

## **Отзыв официального оппонента Танканаг А.В.**

на диссертационную работу Залетова Ивана Сергеевича

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

### **Актуальность диссертационной работы**

Разработка бимодального метода, позволяющего одновременно измерять скорость кровотока и объем сосудов, с целью анализа объемного кровотока, контроля гемодинамики крупных и мелких кровеносных сосудов, является актуальной задачей в области биофизики сложных систем. Использование изолированно таких современных методов оценки периферической гемодинамики как лазерная доплеровская флуометрия, фотоплетизмография, ультразвуковая доплерография, реография, инфракрасная термография не позволяет определять параметры объемного кровотока. В данной диссертационной работе выполнен ряд исследований, направленных на установление взаимосвязей параметров гемодинамики, таких как скорость кровотока, объем сосуда, объемная скорость микрососудистого кровотока в состоянии физиологического покоя, а также при проведении ряда физиологических проб, активизирующих комплекс механизмов регуляции тонуса сосудов. Помимо этого, в работе рассматривается возможность оценки состояния механизмов регуляции тонуса сосудов пациентов с диагнозом артериальная гипертония путем анализа реакции на последовательное воздействие тепловой и гравитационной проб.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы**

Диссертационная работа Залетова И.С. является законченным исследованием. Её обоснованность и достоверность подтверждается многочисленными устными и стендовыми сообщениями на всероссийских и международных конференциях. Результаты трех работ опубликованы в научных журналах из квартиля Q1 и изданиях, отнесенных к категории K2. Задачи, поставленные в диссертации Залетова И.С., предмет исследования, результаты, выводы полностью соответствуют специальности 1.5.2. – Биофизика.

## **Основное содержание работы**

Диссертационная работа Залетова И.С. состоит из введения, основной части, содержащей 5 глав, заключения, и списка цитируемой литературы, включающего 126 наименований. Полный объем диссертации составляет 117 страниц и содержит 53 рисунка.

**Во Введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость и достоверность полученных результатов, излагаются основные результаты и положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** представляет собой критический анализ литературы, относящейся к проблеме исследования. Детально обсуждаются особенности импедансных и ультразвуковых методов исследования периферической гемодинамики, проведена оценка преимуществ и ограничений представленных методов. Проведен обзор нагрузочных проб различной интенсивности, используемых для диагностики нарушений функционирования механизмов регуляции периферической гемодинамики. Приведен обзор существующих работ, в которых демонстрируется возможность совместного использования методов импедансной реографии и ультразвуковой доплерографии.

**Во второй** главе диссертации описываются разработанные алгоритмы извлечения полезных данных из экспериментальных записей ультразвуковой доплерографии и импедансной реографии. Представлен алгоритм обработки сигнала ультразвуковой доплерографии для определения средневзвешенного значения скорости кровотока. Установлена взаимосвязь средневзвешенной скорости и средней скорости модельного параболического кровотока для выборки ультразвуковых записей группы условно здоровых испытуемых и людей без установленных патологий, обладающих нетипичным доплерографическим спектром, на основе чего делается вывод о диагностическом потенциале полученной взаимосвязи. Также предлагается алгоритм разделения сигнала реографии на высокие и низкие частоты с последующим выделением основных пиков пульсовой волны из высокочастотной составляющей сигнала.

**В третьей** главе описаны результаты исследований автора, связанные с определением взаимосвязи между сигналами скорости кровотока в лучевой артерии, объемом лучевой артерии и кровообращением в микрососудах кисти в трёх диапазонах регуляции (эндотелиальном, нейрогенном, миогенном). Представлены результаты вейвлет-анализа экспериментальных сигналов в виде матрицы корреляции и карты распределения корреляции на поверхности исследуемого участка.

**Четвертая глава** посвящена исследованию взаимосвязи форм пульсовой волны реографического и доплерографического сигналов, а также вариабельность формы пульсовой волны в ответ на проведение дыхательной и окклюзионной проб. В ходе работ установлена противоположная направленность амплитудной динамики экспериментальных сигналов при проведении проб. Показано, что дополнительный пик на реографической кривой, расположенный между систолическим и диастолическим пиком, возникает одновременно с отрицательным диастолическим пиком доплерографического сигнала.

**В пятой главе** представлено исследование динамики параметров кровотока пациентов с диагнозом артериальная гипертония. В качестве нагрузки, вызывающей реакцию со стороны механизмов регуляции кровотока, был выбран комплекс из гравитационной и тепловой проб. В заключении главы делается вывод о том, что анализ динамики амплитуды систолического пика пульсовой волны позволяет проводить оценку состояния механизмов периферической гемодинамики у людей с диагнозом артериальная гипертония.

**В заключении** обобщаются основные результаты работы.

#### **Новизна и практическая значимость диссертационной работы**

В работе впервые установлено, что параметр средневзвешенной скорости кровотока в лучевой артерии приближен к величине половины максимальной скорости кровотока и имеет отклонение на величину не более 5% максимальной скорости в состоянии физиологического покоя. Показано, что дополнительный пик на реографической кривой, возникающий между систолическим и диастолическим пиками, совпадает по времени возникновения с отрицательным пиком кривой ультразвуковой доплерографии. Метод вейвлет корреляции применен для оценки взаимосвязи кровотока мелких сосудов кисти и параметров объема и скорости кровотока в лучевой артерии. На основе экспериментальных данных продемонстрировано, что объемный кровоток сохраняет осциллирующий характер относительно среднего значения вне зависимости от проведения нагрузочных проб. В диссертации приведено большое количество хорошо систематизированного экспериментального материала. Можно отметить наглядность приведенных графических материалов, что позволяет легко ориентироваться, находить и сравнивать данные.

Практическая значимость работы обусловлена важностью полученных результатов в области диагностики состояния механизмов регуляции

периферической гемодинамики пациентов с установленным диагнозом артериальная гипертония.

### **Заключение**

Диссертационная работа Залетова Ивана Сергеевича является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе 3 работы в изданиях, удовлетворяющих рекомендациям ВАК, и зарубежных изданиях, индексируемых Web of Science и/или Scopus. Автореферат полностью отражает содержание работы.

Вместе с тем, при общей высокой оценке новизны и практической значимости работы, в процессе ее изучения возник ряд вопросов и замечаний:

1. На рисунке 39 корреляция пар сигналов импедансной реографии – ультразвуковой доплерографии и импедансной реографии – инфракрасной термографии в миогенном диапазоне имеет значения вблизи нуля. При этом не понятно по какой причине не проявляется корреляция на частоте 0.1 Гц, которую следовало бы ожидать как следствие центральных влияний, например, образующихся волн Майера.
2. На рисунках 45, 46, 49 указаны моменты вдохов, из которых можно понять какое количество вдохов и временной интервал между вдохами использовались в процессе дыхательной пробы, но протокол проведения дыхательной пробы в тексте диссертации подробно не описан.
3. В главе 5 описывается реакция системы регуляции тонуса периферических сосудов на комплекс проб в группе пациентов с артериальной гипертонией, находящихся на медикаментозной терапии. Медицинские препараты оказывают влияние на регуляцию тонуса периферических сосудов, в связи с чем, возможно, было бы более корректно провести исследование в группе пациентов с артериальной гипертонией до прохождения медикаментозной терапии.
4. В тексте работы местами встречаются стилистические погрешности и пунктуационные ошибки (пропущенные или лишние запяты).

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не влияют на общее положительное впечатление от диссертационной работы. С учетом всего вышеизложенного, считаю, что диссертационное исследование представляет собой завершенную научно-квалификационную работу,

выполненную на высоком уровне и в полной мере соответствующую требованиям новизны, научно-практической значимости и достоверности, которые предъявляются к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в соответствии с пунктами 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Залетов Иван Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2. – Биофизика.

Официальный оппонент – Танканаг Арина Владимировна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории механизмов регуляции биосистем федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт биофизики клетки Российской академии наук – обособленного подразделения федерального исследовательского центра «Пушинский научный центр биологических исследований Российской Академии наук». Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук защищена по специальности 03.00.02 – «Биофизика».

«20» февраля 2024 года

Адрес места работы:

Институт биофизики клетки Российской академии наук - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пушинский научный центр биологических исследований Российской академии наук»

142290, г. Пущино Московской области, Институтская, 3, ИБК РАН

tav@icb.psn.ru

Подпись к.б.н. Танканаг Арины Владимировны подтверждаю



*Зав. катед.*  
*С.А. Токарев*