

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

Кафедра медицинской физики
наименование кафедры

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА
ДИАГНОСТИКИ И МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛУОМЕТРИИ
ПРИ ОККЛЮЗИОННОЙ И ТЕПЛОВОЙ ПРОБАХ

наименование темы выпускной квалификационной работы полужирным шрифтом

АВТОРЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ
МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента(ки) 2 курса 2221 группы
направления (специальности) 03.04.02 «Физика»

код и наименование направления

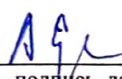
институт физики

наименование факультета, института

Фугарь Любови Валерьевны

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор
должность, уч. степень, уч. звание



подпись, дата

10.06.22

А.В. Скрипаль
инициалы, фамилия

Саратов 2022

Введение

В современной медицине весьма актуальны анализ состояния микроциркуляции крови и тестирование микроциркуляторных расстройств при диагностике всевозможных заболеваний. В особенности это важно при заболеваниях сердечно-сосудистой системы, в диабетологии, в кардиологии, при онкологических заболеваниях, а кроме того при патологиях микроциркуляции в стоматологии, дерматологии, хирургии, а также реаниматологии.[1]

На сегодняшний день медицина имеет в своём арсенале разные методы лечения сосудистых патологий, но прежде чем начинать любое лечение, нужно провести качественную и детальную диагностику.

В данной работе будет рассматриваться два метода диагностики сердечно-сосудистой системы с помощью аппаратов УЗИ и ЛДФ.

Методики ультразвукового исследования сосудов - это результат разработки современной аппаратуры, которая позволяет исследовать сосуд в режиме реального времени, увидеть просвет сосуда, структуру сосудистой стенки, оценить и измерить параметры кровотока, определить клапанную недостаточность вен. [2]

С помощью метода ЛДФ можно оценить состояние и расстройства микроциркуляции крови. Применение данного метода повышает качество диагностики заболеваний, а также позволяет выявлять патологии на ранних стадиях. Благодаря чему становится возможным создание базы для более глубокого понимания патогенеза расстройств микроциркуляции, а также осуществлять объективный контроль за проводимыми лечебными мероприятиями и индивидуальным подбором фармакологических средств. [1]

В своей работе я предлагаю сравнить два вышеперечисленных метода исследования сосудов, выявить сходства и различия, а также определить какой метод эффективнее применять в зависимости от патологии. Этот сравнительный анализ позволит за короткий промежуток времени

определить какой метод эффективнее применять, чтобы выявлять проблемы сосудов человека.

Цель работы: Исследовать как реагируют сосуды при окклюзии и нагревании и сравнить ЛДФ и УЗИ методы при оценке сердечно-сосудистой системы.

Задачи:

1. Провести литературный обзор методов диагностики состояния сосудистой системы.

2. Описать методы УЗИ и ЛДФ.

3. Измерить реакцию сосудов на тепловую и окклюзионную пробу ультразвуковой диагностикой и лазерной доплеровской флоуметрией.

Провести сравнительный анализ двух методов: ультразвуковое исследование и лазерная доплеровская флоуметрия.

Основное содержание работы

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы и решаемых задач, формируется цель исследования и определяется научная новизна.

В первой главе магистерской работы рассматриваются общие сведения о морфологии сосудистого русла. Описаны схемы строения стенок артерий, вен, шунтирующих сосудов и капилляров.

Базисная модель структуры артерии мышечного типа показана в рисунке 1. Выделяют 3 слоя артериальной стенки: внутреннюю, среднюю, а также наружную.

Внутренний слой трехкомпонентный, а также содержит эндотелиальный слой, выстилающий сосуды изнутри, субэндотелиальный слой и внутреннюю эластическую мембрану. Субэндотелиальный слой включает в большей степени продольно направленные тонкие эластические и коллагеновые волокна; по мере уменьшения диаметра сосуда он становится тоньше, по мере увеличения - толще. Внутренняя эластическая мембрана имеет вид эластичной пластинки и также истончается по мере уменьшения диаметра сосуда. Средняя оболочка имеет гладкомышечные клетки, коллагеновые и эластические волокна соединительной ткани и наружную эластическую мембрану на границе с наружной оболочкой. Последняя тоньше внутренней эластической мембраны.

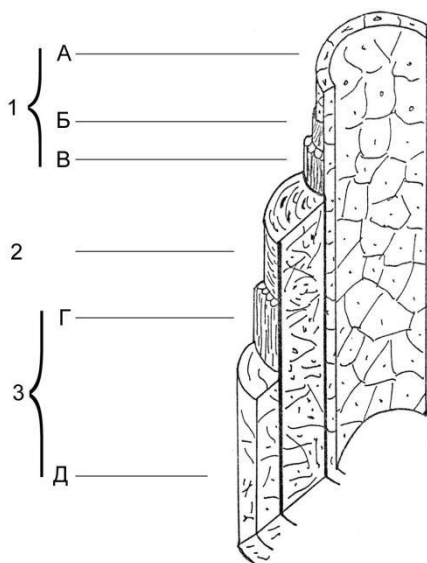


Рисунок. 1. Схема строения стенки артерии мышечного типа

1 – внутренняя оболочка; 2 – средняя оболочка с гладкомышечными клетками, коллагеновыми и эластическими волокнами; 3 – наружная оболочка. А – эндотелий, Б – подэндотелиальный слой, В – внутренняя эластическая мембрана, Г – наружная эластическая мембрана, Д – адвентициальная соединительнотканная наружная оболочка с сосудами (vasa vasorum) и периваскулярными нервными волокнами.

Во второй части магистерской работы рассматриваются методы диагностики сосудов, такие как ангиография, цветное дуплексное сканирование сосудов, внутрисосудистое ультразвуковое исследование, спиральная компьютерная томография, реография, термография, плетизмография, метод оптической тканевой оксиметрии. Описываются их особенности и области применения.

В третьей части магистерской работы отдельно рассматривается метод ультразвуковой диагностики, который использовался в ходе практической части.

Эффект Доплера - изменение частоты и длины волн, регистрируемых приёмником, вызванное движением их источника и/или движением приёмника.

С целью регистрации эффекта Доплера применяют уз, посылаемый в направлении исследуемого сосуда. Отражаясь с перемещающихся эритроцитов, уз, получаемый аппаратом, в соответствии с этим изменяет частоту. Это дает возможность приобрести сведение касательно скорости перемещения крови по исследуемому участку сосудистого русла, направлении перемещения крови, объеме кровяной массы, движущейся вместе с определенными скоростями, а также, отталкиваясь с данных характеристик, аргументировать мнение касательно патологии кровотока, состоянии сосудистой стенки, присутствии атеросклеротического стеноза либо закупорке кровеносных сосудов, а кроме того дать оценку коллатеральному кровообращению.

В четвертой части работы рассматривается ещё один метод из практической части: лазерная доплеровская флоуметрия.

Метод ЛДФ основывается на оптическом неинвазивном зондировании тканей лазерным излучением, а кроме того анализе рассеянного и отраженного от движущихся в тканях форменных элементов. Отраженное с постоянных (неподвижных) элементов ткани лазерное излучение совсем не изменяет собственной частоты, а отраженное с подвижных компонентов

(эритроцитов) - имеет доплеровский сдвиг частоты касательно зондирующего сигнала. Переменная составная часть отражённого сигнала обуславливается 2-мя критериями: концентрацией эритроцитов в исследуемом объёме и их скоростью. Глубина оптического зондирования материи находится в зависимости от длины волны лазерного источника и типа ткани. Для лазерного излучения в длине волны 632нм она составляет примерно 1 миллиметр.

В пятой и шестой частях рассматриваются методы тепловой и окклюзионной пробы соответственно.

Термическую пробу проводят путем нагревания области исследования до 40-45°C в течение нескольких минут, при этом оценивают резервные возможности микроциркуляторного русла по увеличению кровотока в период быстрой термической гиперемии.

Окклюзионную пробу (ОП) осуществляют путем пережатия на 1-3 мин соответствующего места руки или ноги манжетой тонометра так, чтобы вызвать приостановку кровотока и, соответственно, ишемию в исследуемой области. Уже после прекращения окклюзии кровоток возобновляется, а также формируется стремительная постокклюзионная гиперемия, которая выражается в повышении индекса микроциркуляции до значения, превышающего исходный уровень ПМ, наряду с дальнейшим регрессом до начальной степени.

В седьмой главе приведена методика измерений и аппаратура для исследований микроциркуляторного русла. А также приведены результаты сравнительного анализа методов ЛДФ и УЗИ при окклюзионной и тепловой пробах.

Методика измерений и аппаратура

Для эксперимента нам необходимо снять показания с аппаратов УЗИ и ЛДФ при тепловой и окклюзионной пробе. Для чистоты эксперимента все данные снимались в разные дни, в одно и то же время, поэтому эксперимент проходил в два этапа. Исследования проводились при одинаковой

температуре в помещении около 21-24°C. В течении 15 минут до начала диагностики испытуемый находился в спокойном состоянии, тестируемая область открыта. Перед исследованиями исследуемый не принимал пищу или напитки, изменяющее состояние микроциркуляции, не курил. Перед началом эксперимента у испытуемых снимались показания УЗИ и ЛДФ в покое.

Этап 1: Методика проведения тепловой пробы

1. Нагрев исследуемой поверхности кожи проводился с помощью погружения руки в ёмкость с водой, температура которой колебалась в районе 42 – 45°C.

2. С начала погружения снимались показания с помощью датчика аппарата ЛДФ, расположенного на указательном пальце исследуемого. Продолжительность записи – 3 минуты.

3. Далее испытуемый вынимал руку из ёмкости и с помощью пневматического датчика аппарата УЗИ производилась регистрация пульсовой волны.

Этап 2: Методика проведения окклюзионной пробы

1. При проведении измерений манжета накладывается на плечо пациента и накачивается до необходимого давления, которое определяется у каждого пациента индивидуально.

2. Окклюзия проводилась в течении 3 минут.

3. В течении 2х минут после окклюзии регистрировали пульсовую волну с помощью пневматического датчика УЗИ и аппарата ЛДФ.

Общая продолжительность эксперимента не превышает 5 минут, включая в себя окклюзию. Пациент не испытывает за это время никаких неудобств, связанных с накачиванием манжеты.



Рисунок.26. Регистрация пульсовой волны с помощью аппарата УЗИ Edan u50.

Измерения проводили с помощью лазерного доплеровского флуометра и аппарата УЗИ.

Результаты исследования ЛДФ-измерения при нагревании:

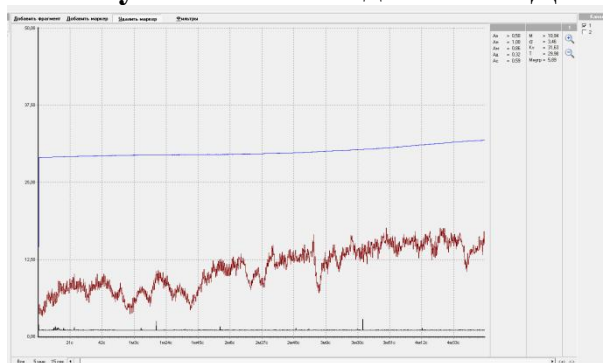


Рисунок .27. – ЛДФ - грамма для условно здорового добровольца до тепловой пробы.

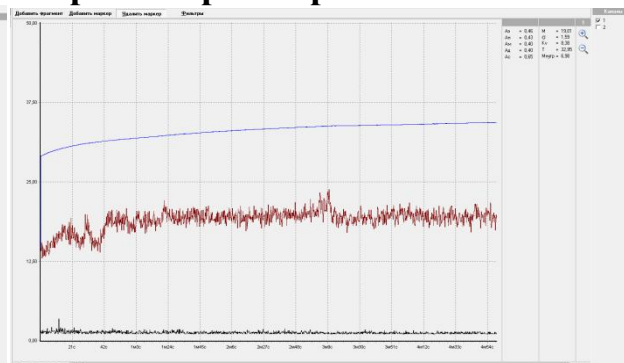


Рисунок. 28.– ЛДФ - грамма для условно здорового добровольца после тепловой пробы.

До тепловой пробы перфузия: $M=10,94$

После тепловой пробы перфузия: $M=19,01$

M – среднее арифметическое значение показателя микроциркуляции (ПМ). Этот параметр характеризует средний поток эритроцитов в единице объема ткани в зондируемом участке в интервале времени регистрации. По данному эксперименту мы видим, что поток эритроцитов увеличился. Это связано с тем, что при нагревании сосуды расширяются.

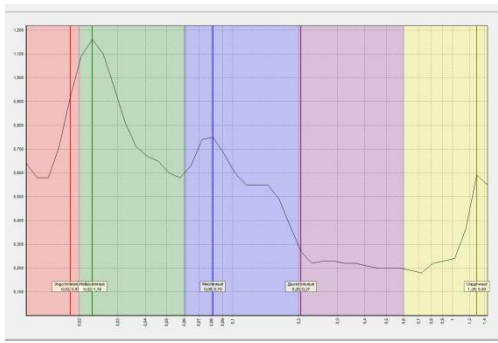


Рисунок. 29.– Амплитудно - частотный спектр для ЛДФ - граммы для условно здорового добровольца до тепловой пробы.

Описание:

Компоненты спектра	До тепловой пробы	После тепловой пробы
Эндотелиальные	0.560	0.920
Нейрогенные	0.510	1.160
Миогенные	0.390	0.750
Дыхательные	0.300	0.270
Сердечные	0.520	0.590

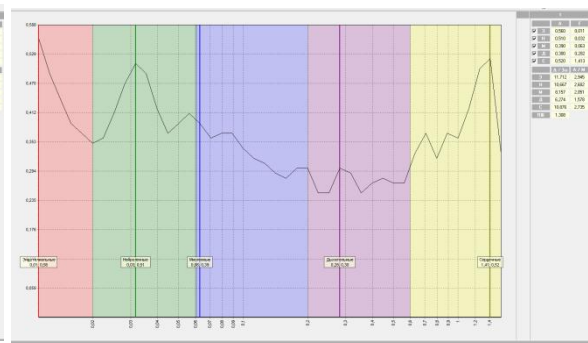


Рисунок. 30 .– Амплитудно - частотный спектр для ЛДФ - граммы для условно здорового добровольца после тепловой пробы.

ЛДФ-измерения при окклюзионной пробе:

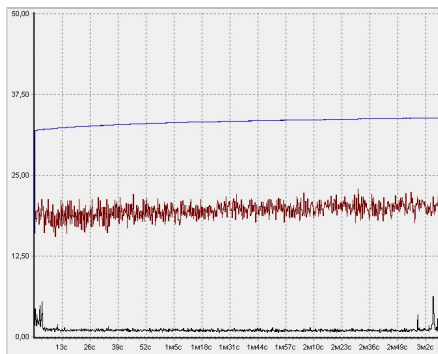


Рисунок. 31. – ЛДФ - грамма для условно здорового добровольца до окклюзионной пробы.

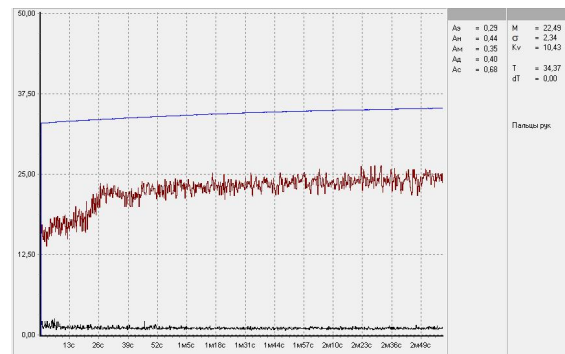


Рисунок. 32.– ЛДФ - грамма для условно здорового добровольца после окклюзионной пробы (70мм-3 мин).

До окклюзионной пробы перфузия: M=22,49
После окклюзионной пробы перфузия: M=19,60

По данному эксперименту мы видим, что поток эритроцитов уменьшился. Это связано с тем, что после окклюзии сосуды сужены.

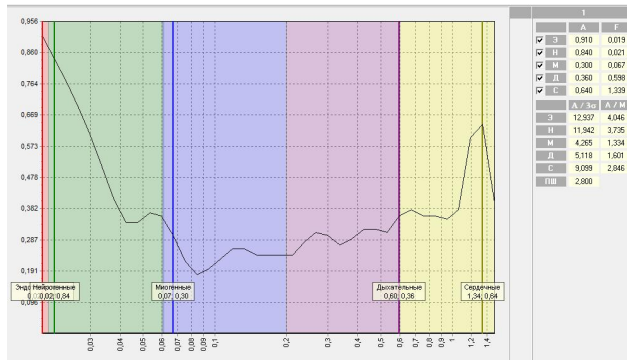


Рисунок. 33.– Амплитудно - частотный спектр для ЛДФ - граммы для условно здорового добровольца до окклюзионной пробы.

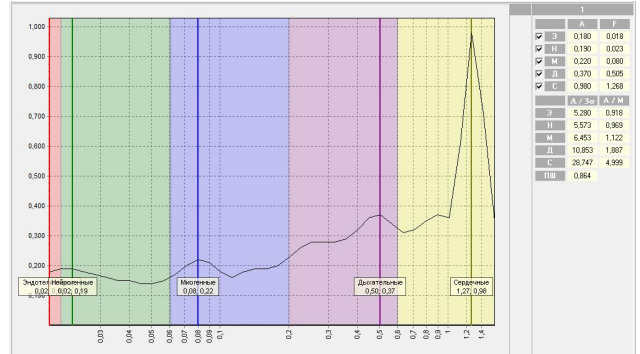


Рисунок. 34. – Амплитудно - частотный спектр для ЛДФ - граммы для условно здорового добровольца после окклюзионной пробы (70мм-3 мин).

Описание:

Компоненты спектра	До окклюзионной пробы	Сразу после окклюзионной пробы
Эндотелиальные	0.910	0.180
Нейрогенные	0.840	0.190
Миогенные	0.300	0.220
Дыхательные	0.360	0.370
Сердечные	0.640	0.980

УЗИ-измерения при тепловой пробе:



Рисунок. 35.– УЗИ - грамма для условно здорового добровольца до тепловой пробы.



Рисунок. 36.– УЗИ - грамма для условно здорового вольца в начале тепловой пробы.



Рисунок. 37.– УЗИ - грамма для условно здорового добровольца через 10 секунд тепловой пробы.

Рисунок. 38.– УЗИ - грамма для условно здорового вольца через 35 секунд тепловой пробы.

	В покое, см/с	В начале тепловой пробы, см/с	Через 10 сек тепловой пробы, см/с	Через 35 сек тепловой пробы, см/с
Скорость кровотока в максимуме систолы	12	22	20	19

УЗИ-измерения при окклюзионной пробе:



Рисунок. 39.– УЗИ - грамма для условно здорового добровольца до окклюзионной пробы.

Рисунок. 40. – УЗИ - грамма для условно здорового вольца сразу после окклюзионной пробы.

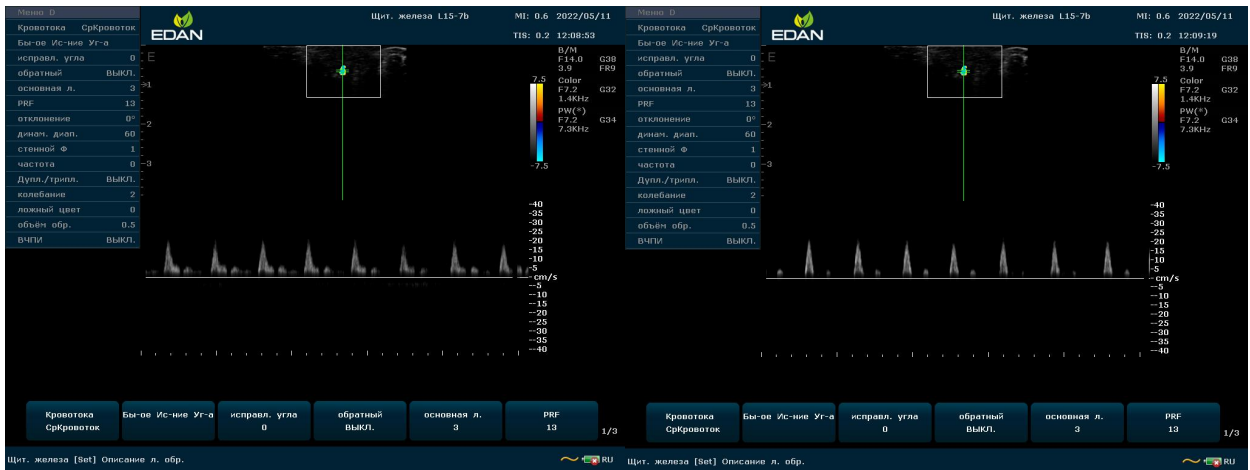


Рисунок. 41. – УЗИ - грамма для условно здорового добровольца через 10 секунд после окклюзионной пробы.

Рисунок. 42. – УЗИ - грамма для условно здорового вольца через 25 секунд после окклюзионной пробы.

	В покое, см/с	В начале окклюзионной пробы, см/с	Через 10 сек окклюзионной пробы, см/с	Через 35 сек окклюзионной пробы, см/с
Скорость кровотока в максимуме систолы	17	22	20	19

Сравнительный анализ УЗИ и ЛДФ методов

Лазерная флоуметрия и ультразвуковая высокочастотная доплерография базируются на эффекте Доплера, а также дают возможность работать в области микроциркуляторного кровотока, в тоже время физические основные принципы световой волны в лазере и механической в ультразвуке предполагают несколько значительных различий. Лазерные флоуметры измеряют уровень кровотока в 1 миллиметре исследуемой материи, в следствии чего отсутствуют прямые характеристики параметров кровотока. Ультразвуковые исследования устанавливают такие показатели, как линейную и объёмную скорости кровотока согласно срезу прозвучиваемой материи.

Преимущества ультразвукового исследования:

- визуальный и автоматический контроль измеряемых параметров;
- измерения параметров в абсолютных единицах.

Недостатки ультразвукового исследования:

- трудности в определении диаметра артерий малого калибра

Преимущества лазерной доплеровской флоуметрии:

- избирательная оценка гемодинамики в сосудах микроциркуляторного русла вследствие малой глубины проникновения зондирующего излучения;
- возможность оценки реакции на пробу отдельно кардиального, дыхательного, миогенного, нейрогенного и эндотелиального диапазонов регуляции тонуса сосудов.

Недостатки лазерной доплеровской флоуметрии:

- малая площадь анализа кровотока (около 1 мм²);
- измерения в относительных единицах;
- зависимость показаний от контакта датчика с поверхностью кожи и оптических свойств кожи.

Таким образом, ЛДФ и УЗИ методы имеют как сходства, так и существенные отличия. Использование этих методов комплексно повышает эффективность диагностики в клинической практике.

Заключение

Таким образом, лазерная доплеровская флоуметрия и ультразвуковое доплеровское исследование – это современные методы исследования микроциркуляторного кровотока, которые находят широкое применение в различных отраслях медицины.

Нами изложены основные принципы методов ЛДФ и УЗИ и показаны основные возможности их применения для исследования микроциркуляторного кровотока.

Представляемые способы выявления патологий выполняются в довольно небольшой промежуток времени, никак не требуют дополнительной подготовки добровольца. Данные методы дают возможность распознавать разнообразные патологии сердечно-сосудистой системы, обнаруживать отклонения от нормы в преждевременных стадиях неинвазивно.

По результатам исследований нами выявлены и обоснованы основные различия УЗИ и ЛДФ методов.

На основании сравнительного анализа выявлено соответствие результатов доплерографического метода и метода лазерной доплеровской флоуметрии в оценке сосудов, что позволяет уточнить патогенез микроциркуляторных расстройств в патологии сосудов.

10.06.2022
В.С.П.