

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

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ СОСУДОВ ДО И ПОСЛЕ
ПРОВЕДЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ПРОБЫ**

студента 4 курса 4021 группы

направления 03.04.02 «Физика», профиль «Медицинская физика»

код и наименование направления

института физики

наименование факультета, института

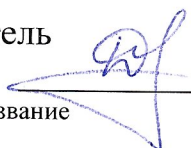
Шапошниковой Елизаветы Игоревны

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

к.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание



подпись, дата

09.06.2023

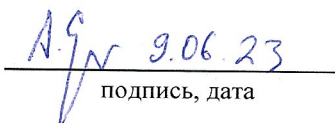
С.Ю. Добдин

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой:

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание



подпись, дата

9.06.23

А.В. Скрипаль

инициалы, фамилия

Саратов 2023 г.

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания - группа патологий, которая включает болезни сердца и кровеносных сосудов, такие как: ишемическая болезнь сердца (инфаркт), гипертония (высокое кровяное давление), нарушение мозгового кровообращения (инсульт), заболевания периферических сосудов, врожденные пороки сердца, ревматические заболевания сердца, сердечная недостаточность, кардиомиопатии.

От сердечно-сосудистых заболеваний умирает большое количество людей по всему миру, и по данным Всемирной организации здравоохранения является основной причиной высокой смертности среди населения. Эта болезнь уносит жизни многих людей, чем когда-либо прежде. Количество смертных случаев от заболеваний сердца возросло с более 2 млн в 2000 году до почти 9 млн в 2019-м. В основном в мире умирают от ишемической болезни сердца и инсульта. Исходя из статистики на данный период времени диагностика сердечно-сосудистой системы является наиболее актуальной. Можно предотвратить большую смертность населения за счет ранней диагностики заболеваний сердца, так же самостоятельно следить за своим здоровьем с помощью средств персональной диагностики.

Сосуды отходят от центра кровообращения-сердца и затем, многократно разветвляется доставляя кислород и питательные вещества ко всем частям тела. Сосуды могут стать органами-мишенями при всех заболеваниях сердечно-сосудистой системы, поэтому оценка состояния сосудов имеет огромную роль для ранней диагностики.

На данный момент для диагностики состояния сердечно-сосудистой системы часто используют такие методы, как электрокардиограмма, фонокардиография, реография, фотоплетизмография, сфигмография, и другие. Так же для диагностики можно применять различные функциональные пробы, например, ортостатическая проба, проба Вальсальвы, проба с управляемым дыханием и другие функциональные тесты. Информацию о состоянии сердечно-сосудистой системы несет также пульсовая волна, на

анализе, который основан метод сфигмографии. Однако, многим из них присущи недостатки, которые влияют на качество снятого пульсового сигнала, что не позволяет поставить точный и правильный диагноз. ФПГ датчики обладают свойством слабой помехоустойчивостью, из чего часто могут возникнуть ошибки при измерениях, когда происходит малейшее движение испытуемого, а также слишком слабого или сильного надавливания на ИК датчик. Бесконтактные методы также требуют точной настройки для получения четких пульсовых кривых.

В медицине существует множество методов анализа пульсовых волн, но данная область все еще находится в стадии развития. Главной задачей является определение диагноза и стадии развития заболевания у пациента по форме пульсовой кривой.

Цель работы: определить скорость пульсовой волны и модуль упругости сосудов плечевой артерии до и после проведения тепловой пробы.

В ходе выполнения бакалаврской работы были поставлены следующие задачи:

1. Провести критический анализ существующих методов диагностики сердечно-сосудистой системы человека.
2. Разработать метод определения скорости распространения пульсовой волны.
3. Провести экспериментальное исследование по определению скорости распространения пульсовой волны и модуля упругости.

1. Результаты исследований

Анализ полученных пульсовых волн с манжет проводился в Mathcad. У каждого пациента были подобраны оптимальные значения давления на манометре манжете и оптического датчика, где сигнал был наиболее четким и без искажений. Эти значения были от 75 до 100 мм.рт.ст. у разных испытуемых. Измерения проводились у людей с хорошим самочувствием по 15 секунд 1 раз перед нагревом. Далее испытуемому нагревали область спины на протяжении 20 минут и вновь регистрировали пульсовую волну на манжете и оптическом датчике 15 секунд.

Ниже приведены примеры изменения формы пульсовой волны до и после у одного человека (рис.1, рис.2).

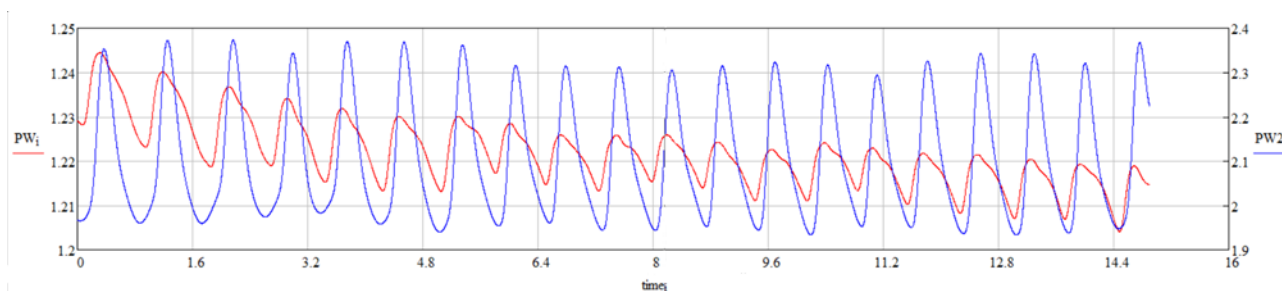


Рис. 1 - Форма пульсовой волны до тепловой пробы: синим цветом с манжетки, красным - с оптического датчика.

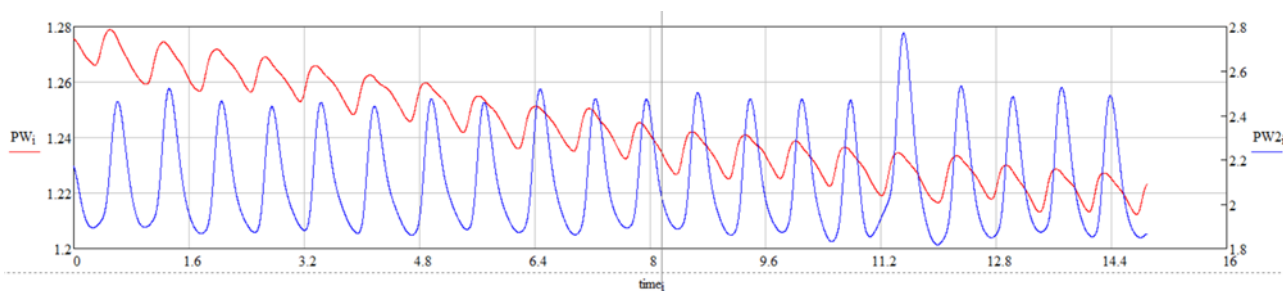


Рис. 2 - Форма пульсовой волны после тепловой пробы: синим цветом с манжетки, красным - с оптического датчика

Как видно из рисунков 1 и 2 амплитуда пульсовых волн почти изменилась, а время задержки увеличивается, что приводит к уменьшению скорости пульсовой волны и, следовательно, модуль упругости сосудов.

Временная задержка между приходами пульсовой волны к пневматическому и оптическому датчику рассчитывалась как разность между максимальными амплитудами, соответствующими одному и тому же кардиоинтервалу (Рис. 3.1, 3.2).

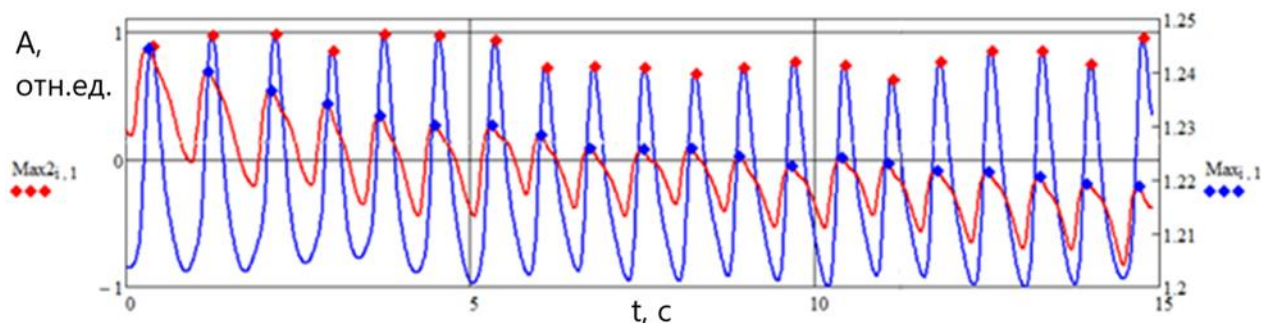


Рис. 3.1 - Определение максимумов до тепловой пробы: синим цветом - с манжетки, красным - с оптического датчика

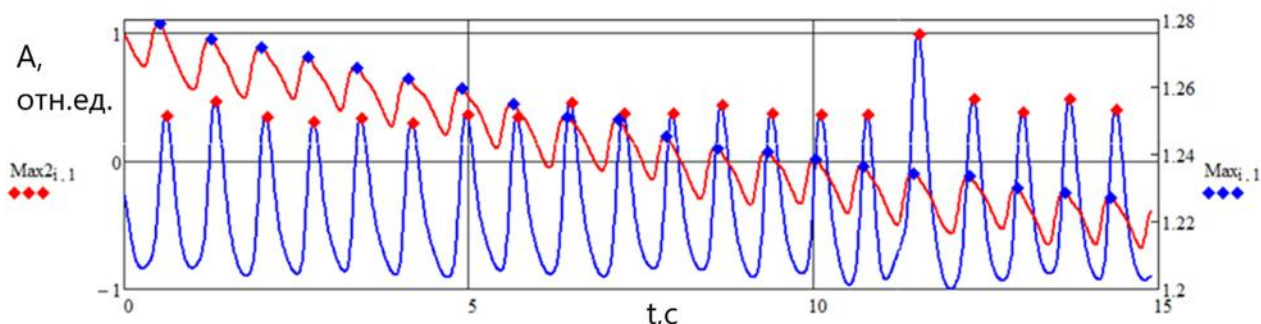


Рис. 3.2 - Определение максимумов в положении стоя: синим цветом - с манжетки, красным - с оптического датчика

Зная расстояние от одного пневматического датчика до другого и временную задержку, вычислялась скорость распространения пульсовой волны на данном участке, как отношение расстояния ко времени. Модуль упругости сосудов был найден исходя из формулы Моенса-Кортевега:

$$v = \sqrt{(Eh)/(\rho d)},$$

где E - модуль Юнга, Па;

h - толщина сосудистой стенки, мм;

ρ - плотность вещества сосуда, кг/м³ ;

d - диаметр сосуда, мм.

$$E = (\nu \rho d) / h ,$$

$$h = 0,5 \text{ мм};$$

$$d = 11 \text{ мм};$$

$$\rho = 1378 \text{ кг/м}^3 .$$

Как показали исследования, время задержки у пациентов до тепловой пробы в среднем составило 0.109 секунд. Скорость распространения пульсовой волны до тепловой пробы лежала в интервале от 3,07 м/с до 6,67 м/с. В то время как после тепловой пробы значения скорости распространения на этом же участке составляли 3,36 – 5,25 м/с.

У 6 испытуемых из 8 скорость пульсовой волны после тепловой пробы уменьшилась, а, следовательно, и жесткость стенок сосудов уменьшалась, что приводило к уменьшению у них модуля упругости. У 2 человек из этой группы скорость пульсовой волны увеличивалась, но не значительно. Модуль Юнга, с увеличением скорости пульсовой волны, становился больше.

Ниже приведены таблица скорости распространения пульсовой волны до и после проведения тепловой пробы (таблица 1), таблица изменения модуля упругости до и после проведения тепловой пробы (таблица 2).

Таблица 1- Скорость распространения до и после проведения тепловой пробы

№ пациента	Пол	Скорость распространения пульсовой волны до, м/с	Скорость распространения пульсовой волны после, м/с
1	М	4,17	3,65
2	Ж	5,25	5,19
3	Ж	6,67	5,25
4	М	3,65	5,25
5	М	5,92	3,89
6	Ж	3,07	3,36
7	Ж	4,29	3,59
8	Ж	4,94	4,52

Таблица 2- Модуль упругости до и после проведения тепловой пробы

№ пациента	Пол	Модуль упругости сосудов до, Па	Модуль упругости сосудов после, Па
1	М	52631	40380
2	Ж	83558	81508
3	Ж	134737	83558
4	М	40436	83558
5	М	106084	45848
6	Ж	28492	34225
7	Ж	55682	39065
8	Ж	74017	61830

В таблице 2 представлены результаты измерения модуля упругости сосудов до и после проведения тепловой пробы. Скорость распространения пульсовой волны прямо пропорциональна модулю упругости. Модуль Юнга тем выше, чем больше скорость зарегистрированной пульсовой волны.

После проведения тепловой пробы спустя время у всех испытуемых наблюдалось восстановление формы пульсовой волны. Изменение СРПВ свидетельствует об изменении эластичности сосудов.

3. Результаты исследования в Python

Была написана программа в Python для рассмотрения результатов полученных в ходе эксперимента. Для создания диаграммы воспользуемся функцией `boxplot` в Python, они используются для свободной статистики датасета. `Boxplot` отображает атрибуты распределения, такие как диапазон и распределение данных в диапазоне (прямоугольника, `max` и `min`, медиана). Для создания `boxplot` нужны непрерывные числовые данные, поскольку такая диаграмма отображает свободную статистику – медиану, диапазонов и выбросы. Для примера воспользуемся набором данных из таблицы 1.

Q1- максимальное значение.

Q2- верхний квартиль (75% оценок ниже этого уровня).

M- медиана (это значение элемента в центре ранжированного ряда).

Q3- нижний квартиль (75% оценок выше этого уровня).

Q4- минимальное значение.

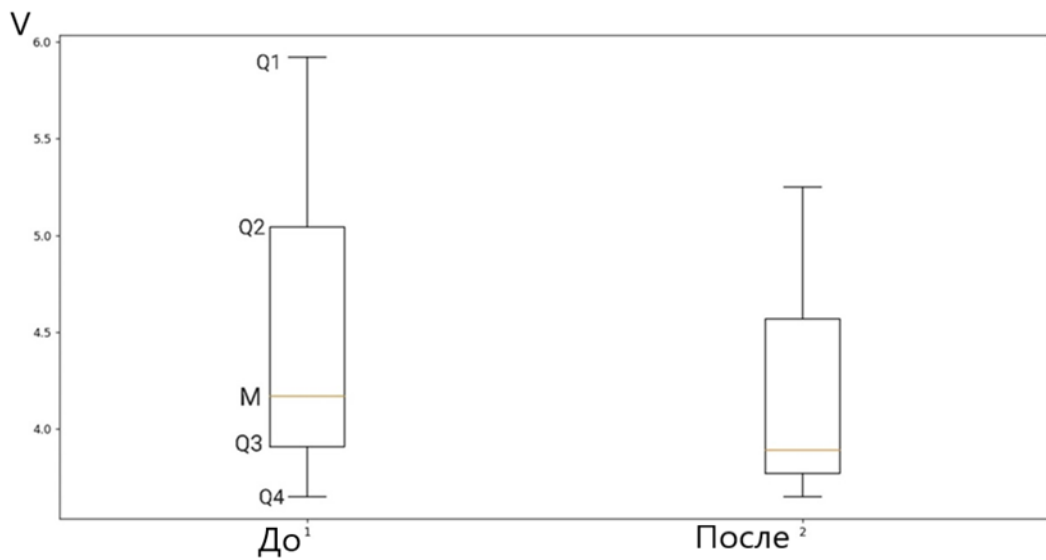


Рис.1 Диаграмма размаха до и после проведения тепловой пробы у мужчин.

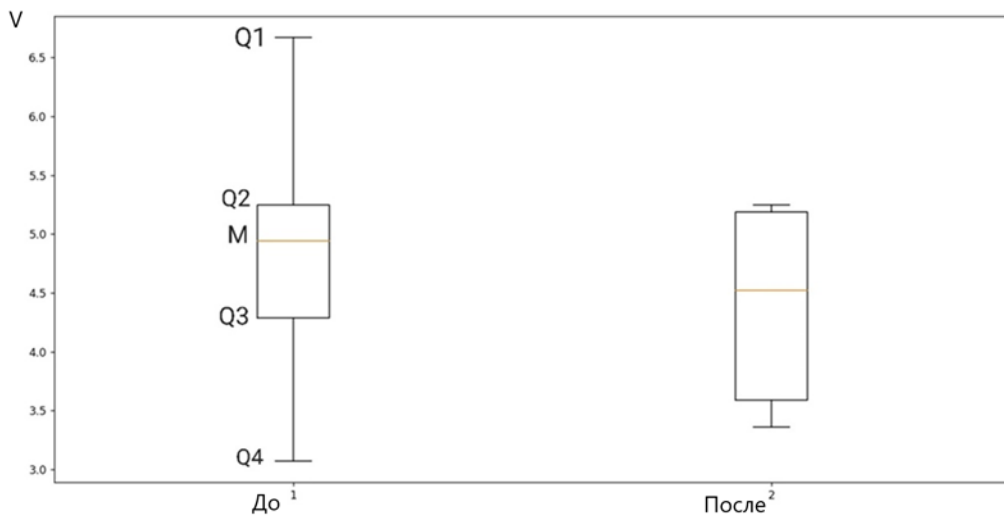


Рис.2 Диаграмма размаха до и после проведения тепловой пробы у женщин.

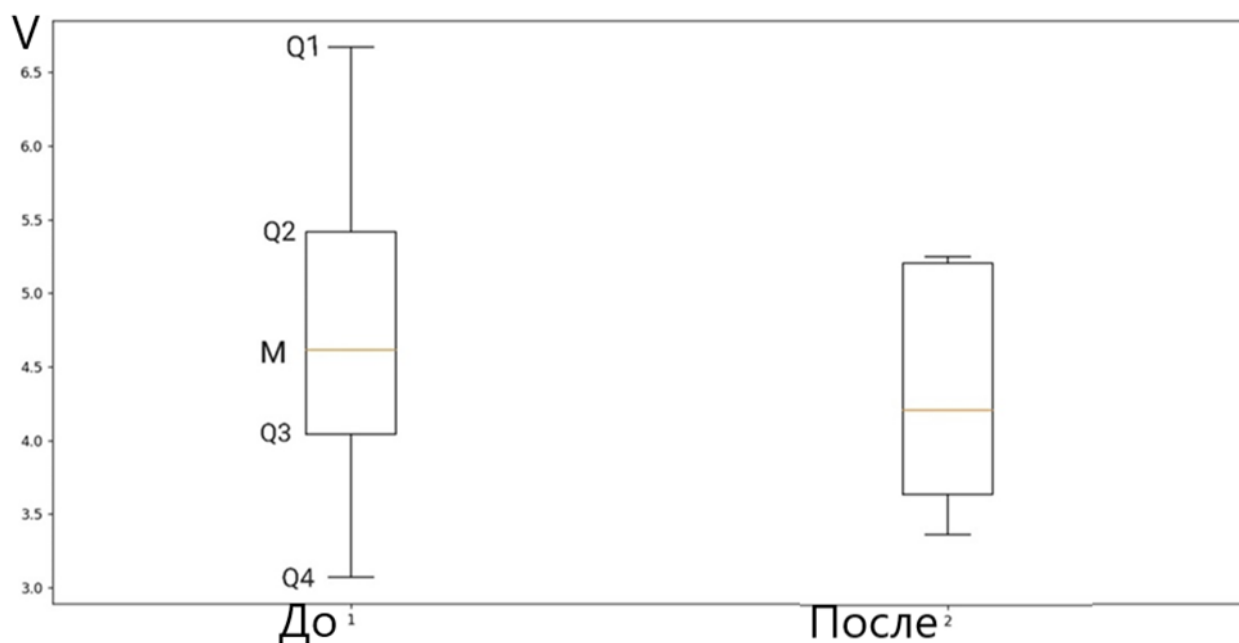


Рис.3 Диаграмма размаха до и после проведения тепловой пробы у всех испытуемых.

Сравнивая три рисунка, мы можем увидеть, что независимо от пола медиана уменьшается, а также меняется Q1 и Q4. После проведения тепловой пробы максимальное значение уменьшается, что показывает ответную реакцию организма на тепловую пробу.

Заключение

Таким образом, в результате выполнения бакалаврской работы были выполнены следующие задачи:

1. Был проведен критический анализ существующих методов диагностики сердечно-сосудистой системы человека.
2. Разработан метод измерения скорости распространения пульсовой волны.
3. Проведено экспериментальное исследование по определению скорости распространения пульсовой волны и модуля упругости.

В ходе выполнения работы были получены следующие результаты:

1) Найдена скорость распространения пульсовой волны до проведения тепловой пробы у 8 испытуемых. Средняя скорость распространения пульсовой волны составила у женщин 4,85 м/с, у мужчин 4,58 м/с. После проведения тепловой пробы у женщин средняя скорость пульсовой волны на том же участке была 4,28 м/с, у мужчин 4,16 м/с. У всех испытуемых наблюдалось изменение скорости распространения пульсовой волны после тепловой пробы. В 2 случаях из 8 скорость пульсовой волны после тепловой пробы увеличилась. Это свидетельствовало, что значительная реактивность микрососудов кожи на нагревание с первых минут проведения пробы может свидетельствовать о более низкой способности к срочной адаптации и медленной перестройке регуляторных систем в их группах. В остальных случаях происходило уменьшение скорости распространения пульсовой волны после тепловой пробы. Что показывало ответную реакцию организма на тепло. Происходила интенсивная отдача тепла через различные участки тела, это показывало насколько сильно выражен данный процесс. Это показало насколько успешно произошел данный эксперимент.

2) Определен модуль упругости сосудов для испытуемых до и после проведения тепловой пробы. Модуль Юнга с уменьшением скорости распространения пульсовой волны также уменьшался. Модуль упругости

сосудов до тепловой пробы у женщин в среднем составляло: 75297 Па; у мужчин 66383 Па. Средний модуль упругости сосудов после проведения ортостатической пробы у женщин: 60037 Па; у мужчин 56595 МПа.

Оценка состояния сердечно-сосудистой системы является неотъемлемой частью у каждого человека в современном мире, прежде всего это связано с неактивным образом жизни, курением, а также возрастными факторами. 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.

Список использованных источников

1. Методы и аппаратура для диагностики состояния сердечно-сосудистой системы по характеристикам пульсовой волны. / Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Вагарин А.Ю., Рытик А.П. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2009. – 96 с.: ил.
2. Датчики плетизмографии и сфигмографии: Метод. указания / Самар. нац. исследов. ун-т.; сост. А.А. Федотов; Самара, 2016 - 35 с.
3. Здоровое сердце: Сердечно-сосудистая система / Соловьева О. – Спб.: Амфора. ТИД Амфора, 2015. --- 62 с
4. Ранняя диагностика сердечно сосудистых заболеваний с использованием аппаратно-программного комплекса «Ангиоскан-01» / Парфенов А.С. / Поликлиника. 2012. №2. С. 70-74
5. Экспресс-диагностика сердечно-сосудистых заболеваний / Парфенов А.С. / Мир измерений. 2008. №6. С.74-82.
6. Индекс отражения пульсовой волны у юных спортсменов Ан. В. Скрипаль, А. С. Бахметьев, Н. Б. Брилёнок, С. Ю. Добдин, А. А. Сагайдачный, Р. Т. Баатыров, А. Д. Усанов, А. С. Тихонова
7. Некоторые современные методы исследования аппарата кровообращения./ Айзен Г.С. - Горький. 1961. - 57 с.
8. Основы ультразвукового исследования сосудов / В.П. Куликов. – Москва: Издательский дом Видар М, 2015 – 392 с. ил.
9. Скорость пульсовой волны - новый фактор риска сердечно-сосудистых осложнений / Blacher J., Safar M.E. // Клинические исследования лекарственных средств в России. - 2000. - №1. - С.13-1
10. Современные методы определения жесткости сосудов / В.А. Милягин, В.Б. Комиссаров / 2010. 135 с.
11. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического метода. / Михайлов В.М. - Иваново, 2000. - 200 с.