

По актуальности решаемых задач, объему выполненных исследований, уровню их обсуждения и научной значимости диссертация И.С. Залетова является законченным научным исследованием. Научные положения и результаты диссертации четко обоснованы. Автореферат дает полное представление о содержании диссертации.

На основе вышеизложенного можно заключить, что диссертация «Возможности анализа периферической гемодинамики методами импедансной реографии и ультразвуковой доплерографии» является

законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует требованиям пунктов 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации Залетов И.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2. – Биофизика.

Диссертация обсуждена и отзыв на диссертацию утверждён на заседании научно-технологического центра биомедицинской фотоники (протокол №1 от «19» января 2024 г.).

Ведущий научный сотрудник научно-технологического центра биомедицинской фотоники,
профессор кафедры приборостроения,
метрологии и сертификации



доктор технических наук, доцент Дунаев Андрей Валерьевич

«29» января 2024 г.

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»

ул. Комсомольская, д. 95, г. Орел, 302026, Российская Федерация

<https://oreluniver.ru/>

тел: +7(4862)751-318

e-mail: info@oreluniver.ru