

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики

Метод, аппаратура и программа для оценки состояния сосудов по форме
пульсовой волны давления
название темы выпускной квалификационной работы полужирным шрифтом

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 2221 группы
направления (специальности) 03.04.02 «Медицинская физика»
код и наименование направления (специальности)

наименование факультета, института, колледжа

Казакова Тимура Сергеевича
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание



подпись, дата

17.06.24

А.В. Скрипаль

инициалы, фамилия

Саратов 2024 год

Введение. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Исследование биофизических процессов в сосудистой системе человека основано на анализе динамики протекающих в ней процессов, связанных с изменяющимся характером движения крови по различным участкам сосудистой системы. Одним из актуальных направлений исследований движения крови по артериальным сосудам является анализ формы пульсовой волны давления, регистрируемой методами сфигмографии.

Наибольший интерес представляет исследование формы пульсовой волны, регистрируемой методами реографии, фотоплетизмографии и сфигмографии. Основными измеряемыми параметрами в них являются: отношение амплитуд систолического и диастолического пиков, площадь формы импульса пульсовой волны, отношение областей до и после дикротического выреза, отношение интервала импульса к его систолической амплитуде, амплитуда отраженной волны (индекс аугментации) и др.

Цель работы. Целью настоящей работы является разработка метода диагностики состояния сосудистой системы по параметрам пульсовой волны давления, регистрируемой с помощью датчика давления и окклюзионной манжеты.

Для достижения этой цели необходимо было решить следующие **задачи**:

1. Разработать метод диагностики состояния сосудистой системы по параметрам пульсовой волны давления, регистрируемой с помощью датчика давления и окклюзионной манжеты.
2. Собрать установку для измерения формы пульсовой волны, регистрируемой с помощью датчика давления и окклюзионной манжеты.
3. Разработать программное обеспечение для считывания данных пульсовых волнах, их последующей обработки и анализа.
4. Провести измерения формы пульсовой волны давления и расчеты разброса среднего значения максимальной производной на группе добровольцев.

Научная новизна.

В настоящей работе разработан метод диагностики состояния сосудистой системы по параметрам пульсовой волны давления, регистрируемой с помощью датчика давления и окклюзионной манжеты.

1. В данной работе рассмотрены методы функциональной диагностики состояния сосудистой системы.
2. В работе кратко описаны методы анализа формы пульсовой волны.
3. В работе также представлены результаты измерений формы пульсовой волны при функциональной пробе.

Научное значение работы.

В работе впервые показано, что параметром, который характеризует состояния артериальных сосудов, может быть кривизна пульсовой волны, которая определялась по вычисленному значению производной.

Основное содержание работы

В первой главе приведены методы функциональной диагностики состояния сосудистой системы.

Во второй главе рассмотрены методы анализа формы пульсовой волны.

В третьей главе показан программно-аппаратный комплекс для регистрации пульсовой волны.

В четвертой главе описан алгоритм работы программного обеспечения.

В пятой главе приведены результаты измерений формы пульсовой волны при функциональной пробе.

Методы анализа формы пульсовой волны

Форма пульсовой волны фотоплетизмограммы (ФПГ) обычно делится на две фазы: анакротическая фаза является нарастающим фронтом импульса,

тогда как катакротическая фаза является спадающим фронтом импульса, как показано на рис.1. Первая фаза в основном связана с систолой, а вторая - с диастолой и отражениями волн от периферии. Дикротическая насечка, показанная на рис.1, обычно наблюдается в катакротической фазе у пациентов со здоровыми податливыми артериями. Ряд методов анализа формы пульсовой волны был описан в литературе.

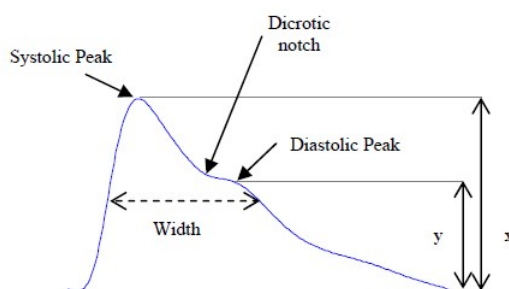


Рис. 1. Типичная форма пульсовой волны и ее характерные параметры, x - амплитуда систолического пика, y - амплитуда диастолического пика [1].

1) *Систолическая амплитуда*: как показано на рис.1, систолическая амплитуда (x) является показателем пульсирующих изменений объема крови, вызванных артериальным кровотоком вокруг [1-2]. Систолическая амплитуда была связана с ударным объемом [3]. В работе [4] обнаружили, что систолическая амплитуда прямо пропорциональна локальной растяжимости сосудов в удивительно широком диапазоне сердечного выброса. Также было высказано предположение, что систолическая амплитуда является потенциально более подходящей мерой, чем время поступления пульса, для оценки постоянного артериального давления [5].

2) *Ширина импульса*: ширина импульса в пульсовой волне показана на рис.1. В работе [6] в качестве ширины импульса использовали ширину импульса на половине высоты систолического пика. Они предположили, что ширина импульса коррелирует с системным сосудистым сопротивлением лучше, чем систолическая амплитуда.

3) *Площадь импульса*: площадь импульса измеряется как общая площадь под кривой пульсовой волны.

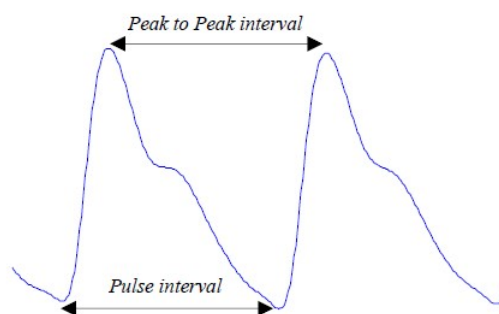


Рис..2. Две последовательные волны ФПГ [1].

В работе [7] разделили область пульса на две области у дикротического выреза. Они обнаружили, что соотношение двух областей, может использоваться в качестве показателя общего периферического сопротивления. Это отношение называется отношением площади точки перегиба (IPA) и определяется как:

$$IPA = \frac{A2}{A1} \quad (1.1)$$

Программно-аппаратный комплекс для регистрации пульсовой волны давления

Общий вид установки для регистрации пульсовой волны приведен на рис.3. В состав программно-аппаратного комплекса входят: настольная рабочая станция «NI ELVIS» («National Instruments», США); аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в составе «DAQmx» («National Instruments», США) устройства, предназначенного для связи «NI ELVIS» и компьютера; манжета; резиновая груша; манометр; датчик давления «MPX5050GP» («Freescale Semiconductor», США); персональный компьютер или ноутбук, комплект программного обеспечения «LabView 8.5» («National Instruments», США).

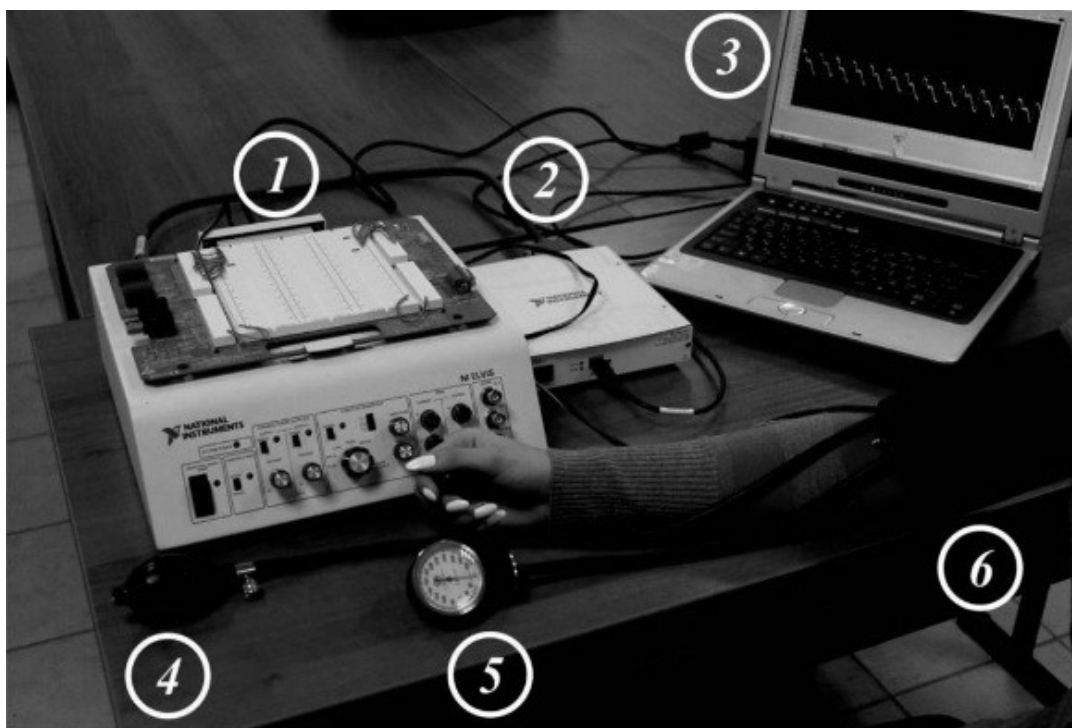


Рис. 3. Общий вид установки для регистрации пульсовой волны: 1 – лабораторная настольная станция «NIELVIS»; 2 – «DAQmx»; 3 – ноутбук; 4 – резиновая груша; 5 – манометр; 6 – манжета со встроенным датчиком давления

Результаты измерений формы пульсовой волны при функциональной пробе

В ходе исследований было предложено использовать метод изменения функционального состояния сосудов конечности при изменении ее положения.

Испытуемый 1. Положение 1

На рис.4 приведены результаты измерений пульсовой волны давления за время 10 секунд при горизонтальном положении руки лежа на столе. Давление в манжете составляло 80 мм рт. ст.

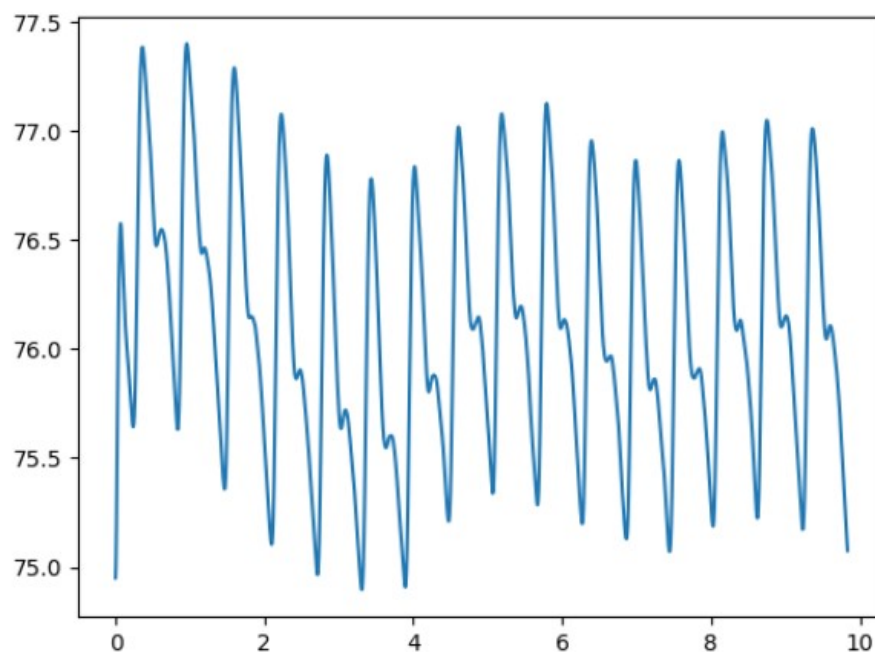


Рис.4. График пульсовой волны давления за время 10 секунд при горизонтальном положении руки лежа на столе

На рис.5 приведена форма приведенных пульсовых волн в пределах одного кардиоцикла.

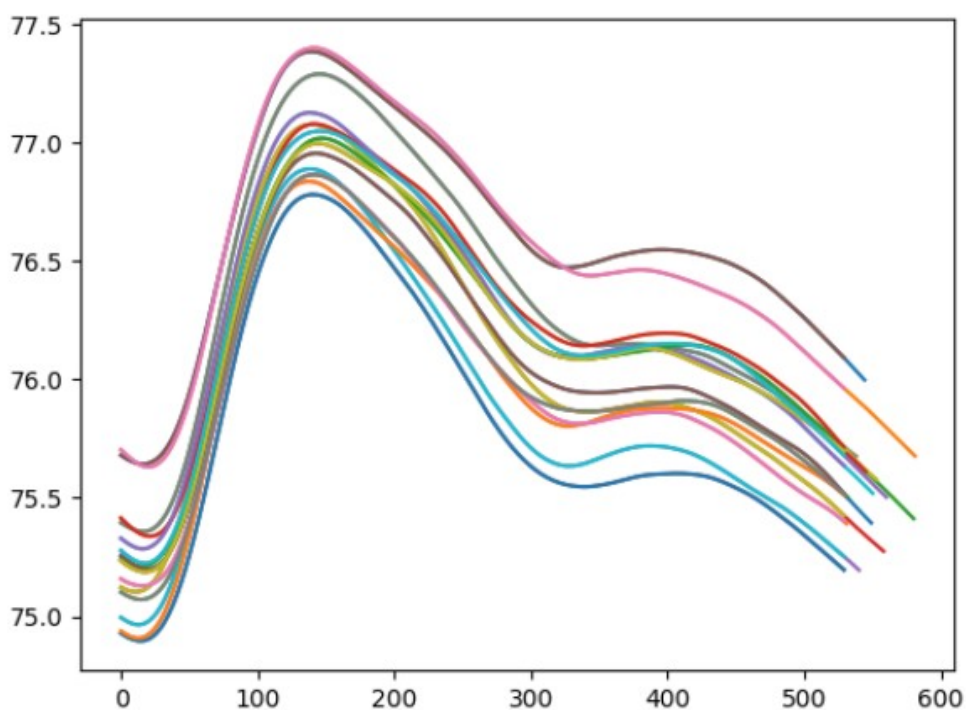


Рис.5. Форма приведенных пульсовых волн в пределах одного кардиоцикла.

На следующем рисунке приведена форма пульсовых волн, нормированная на единицу.

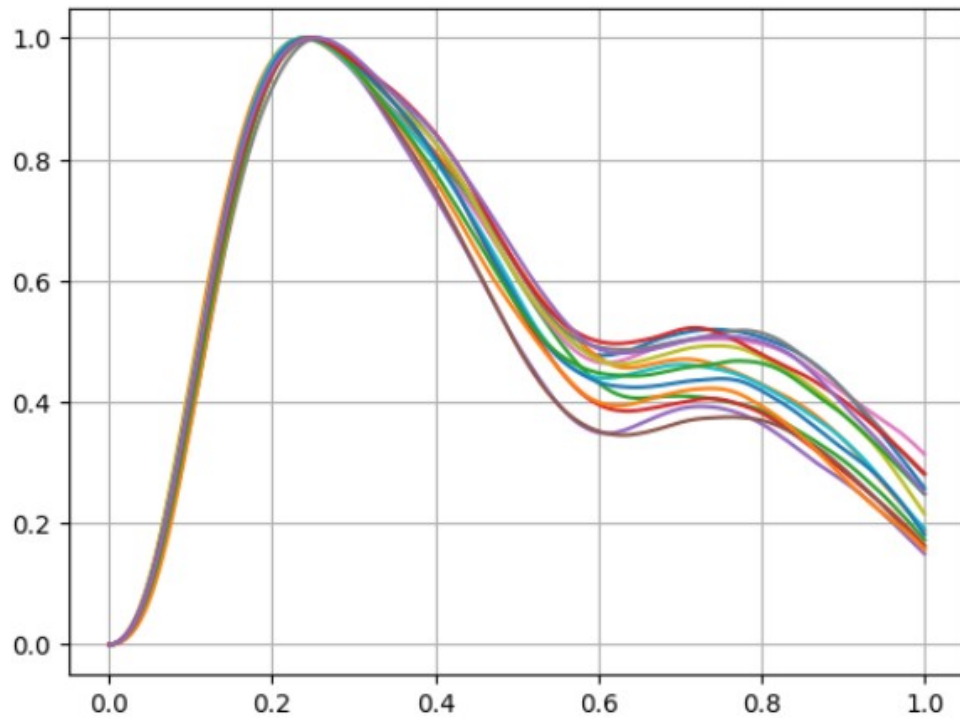


Рис.6. Форма пульсовых волн, нормированная на единицу.

На следующем рисунке приведен диастолический участок пульсовых волн, нормированный на единицу в пределах одного кардио-цикла.

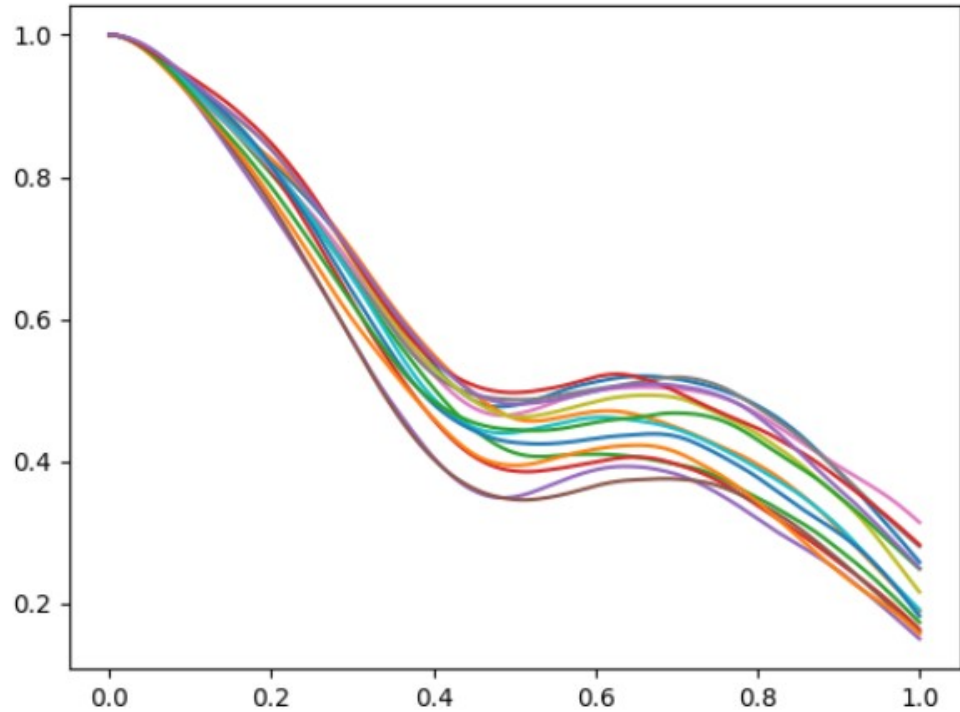


Рис.7. Диастолический участок пульсовых волн, нормированный на единицу в пределах одного кардио-цикла.

На следующем рисунке приведены производные пульсовых волн, от предыдущего измерения.

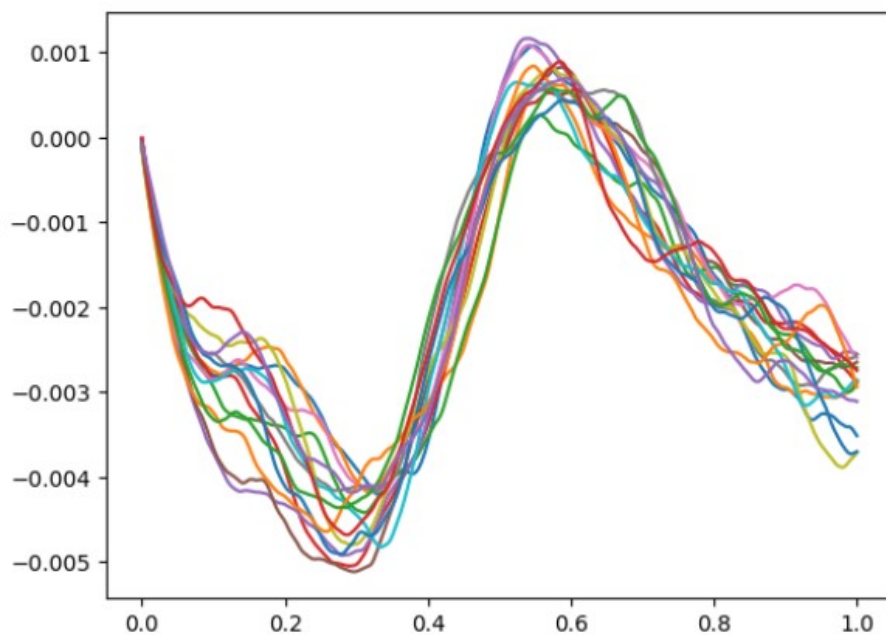


Рис.8. производные пульсовых волн, нормированных на единицу в пределах одного кардио-цикла.

На следующем рисунке показан разброс значений производной.

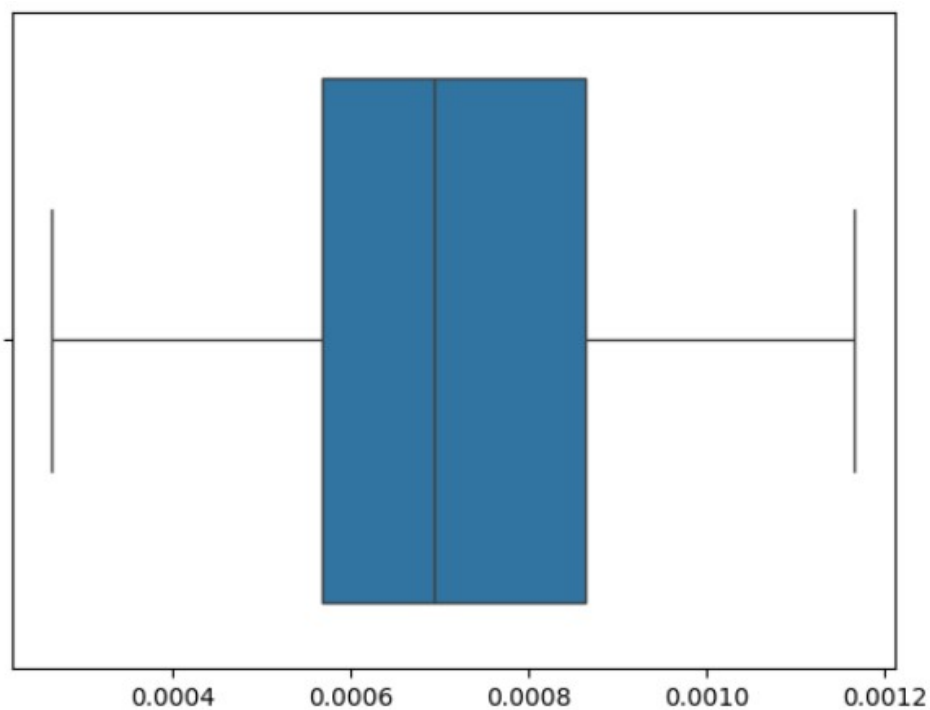


Рис.9. График разброса значений максимальной производной.

Испытуемый 1. Положение 2

На рис.10 приведены результаты измерений пульсовой волны давления за время 10 секунд при вертикальном положении руки, поднятой над головой. Давление в манжете составляло 80 мм рт. ст.

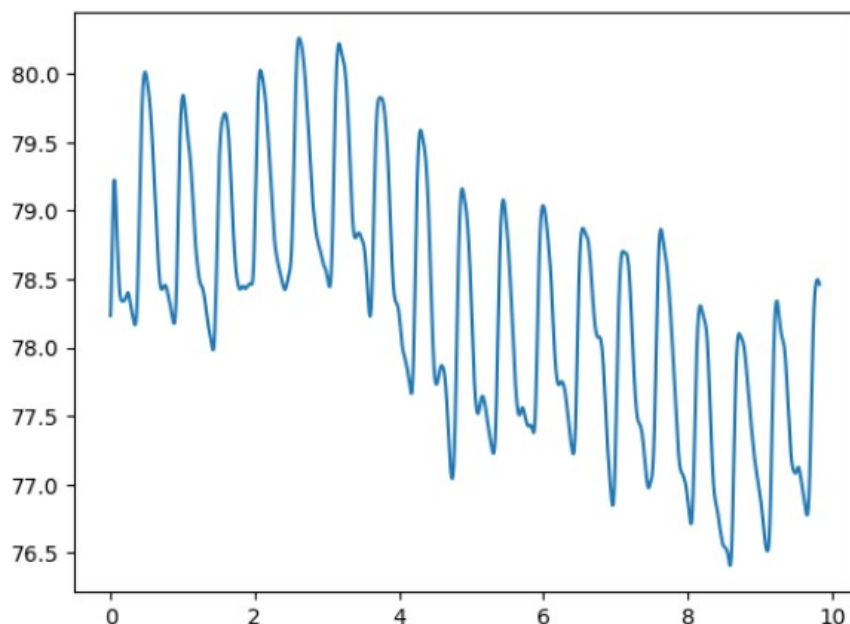


Рис.10. График пульсовой волны давления за время 10 секунд при вертикальном положении руки поднятой над головой.

На следующем рисунке приведена форма пульсовых волн в пределах одного кардио-цикла.

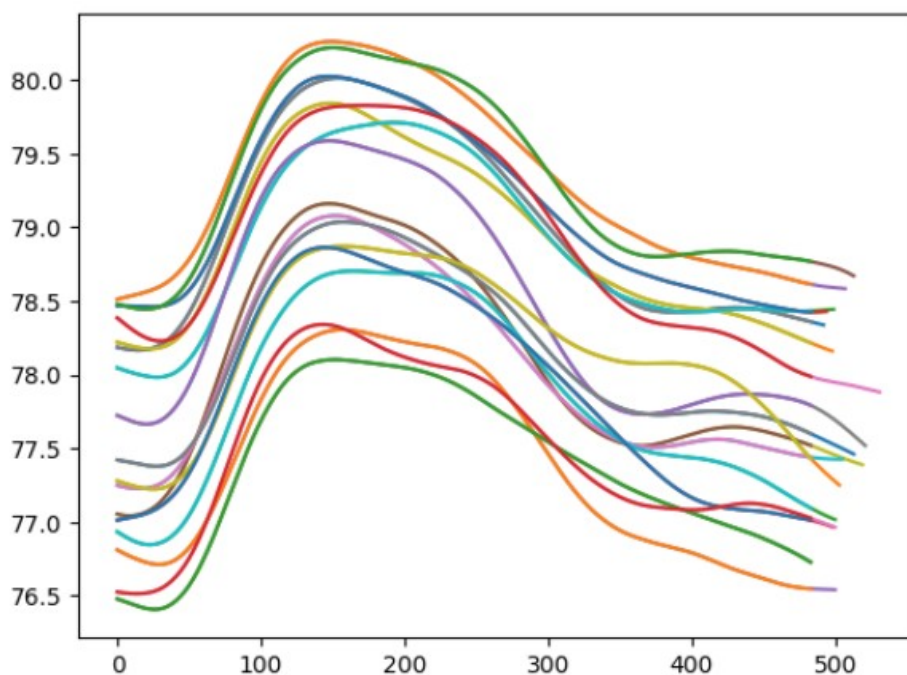


Рис.11. Форма приведенных пульсовых волн в пределах одного кардиоцикла.

На следующем рисунке приведена форма пульсовых волн, нормированная на единицу.

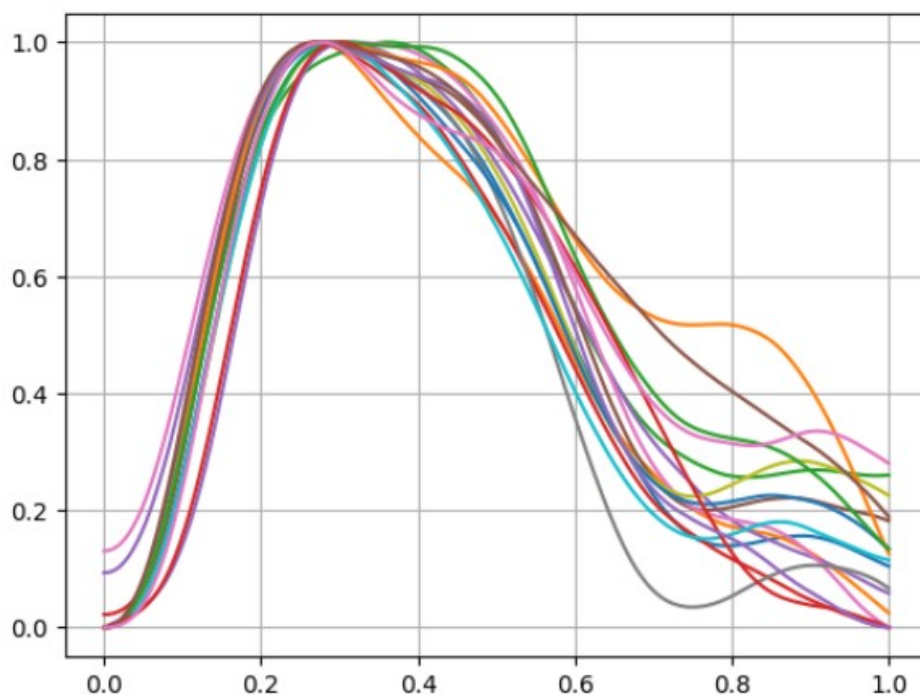


Рис.12. Форма пульсовых волн, нормированная на единицу.

На следующем рисунке приведен участок пульсовых волн, нормированный в пределах одного кардио-цикла.

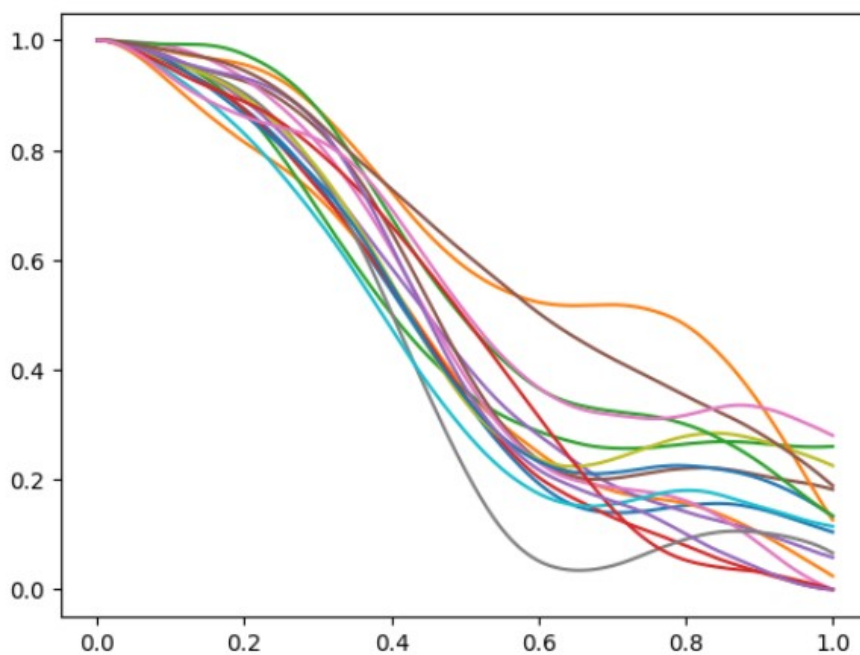


Рис.13. Участок пульсовых волн, нормированный на единицу в пределах одного кардио-цикла.

На следующем рисунке приведены производные пульсовых волн, от предыдущего измерения.

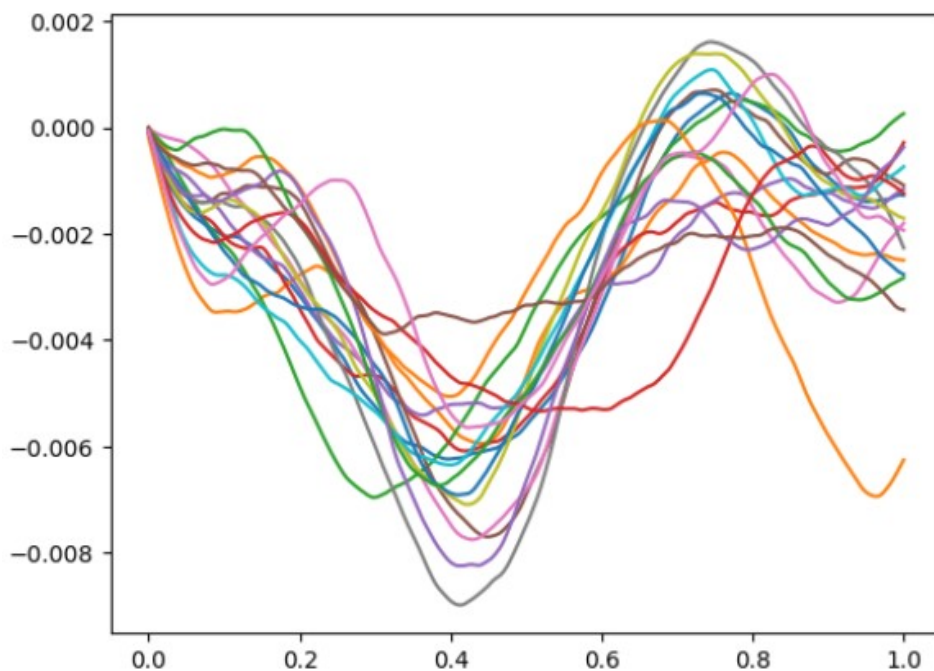


Рис.14. производные пульсовых волн, нормированных на единицу в пределах одного кардио-цикла.

На следующем рисунке показан разброс значений производной

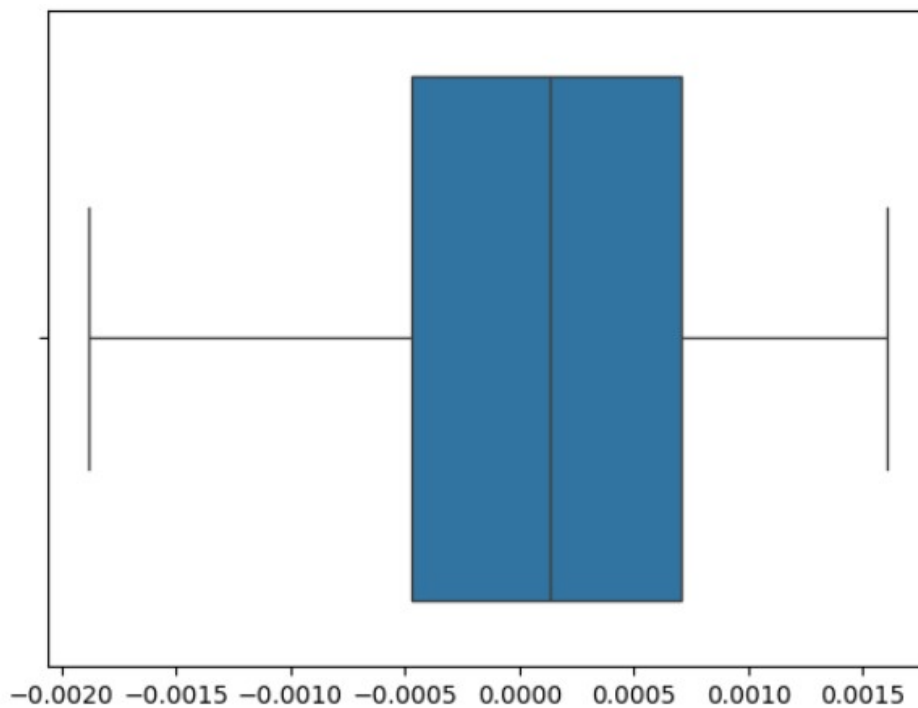


Рис.15. График разброса значений производной.

На следующем рисунке показан разброс значений производной для двух положений рук.

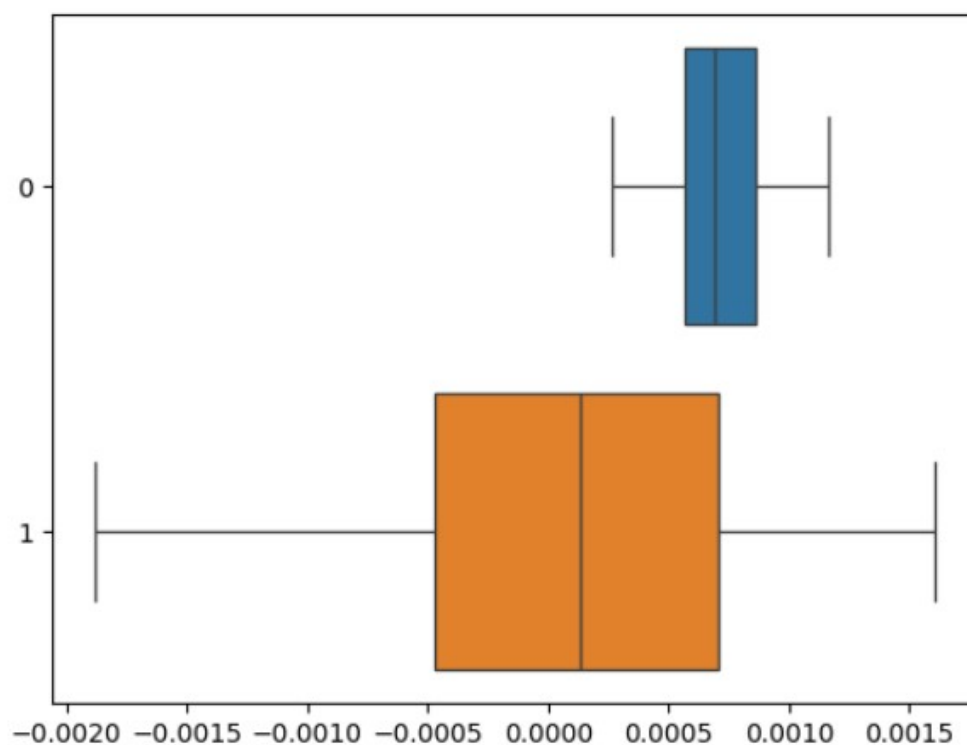


Рис. 16. Разброс максимальных значений производной на диастолическом участке для двух положений рук.

Как видно из рис. 16, среднее значение производной больше в положении руки на уровне сердца. При поднимании руки вверх среднее значение производной уменьшается.

Заключение. Основные результаты работы.

1. Разработан метода диагностики состояния сосудистой системы по параметрам пульсовой волны давления.
2. Собрана установка для измерения формы пульсовой волны, регистрируемой с помощью датчика давления и окклюзионной манжеты.
3. Разработано программное обеспечение для считывания данных пульсовых волнах, их последующей обработки и анализа.

4. Проведены измерения формы пульсовой волны давления и расчеты разброса среднего значения производной для 16 добровольцев.

5. Показано, что среднее значение производной уменьшается при поднимании руки вверх.

Библиографический список

1. Elgendi M. On the Analysis of Fingertip Photoplethysmogram Signals // Current Cardiology Reviews. 2012. Vol. 8, №1. P. 14-25. DOI: <https://doi.org/10.2174/157340312801215782>.
2. Asada H. H., Shaltis P., Reisner A., Sokwoo R., Hutchinson R. C. Mobile monitoring with wearable photoplethysmographic biosensors // IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. 2003. Vol. 22, Iss. 3. P. 28-40. DOI: <https://doi.org/10.1109/MEMB.2003.1213624>.
3. Chua C. P., Heneghan C. Continuous Blood Pressure Monitoring using ECG and Finger Photoplethysmogram // The 28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 2006. Vol. 2006. P. 5117-5120. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2006.259612>.
4. Murray W., Foster P. The peripheral pulse wave: information overlooked // Journal of Clinical Monitoring and Computing. 1996. Vol. 12, Iss. 5. P. 365-377. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02077634>.
5. Dorlas J., Nijboer J. Photo-electric plethysmography as a monitoring device in anaesthesia. Application and interpretation // British Journal of Anaesthesia. 1985. Vol. 57. P. 524-530.
6. Chua E., Redmond S., McDarby G., Heneghan C. Towards using photoplethysmogram amplitude to measure blood pressure during sleep. Annals of Biomedical Engineering. 2010 Vol. 38, Iss. 3. P. 945-954.

7. Awad A., Haddadin A., Tantawy H., Badr T., Stout R., Silverman D., et al. The relationship between the photoplethysmographic waveform and systemic vascular resistance // Journal of Clinical Monitoring and Computing. 2007. Vol. 21, Iss. 6. P. 365-372. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10877-007-9097-5>.
8. Wang L., Pickwell-MacPherson E., Liang Y. P., Zhang Y. T. Noninvasive cardiac output estimation using a novel photoplethysmogram index // Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 2009. P. 1746-1749..
9. Цой М. О., Постнов Д. Э. Метод выделения значимых компонент для оценки variability формы пульсовых волн // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 36-47.
10. Е.Н. Матвиевская, С.В. Колбасников. Применение фотоплетизмографии в комплексе обследования больных артериальной гипертонией с гиперурикемией на сельских врачебных участках. // Тверской медицинский журнал. 2023 год. Выпуск №1.
11. Сагирова Ж.Н., Кузнецова Н.О., Ларионов В.Б., Чомахидзе П.Ш., Копылов Ф.Ю., Сыркин А.Л. Параметры пульсовой волны в оценке систолической функции левого желудочка. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2020;13(3):253-257.