

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра динамического моделирования и
биомедицинской инженерии

**Диагностика артериальных сосудов по скорости распространения и форме
пульсовой волны**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 206 группы

направления 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии»

факультета nano- и биомедицинских технологий

Усольцевой Юлии Владимировны

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н

должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата


С.Ю. Добдин

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой:

д.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

Е.П. Селезнев

инициалы, фамилия

Саратов 2018 г.

Введение. Заболевания сердечно-сосудистой системы являются причиной высокой смертности среди населения. По оценкам, в 2008 году от сердечно-сосудистых заболеваний умерло 17,3 миллиона человек, это составило почти 30% всех случаев смерти на земле. По данным ВОЗ в 2013 году смертность от сердечно-сосудистых заболеваний составила 48%. Раньше заболеваниями сердечно-сосудистой системы страдали в основе своей люди пожилого возраста. Сейчас же ситуация несколько поменялась и все чаще за помощью к специалисту обращаются люди среднего и даже молодого возраста. Самым распространенным заболеванием сердца считается ишемическая болезнь, а наиболее часто встречающейся проблемой сосудов стало снижение их тонуса, приводящее к повышению артериального давления и спазмам. В связи с этим диагностика сердечно-сосудистой системы является актуальной.

В данной работе будет рассматриваться измерение формы пульсовой волны до окклюзии и после нее с помощью пневматического датчика, и по форме пульсовой волны будет производиться оценка состояния сосудов человека.

Цель исследования: разработка методов диагностики состояния артериальных сосудов по скорости распространения и форме пульсовой волны.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Провести критический анализ существующих методов регистрации и анализа пульсовой волны;
2. Разработать метод диагностики артериальных сосудов по скорости распространения пульсовой волны;
3. Разработать метод диагностики артериальных сосудов по форме пульсовой волны;
4. Установить связь жесткости сосудов с показателями, характеризующими форму пульсовой волны до и после окклюзии.

Новизна исследований, проведенных в ходе выполнения выпускной квалификационной работы, состоит в следующем:

1. Разработана методика для проведения регистрации пульсовых волн человека в области плечевой артерии.

2. Разработана методика для проведения анализа пульсовых волн с помощью параметра ПЗ и интегрального показателя.

3. Установлена связь жесткости сосудов с показателями, характеризующими форму пульсовой волны до окклюзии и после нее.

Выпускная работа состоит из введения, содержания, 5 частей, заключения и списка литературы. В 5 части приведено описание методики и экспериментальной установки, представлены результаты исследований, проведенных на группе испытуемых в количестве 45 человек.

Теоретическая база исследований сформирована публикациями, в которых описаны методики нахождения скорости распространения пульсовой волны и анализ ее формы, а также краткими особенностями строения сердечно-сосудистой системы.

Основное содержание работы

Первый раздел посвящен особенностям строения сердечно-сосудистой системы. Сердечно-сосудистая система играет важную роль в жизни человека. Она выполняет транспортную, дыхательную функции, обеспечивая органы и ткани человека белками, углеводами, витаминами, кислородом. Сосуды разносят гормоны, а также антитела, выполняя тем самым регуляторную и защитную функции. Кровеносная система состоит из сердца и кровеносных и лимфатических сосудов различного калибра. Сердце представляет собой своеобразный мышечный насос, обеспечивающий движение крови по замкнутой системе сосудов, доставляя питательные вещества к жизненно важным органам.

Во втором разделе описывается схема формирования пульсовой волны.

В третьем разделе описываются существующие методики измерения скорости пульсовой волны и жесткости сосудов.

Все существующие методы изучения состояния сосудистой системы, в том числе эндотелия можно разделить на три группы:

- 1) инвазивные методы (ангиография с внутриартериальным введением ацетилхолина);
- 2) неинвазивные методы (наиболее распространена ультразвуковая визуализация участка плечевой артерии до и после её пережатия – окклюзии);
- 3) оценка биохимических маркеров.

В четвертом разделе описывается предложенная методика исследования сосудистой системы человека по скорости распространения и форме пульсовой волны.

В пятом разделе представлена экспериментальная установка и полученные результаты исследований.

Предлагаемый метод выявления патологий производится в достаточно короткий период времени, не требует дополнительной подготовки пациента.

Форма пульсовой волны регистрируется с помощью двух пневматических датчиков давления, подключенных к окклюзионной манжете. При проведении измерений одна манжета накладывается на плечо пациента и накачивается до необходимого давления, которое определяется у каждого пациента индивидуально, в зависимости от формы пульсовой волны, выводимой на экране. Вторая манжета накладывается на предплечье с создаваемым в ней давлением приблизительно на 20 единиц выше манжеты, наложенной выше. Сигнал пульсовой волны регистрируется под манжетой, что может вносить погрешность в результат измерений его формы. По форме пульсовой волны, в частности, по крутизне систолического подъема и скорости изменения пульсовой волны на катакроте можно оценить величину эластичности артериальных сосудов и периферического сопротивления, а по повторяемости пульсовых волн - вариабельность кардиоинтервалов и активность регуляторных систем организма.

Для анализа пульсовой волны был выбран показатель ПЗ. Этот параметр характеризует форму пульсовой волны и находится по формуле:

$$P_3 = (1/N) \sum_{i=1}^N |d^2 A_i / dt^2|,$$

где А – амплитуда пульсовой волны, отн.ед.;

t – время, с;

N – количество точек пульсовой волны, в которых вычислялась вторая производная по времени.

Параметр ПЗ вычислялся как усредненное значение по всем периодам пульсовых волн.

Кроме метода анализа формы пульсовой волны описанного выше, использовался показатель I (интегральный показатель).

К регистрируемой пульсовой волне достраивался треугольник, вершинами которого были максимальная амплитуда кардиоинтервала, минимальное значение анакроты, минимум катакроты. Показатель I находился как площадь под кривой на подъеме и спаде. Интегральный показатель может свидетельствовать об изменении эластичности сосудов.

Экспериментальная установка.

Для данной работы была набрана группа здоровых людей (30). Перед проведением эксперимента была написана программа в LabVIEW, которая позволяла вывести на экран регистрируемые пульсовые волны. Испытуемому накладывалась манжета на плечо, с помощью груши накачивалась до определенного давления и с помощью станции NI ELVIS и пневматического датчика производилась регистрация пульсовой волны. Одновременно с этим производилась регистрация прошедшей пульсовой волны через манжету на втором участке руки, также с помощью манжеты. Полученные данные выводились на экран программным обеспечением National Instruments LabVIEW 2012. После получения двух сигналов пульсовых волн был произведен анализ в Mathcad. Анализировались пульсовые волны по отдельности, а именно, были выявлены максимальные значения амплитуд на каждом кардиоинтервале. После совмещения данных полученных с двух пневматических манжет, вычислялась временная задержка, скорость распространения пульсовой волны, модуль Юнга сосудов, а также показатель ПЗ и интегральный показатель I.

Затем были произведены повторные измерения данных параметров после окклюзии в 1 минуту.



Рисунок 1 – Экспериментальная установка

Результаты исследования

Как показали исследования, время задержки у пациентов до окклюзии в среднем составило 0,074 с. Скорость распространения пульсовой волны до окклюзии лежала в интервале от 1,2 м/с до 8,1 м/с. В то время как после окклюзии значения скорости распространения на этом же участке составляли 1,6 – 14,7 м/с.

У 25 испытуемых из 30 скорость пульсовой волны после окклюзии увеличивалась, а, следовательно, и жесткость стенок сосудов возрастала, что приводило к увеличению у них модуля упругости. У 5 человек из этой группы скорость пульсовой волны снижалась, но не значительно, всего на 0,3-1,0 м/с. Модуль Юнга, с уменьшением скорости пульсовой волны, становился меньше. Среднее значение жесткости сосудов у мужчин было – 0,35МПа, у женщин – 0,25МПа. После окклюзии это значение возрастало.

Следует отметить, что показатель ПЗ также изменялся с увеличением скорости или же ее уменьшением. У пациентов, которых скорость пульсовой

волны была ниже до окклюзии, показатель ПЗ на участке «плечо» был меньше, чем значение показателя ПЗ на участке «предплечье». И, наоборот, на участке «плечо» показатель ПЗ возрастает с ростом скорости пульсовой волны до окклюзии. Этот факт можно объяснить тем, что показатель ПЗ напрямую зависит от амплитуды пульсовой волны.

Анализ результатов измерений показал, что после проведения окклюзионной пробы показатель I изменился у всех испытуемых. У 30% испытуемых наблюдалось снижение данного показателя, причем, в I группе был меньший процент людей с таким результатом (6%). У остальных пациентов, наблюдалось повышение данного показателя, что свидетельствует о нормальной реакции сосудов на стресс-тест. После проведения окклюзии (30-90 сек.) у всех испытуемых наблюдалось восстановление формы пульсовой волны. Изменение СРПВ свидетельствует об изменении эластичности сосудов.

Заключение

Таким образом, в результате выполнения выпускной работы были разработаны методы диагностики состояния артериальных сосудов по скорости распространения и форме пульсовой волны.

Были выполнены следующие задачи:

1. Проведен критический анализ существующих методов регистрации и анализа пульсовой волны;
2. Разработан метод диагностики артериальных сосудов по скорости распространения пульсовой волны;
3. Разработан метод диагностики артериальных сосудов по форме пульсовой волны;
4. Установлена связь жесткости сосудов с показателями, характеризующими форму пульсовой волны до и после окклюзии.

Были получены следующие результаты:

- 1) Найдена скорость распространения пульсовой волны на участке «плечо» – «предплечье» в состоянии покоя. Средняя скорость у женщин

составила 3,37 м/с, у мужчин – 4,15 м/с. После окклюзии у женщин средняя скорость пульсовой волны на том же участке была 5,32 м/с, у мужчин – 5,74 м/с. У всех испытуемых наблюдалось изменение скорости распространения пульсовой волны после окклюзии. В 24 случаях из 30 скорость пульсовой волны после окклюзии увеличивалась. В остальных случаях происходило незначительное уменьшение скорости распространения пульсовой волны после окклюзии, среди них 4 женщины, 2 мужчины. У женщин скорость распространения пульсовой волны до окклюзии лежала в диапазоне: 2,03 – 6,73 м/с; после окклюзии: 1,8 – 14,71 м/с. У мужчин скорость прохождения пульсовой волны на участке «плечо» – «предплечье» до окклюзии находилась в диапазоне: 1,47 – 9,57 м/с; после окклюзии: 1,95 – 13,13 м/с. Среднее увеличение скорости пульсовой волны после окклюзии у женщин составляло: 2,50 м/с; у мужчин – 2,05 м/с.

2) Определен модуль упругости сосудов для данной группы испытуемых до окклюзии и после нее, при условии сохранения геометрических параметров сосудов после окклюзии. Модуль Юнга с уменьшением скорости распространения пульсовой волны также уменьшался.

3) Найдена зависимость показателя ПЗ до и после окклюзии. Как показали результаты исследования, у 22 человек из 30 (73% испытуемых) скорость пульсовой волны увеличивается после окклюзии, показатель ПЗ уменьшается после окклюзии и показатель ПЗ на первой манжете («плечо») меньше, чем на второй манжете («предплечье»). У 6 человек (20% испытуемых) скорость пульсовой волны уменьшается после окклюзии, показатель ПЗ увеличивается после окклюзии и показатель ПЗ на первой манжете («плечо») меньше, чем на второй манжете («предплечье»). У 2 человек (7% испытуемых) скорость пульсовой волны увеличивается после окклюзии, показатель ПЗ увеличивается после окклюзии и показатель ПЗ на первой манжете («плечо») меньше, чем на второй манжете («предплечье»).

4) Найдена зависимость интегрального показателя I до и после окклюзии. У 30% испытуемых наблюдалось снижение данного показателя, причем, в I группе (18-28 лет) был меньший процент людей с таким результатом (6%). У остальных пациентов, наблюдалось повышение данного показателя, что свидетельствует о нормальной реакции сосудов на стресс-тест. После проведения окклюзии (30-90 сек.) у всех испытуемых наблюдалось восстановление формы пульсовой волны. В первой возрастной группе (18-28 лет) значение среднего интегрального показателя I до окклюзии составило 0,22 отн. ед. Средняя скорость распространения пульсовой волны – 4,5 м/с. После окклюзии скорость распространения пульсовой волны увеличилась до 6,7 м/с, показатель I – 0,26 отн. ед.

Во второй возрастной группе (29-39 лет) значение среднего интегрального показателя I до окклюзии составило 0,27 отн. ед. После окклюзии значение этого показателя равнялось 0,33. Средняя скорость распространения пульсовой волны – 2,7 м/с. После окклюзии скорость распространения пульсовой волны увеличилась до 3,3 м/с.

В третьей возрастной группе скорость распространения пульсовой волны составила 7,6 м/с, после окклюзии 11,5 м/с. Интегральный показатель в данной группе испытуемых отличался от II группы на 0,11 отн. ед. и составил 0,38. После окклюзии значение данного показателя составило 0,40.

Анализ результатов измерений показал, что после проведения окклюзионной пробы показатель I изменился у всех испытуемых. У 30% испытуемых наблюдалось снижение данного показателя, причем, в I группе был меньший процент людей с таким результатом (6%). У остальных пациентов, наблюдалось повышение данного показателя, что свидетельствует о нормальной реакции сосудов на стресс-тест. После проведения окклюзии (30-90 сек.) у всех испытуемых наблюдалось восстановление формы пульсовой волны. Изменение СРПВ свидетельствует об изменении эластичности сосудов.

Важно своевременно проводить обследование сердечно-сосудистой системы, чтобы избежать серьезных последствий. Предлагаемый метод может найти применение в медицине. Он не требует специальной подготовки пациента, производится в короткие сроки, а также прост в обработке результатов.