

Отзыв официального оппонента

на диссертацию

Баатырова Рахима Таалайбековича

«Моделирование пульсовой волны давления с учетом суммарного объемного кровотока, являющегося результатом сложения возникающих в артериях прямого и обратного кровотока»

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «Биофизика»

Диагностика сердечно-сосудистой системы человека остается актуальной проблемой современной медицины. Существует потребность в быстрых и простых методах измерения основных физических параметров кровотока, таких как объемная скорость потока крови, вязкость крови, упругость стенок сосудов и т.п. При этом возрастают требования к информативности, точности и надежности измерений. В русле этих исследований лежит диссертационная работа Баатырова Рахима Таалайбековича, представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности биофизика.

Основной темой этой работы является практическая реализация нового метода пульсовой диагностики, основанного на измерении давления крови в артерии как функции времени.

Из общих соображений ясно, что форма колебания давления крови в сосудах несет в себе информацию о состоянии сердечно-сосудистой системы человека. Основные характеристики этого колебания – его частота и амплитуда – уже давно стали предметом рутинных измерений и относятся к числу параметров, широко используемых в медицинской практике. Измерения этих параметров помогают ставить диагноз и определять тактику лечения многих заболеваний, в том числе таких широко распространенных заболеваний как артериальная гипертония, ишемическая болезнь сердца и сахарный диабет.

Развитие измерительной техники, электроники и компьютерных методов обработки данных ставит вопрос о том, нельзя ли получить дополнительную диагностически ценную информацию о состоянии сердечно-сосудистой системы человека на основе измерения других параметров колебания давления крови в сосудах. В последние годы в этом направлении ведутся интенсивные исследования. Разрабатываются новые методики измерений, строятся новые приборы, развиваются теоретические модели кровеносной системы человека как распределенной колебательной системы. Это интересное и перспективное направление исследований. Однако работа в этой области трудна в силу чрезвычайной сложности основного объекта исследований – кровеносной системы человека.

В идеале методика измерений параметров кровеносной системы должна строиться на основе решения задачи гемодинамики, т.е. на основе решения уравнений, связывающих параметры кровеносной системы с физическими величинами, доступными для измерения. Это очень сложная задача. Первая проблема заключается в том, как выбрать адекватный набор параметров кровеносной системы. Вторая проблема – как выбрать набор измеряемых величин и обеспечить достаточную точность их измерения. Третья проблема – как построить алгоритм обработки данных так, чтобы он давал достаточную точность измерений в широкой области изменения параметров и обладал бы устойчивостью по отношению к шумам различной природы. Наконец, важной является проблема практической реализации методики. Измерения не должны быть долгими и трудоемкими. Желательно, чтобы не требовались дорогостоящие расходные материалы, чтобы экспериментальная установка была простой и надежной, не требовала частой настройки и юстировки, чтобы для ее обслуживания и поддержания в рабочем состоянии не требовался высококвалифицированный персонал. Вдобавок установка должна быть недорогой и компактной.

Все сказанное в полной мере относится к задаче, которая решалась в кандидатской диссертации Р. Т. Баатырова.

В первой главе диссертации автор дает критический анализ современного состояния исследований в области пульсовой диагностики.

Во второй главе диссертации представлена математическая модель гемодинамики в магистральных сосудах кровеносной системы человека. Обсуждаются физические аспекты типичной зависимости давления крови в артерии от времени. Модель принимает во внимание то, что в течение одного сердечного цикла направление движения крови в артерии может меняться вследствие эффекта отражения пульсовой волны от периферической части кровеносной системы. Особенности формы пульсового колебания связаны с такими параметрами как продолжительность отдельных фаз сердечного цикла, систолическое давление, гидродинамическое сопротивление аортального клапана сердца и периферической части кровеносной системы. Гидродинамическое сопротивление периферической части кровеносной системы, в свою очередь, связано с состоянием гладкомышечной системы сосудов и с регуляцией состояния этой системы клетками сосудистого эндотелия, которые играют роль датчиков сдвигового напряжения, возникающего при движении крови в сосуде. Теоретический анализ, проведенный во второй главе диссертации, позволил автору установить связь второй производной артериального давления крови по времени с отношением скорости обратного кровотока к скорости прямого кровотока.

В третьей главе диссертации описан программно-аппаратный комплекс, созданный автором для измерений пульсовых колебаний давления крови на плечевой артерии. Этот комплекс включает в себя настольную рабочую станцию, манжету со встроенным датчиком давления, аналогово-цифровой преобразователь, персональный компьютер, устройство частотной фильтрации, комплект программного обеспечения. В качестве измеряемых параметров эта система выдает амплитуду колебаний давления крови в артерии, частоту сердечных сокращений, длительности фаз сердечного цикла, а также величину показателя формы пульсового колебания, характеризующего среднее значение

второй производной артериального давления крови по времени. На основе этих данных измерительный прибор способен оценивать индекс отражения пульсовой волны от периферической части кровеносной системы. Этот индекс определяется как отношение амплитуды обратного кровотока к амплитуде прямой волны.

В этой же главе диссертации приведены результаты измерения индекса отражения пульсовой волны у группы подростков и юных спортсменов. Этот индекс измерялся на плечевой артерии испытуемых при нормальных условиях, а также в условиях окклюзионной пробы, когда кровоток в артерии восстанавливается после его кратковременной искусственной остановки. Анализ полученных данных показал, что в условиях покоя индекс отражения пульсовой волны у юных спортсменов выше, чем для неспортивной группы обследуемых. Различной оказалась и динамика изменения индекса отражения пульсовой волны в условиях окклюзионной пробы для указанных двух групп испытуемых. Таким образом, разработанная в диссертации Р. Т. Баатырова методика измерения параметров кровотока демонстрирует чувствительность к особенностям функционального состояния сосудистой системы человека, вызванным регулярными интенсивными физическими нагрузками.

В четвертой главе диссертации проведены прямые измерения направления и скорости кровотока в плечевой артерии, выполненные методом ультразвуковой доплерографии. Данные, представленные в этой главе, подтверждают факт существования отраженной пульсовой волны, когда на определенной фазе сердечного цикла направление тока крови в артерии меняется на противоположное.

В пятой главе диссертации представлены результаты окклюзионной пробы состояния сердечно сосудистой системы у группы молодых людей из 71 человека. Методом ультразвукового сканирования измерялся диаметр артерии и скорость кровотока. Осциллометрическим методом измерялся параметр формы пульсового колебания. Оба метода измерений дали сходные результаты, состоящие в том, что у основной массы испытуемых (92 %) была выявлена нормальная реакция сосудистой системы на функциональную пробу, тогда как у небольшого числа испытуемых (8 %) была выявлена аномальная реакция сосудистой системы на функциональную пробу. Этот результат позволил Р. Т. Баатырову сделать вывод о том, что измерение параметров пульсового колебания может рассматриваться как один из методов экспресс диагностики состояния сердечно сосудистой системы человека.

В шестой главе диссертации представлены результаты окклюзионной пробы состояния сердечно сосудистой системы у группы молодых спортсменов высокого класса и у контрольной группы молодых людей. Методом ультразвукового сканирования измерялась объемная скорость кровотока в плечевой артерии. Осциллометрическим методом измерялся показатель формы пульсового колебания. Оба метода измерений дали сходные результаты, состоящие в том, что у контрольной группы молодых людей была выявлена положительная реакция сосудистой системы, а у группы спортсменов – отрицательная реакция сосудистой системы на окклюзионную пробу. Полученные данные демонстрируют чувствительность показателя формы пульсового колебания к особенностям сердечно сосудистой системы, обусловленным регулярными интенсивными физическими нагрузками.

Резюмируя, отметим, что диссертация Р. Т. Баатырова представляет собой завершённое исследование одной из актуальных проблем медицинской диагностики. Диссертация включает в себя постановку задачи, теоретическое обоснование предлагаемого метода оценки состояния сердечно-сосудистой системы человека, создание программно-аппаратного комплекса, проведение измерений на большой группе испытуемых, сопоставление данных, полученных разными методами, анализ результатов и выводы.

Результаты диссертации опубликованы в научных журналах и доложены автором на научных конференциях. Новизна и полезность созданного прибора подтверждена патентом на изобретение. Автореферат отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертации

1. Поскольку давление крови измеряется на определенном участке плечевой артерии, правильнее говорить о колебаниях пульсового давления, а не о пульсовой волне.
2. Неясно, насколько воспроизводимы результаты измерения показателя формы пульсового колебания. Будут ли повторяться результаты, если у одного и того же человека сделать несколько измерений подряд?

Высказанные замечания не затрагивают основного содержания диссертации.

Я считаю, что кандидатская диссертация Р. Т. Баатырова удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Баатыров Рахим Таалайбекович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «Биофизика».

Доктор физико-математических наук

доцент физического факультета

Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова

Сергей Юрьевич Никитин

Подпись Сергея Юрьевича Никитина заверяю

декан физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

профессор



Специальность, по которой официально оппонентом защищена диссертация: 01.04.21 – лазерная физика, 03.01.02 – биофизика.

Адрес места работы и контактные данные: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет. Тел 8-916-520-93-86,

e-mail Sergeynikitin007@yandex.ru