

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ И ЛАЗЕРНАЯ ДОПЛЕРОМЕТРИЯ КРОВОТОКА
ПЕРИФИРИЧЕСКИХ СОСУДОВ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБАХ

АВТОРЕФЕРАТ

ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ МАГИСТРА

студентки 2 курса 2221 группы

направления 03.03.02 Физика, Института физики

Помякшевой Маргариты Владимировны

Научный руководитель
д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

личная подпись, дата

А.В. Скрипаль

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой
д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

личная подпись, дата

17.06.24

А.В. Скрипаль

инициалы, фамилия

Саратов 2024

ВВЕДЕНИЕ

Оценка гемодинамики является важным компонентом в диагностике различных заболеваний и состояний организма. Гемодинамика отражает работу сердечно-сосудистой системы, ее способность обеспечивать достаточное кровообращение и поставку кислорода и питательных веществ в органы и ткани. Для определения гемодинамических параметров используются различные приборы и методики, которые позволяют получить объективную информацию о состоянии сердца, сосудов и периферического кровотока. В настоящее время существует широкий спектр инструментов для измерения гемодинамических параметров. Широкое применение получили неинвазивные методы оценки гемодинамики. К ним относятся ультразвуковая доплерография, рентгеноконтрастная ангиография, магнитно-резонансная томография (МРТ), компьютерная томография (КТ) и другие. Эти методы позволяют более безопасно получать информацию о состоянии сердца, сосудов и периферического кровотока без необходимости проведения инвазивных процедур. В исследовании микроциркуляции крови важное значение имеют различные функциональные пробы, провоцирующие направленные изменения тканевого кровотока и степень напряжения его регуляторных механизмов. Они позволяют оценить как резервы системы, так и реактивность микрососудов и степень вовлечения их в реакции.

Актуальность темы настоящего исследования обусловлена проведением сравнительного анализа одновременного применения лазерного доплеровского флуориметра и ультразвукового аппарата для измерения кровотока в периферических сосудах при двух функциональных пробах из-за нескольких ключевых аспектов.

Во-первых, сравнительный анализ позволяет оценить достоверность и точность результатов, полученных двумя различными методами измерения. Это поможет исследователям и медицинским специалистам понять, насколько согласованы данные, полученные при использовании лазерного доплеровского

флуориметра и ультразвукового аппарата, что является ключевым фактором при принятии клинически значимых решений.

Во-вторых, сравнительный анализ может дать возможность выявить преимущества и недостатки каждого из методов измерения кровотока в периферических сосудах при различных функциональных пробах. Например, лазерный доплеровский флуориметр может быть более точным при измерениях в микрососудах, в то время как ультразвуковой аппарат может обеспечить более широкий охват глубоких сосудов.

Таким образом, проведение сравнительного анализа одновременного применения двух различных методов измерения кровотока в периферических сосудах при функциональных пробах является важным шагом для совершенствования диагностики и мониторинга состояния сосудов, а также для оптимизации планов лечения пациентов с сосудистыми заболеваниями.

Исходя из актуальности, **была определена цель проведенного** в данной работе исследования, которая заключалась в проведение сравнительного анализа одновременного применения лазерного доплеровского флуориметра и ультразвукового аппарата для измерений кровотока периферических сосудов при двух функциональных пробах.

В соответствии с целью работы были сформулированы **следующие задачи**, решение которых направленно на всестороннее раскрытие темы и достижение поставленной цели:

- Изучить морфологические особенности сосудистого русла;
- Изучить методы ультразвуковой диагностики и работу аппаратов.
- Изучить работу аппаратов лазерной доплеровской флоуметрии.
- Рассмотреть какие бывают функциональные пробы.
- Провести сравнительный анализ одновременного применения лазерного доплеровского флуориметра и ультразвукового аппарата для измерений кровотока периферических сосудов при двух функциональных пробах.

Объектом исследования выступает **периферические сосуды**.

Предметом исследования являются ультразвуковая диагностика периферических сосудов и лазерная доплеровская флоуметрия при двух функциональных пробах.

Основное содержание работы

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

В первой главе рассматриваются основные понятия и структура сердечно-сосудистой системы.

Сердечно-сосудистая система – одна из важнейших систем организма, обеспечивающих жизнедеятельность организма за счет циркуляции крови, состоящая из системы замкнутых полых трубок. Через нее реализуются эндокринные и нервные влияния. Структура сосудов варьируется в каждом конкретном случае, а именно - соответствует положению сосудов в круге кровообращения и гемодинамике [1, с.102].

Существует три типа кровеносных сосудов: вены, артерии, капилляры. Артерии посылают кровь от сердца к другим органам, вены в свою очередь наоборот, от органов к сердцу. Артерии имеют гибкие толстые стенки в связи с высоким давлением в сердце (до 250 миллиметров ртутя), вены же имеют менее толстые стенки.

Сосудам свойственно разветвляться: артерии эластичного типа → артерии → артериолы → синусоидные капилляры, крупные вены → вены → венулы → непрерывные капилляры.

Между артериями и венами находится микроциркуляционное русло, создающее периферическую часть сердечно-сосудистой системы.

Во второй главе рассматриваются понятие ультразвуковая диагностика и ее методы.

Одним из методов лучевой диагностики является ультразвуковая диагностика (УЗД) при использовании высокочастотных звуковых волн для получения изображения внутренних органов человеческого тела. Суть метода заключается в фиксировании отраженных от внутренних структур ультразвуковых волн – эхо.

Отраженный эхосигнал может быть представлен на экране в следующих

режимах:

- А – режим;

Режим А на ультразвуковом аппарате обычно используется для диагностики, и он представляет собой наиболее поверхностное сканирование.

- М – режим;

Режим М на ультразвуковом аппарате предназначен для динамического наблюдения за движущимися объектами, такими как кровь в сосудах или сердечный мускул.

- В – режим;

Режим В на ультразвуковом аппарате является режимом, который предназначен для получения двумерных изображений в реальном времени. В этом режиме ультразвуковой аппарат создает изображение, которое отображает структуру и форму органов и тканей в исследуемой области

- доплеровские режимы;

Доплеровские режимы - это специальные режимы ультразвукового аппарата, которые используются для измерения и визуализации скорости движущихся объектов, таких как кровь в сосудах.

- импульсно-волновой

Импульсно-волновой Доплер дает возможность выбрать доплеровские сигналы в конкретно заданной области.

В третьей главе рассматривается понятие лазерная доплеровская флоуметрия, как формируется ее сигнал, виды ЛДФ аппаратов .

Лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) представляет собой инновационный, бесконтактный метод изучения микроциркуляции, который не только позволяет оценить общий уровень периферической перфузии, но и выявить особенности регуляции кровотока в микроциркуляторном русле. Преимуществом ЛДФ является возможность проведения измерений микрокровотока *in vivo*, что является ключевым для анализа микрогемодинамики.[4]

На изображении 1 показана типичная ЛДФ-грамма, отображаемая на мониторе компьютера. На оси X отложено время записи (t) в секундах, а на оси Y показан показатель микроциркуляции в относительных перфузионных единицах (пф.ед.). Визуальный анализ данной граммы позволяет оценить динамику перфузии ткани и принять соответствующие диагностические выводы.

Сигнал, полученный с помощью ЛДФ, состоит из постоянной и изменяющейся во времени составляющих. Поэтому показатель микроциркуляции (перфузии) может быть описан с использованием следующего выражения:

$ПМ(t) = M + \delta ПМ(t)$, где: M – постоянная составляющая перфузии и $\delta ПМ(t)$ – переменная составляющая перфузии.

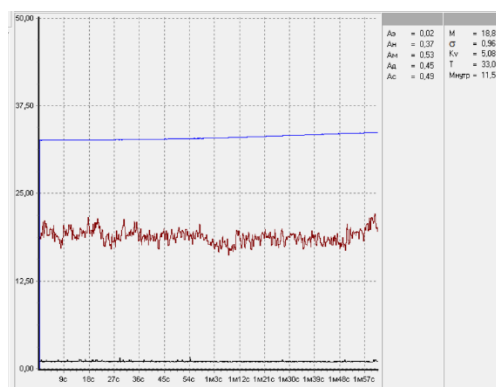


Рисунок .1. Пример ЛДФ-граммы

. Существует несколько типов ЛДФ-аппаратов, различающихся по конструкции и принципу работы:

1. Одноканальные ЛДФ-аппараты
2. Многоканальные ЛДФ-аппараты
3. Профилометрические ЛДФ-аппараты
4. ЛДФ-аппараты с анализом вариабельности

В четвертой главе рассказывается о функциональных пробах.

В настоящее время для тестирования состояния микроциркуляции применяются различные функциональные пробы, которые можно разделить на пять основных групп.

Первую группу составляют пробы, основанные на вызываемом эффекте вазоконстрикции, что позволяет прежде всего определить активацию адренергического звена в регуляции микрососудов.

Вторую группу составляют пробы, основанные на эффекте вазодилатации.

В третью группу входят пробы, связанные с временной окклюзией регионарных сосудов, приводящей к локальной гиперемии.

Четвертую группу составляют пробы с дозированной физической нагрузкой, динамического или статического характера.

В последнюю, пятую, группу входят различные медикаментозные пробы, основанные на дозированном применении вазоактивных препаратов.

В своей работе мы выбрали для сравнения две группы методик :

1. основанные на эффекте вазодилатации(нагрев организма)
2. временную окклюзию регионарных сосудов, приводящей к локальной гиперемии.

В пятой главе рассматриваем метод и устройство для исследования.

В нашей исследовательской работе была выявлена цель исследования, которая заключалась в проведение одновременного

измерения кровотока периферических сосудов с помощью двух неинвазивных аппаратов при двух функциональных пробах: окклюзионной и тепловой.

Региональное кровообращение оценивалось одновременно на двух аппаратах:

1. УЗИ- аппарата EDAN U50. Узи-исследование проводится линейным датчиком так, чтобы доплеровские лучи проходили под углом 45 градусов к поверхности.

2. Лазерный анализатор капиллярного кровообращения «ЛАКК–02» производства ООО НПП «Лазма», г. Москва.

В шестой главе описывается экспериментальная часть.

В исследовании приняли участие добровольцы в возрасте от 21 до 23 лет, находившиеся в нормальном физическом состоянии. По результатам опроса было установлено, что у них отсутствуют хронические заболевания, а давление и температура организма находились в пределах нормы.

Этапы измерения заключались в расположении добровольца в удобном положении, на интересующую область накладывалась манжета и производилось одновременная регистрации на аппаратах УЗИ И ЛДФ при окклюзионной пробе. Полученная информация анализировалась оператором.

В ходе исследования результаты измерений вносились в таблицу.

Таблица. 1 Значения измеренных показателей УЗИ И ЛДФ для 8 добровольцев.

Фамилии	УЗИ		Увеличение в процентах	До окл и после	ЛДФ
	До окл	После окл			Изменение в процентах
Доброволец	27.2	38.8	42%	Мисх=20.47	36%

1	мл/мин	мл/мин		Мокл=2.08 Мпосле окс=27.95 ПМмакс=30.8 РК=150	
Доброволец2	11.36 мл/мин	20.34 мл/мин	79%	Мисх=11.11 Мокл=1.1 Мпосле окс=19.66 ПМмакс=20.1 РК=182	76%
Доброволец 3	10.95 мл/мин	18.65 мл/мин	70%	Мисх=12.18 Мокл=1.83 Мпосле окс=18.52 ПМмакс=26= РК=171	52%
Доброволец 4	10.15 мл/мин	21.11 мл/мин	107%	Мисх=9.87 Мокл=2.7 Мпосле окс=20.19 ПМмакс=21 РК=245	104%
Доброволец 5	6.67 мл/мин	16.4 мл/мин	145%	Мисх=5.57 Мокл=1.7 Мпосле окс=15.11 ПМмакс=20.20 РК=362	171%

Доброволец 6	3.4 мл/мин	10.1 мл/мин	197%	Мисх=6.32 Мокл=1.4 Мпосле окс=19.29 ПМмакс=12.1 РК=140	205%
Доброволец 7	10.15 мл/мин	17.6 мл/мин	73%	Мисх=8.07 Мокл=2.7 Мпосле окс=18.34 ПМмакс=19.5 РК=227	114%
Доброволец 8	2.9 мл/мин	15.3 мл/мин	427%	Мисх=3.5 Мокл=1.2 Мпосле окс=19.29 ПМмакс=18.5 РК=528	451%

В таблице.1 мы занесли все измеренные данные. На основе этих данных мы построили диаграммы разброса значений объемного кровотока и перфузии до и после окклюзии измеренных на аппаратах УЗИ и ЛДФ, что представлено на рисунках (2,3,4,5).

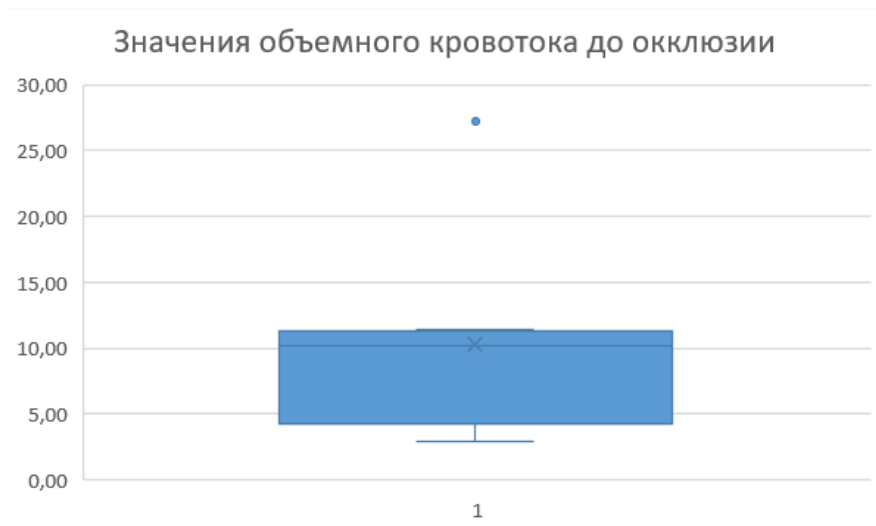


Рисунок. 2 Диаграмма значений объемного кровотока до окклюзии, измеренных на аппарате УЗИ для 8 добровольцев.

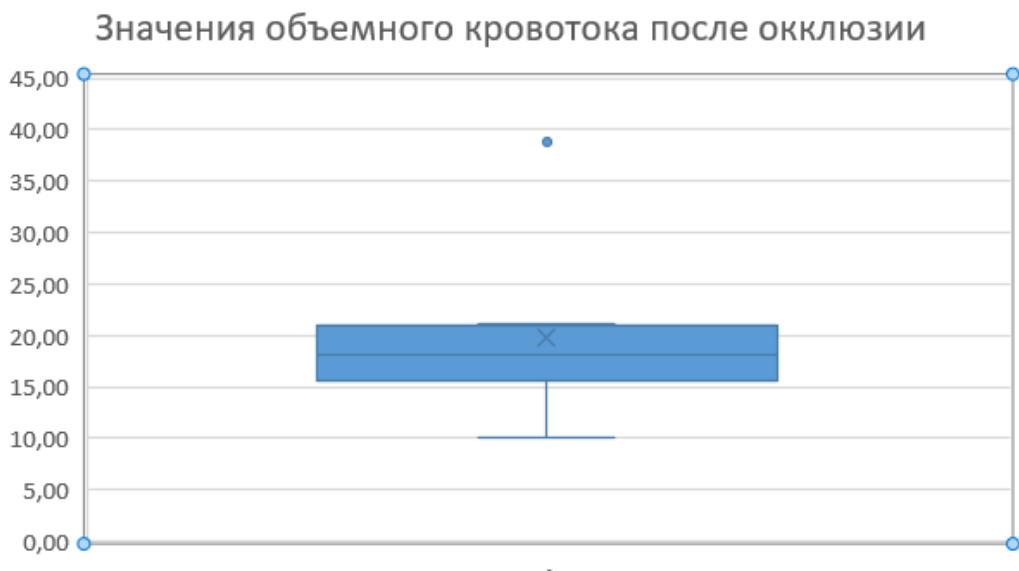


Рисунок. 3 Диаграмма значений объемного кровотока после окклюзии, измеренных на аппарате УЗИ для 8 добровольцев.

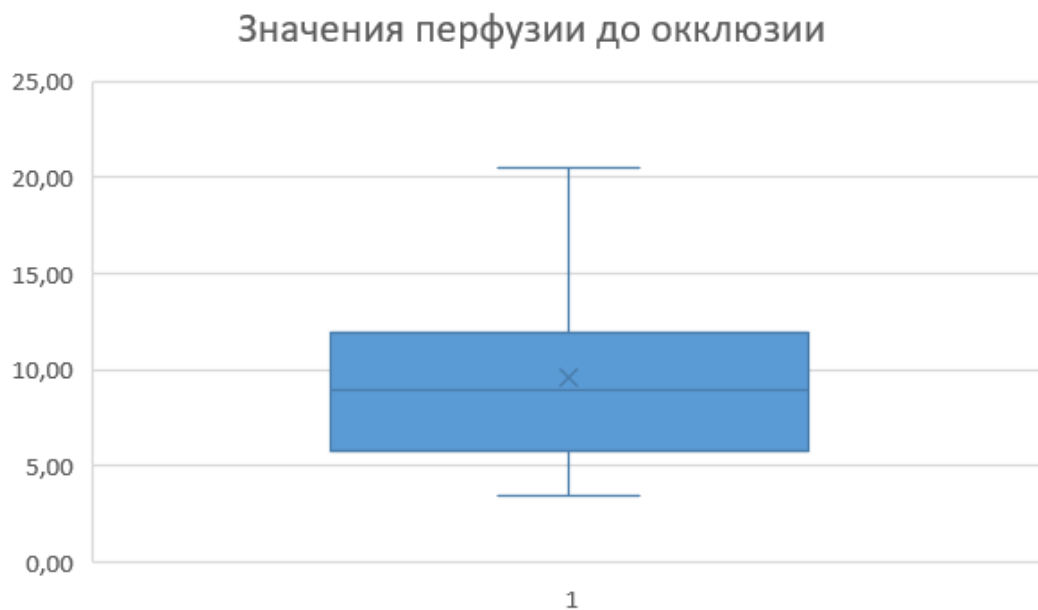


Рисунок. 4 Диаграмма значений перфузии до окклюзии, измеренных на аппарате ЛДФ для 8 добровольцев.

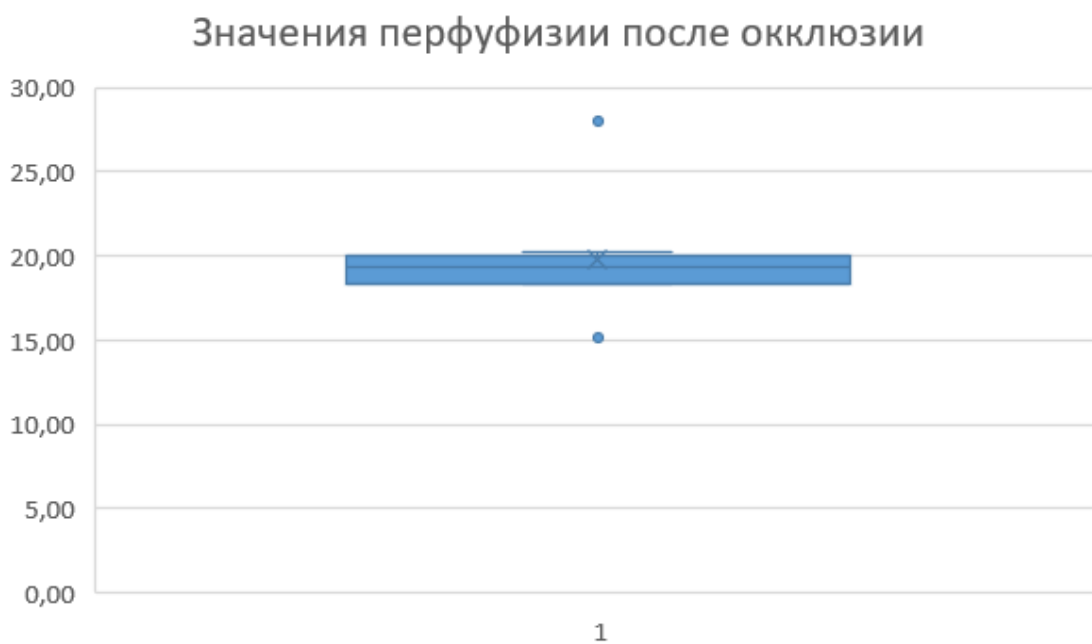


Рисунок. 5 Диаграмма значений перфузии после окклюзии, измеренных на аппарате ЛДФ для 8 добровольцев.

Максимальные значения увеличения для УЗИ составляют 197%, а минимальные - 42%. Для ЛДФ максимальное увеличение достигает 205%,

минимальное - 36%. Выбросы данных составляют 427% и 451% соответственно. Коэффициент корреляции между данными равен 99%.

Таким образом, получена корреляция между артериальным кровотоком, измеренным с помощью УЗИ аппарата, и увеличением объемного кровотока в микроциркуляторном русле при проведении окклюзионной пробы.

Этапы второго измерения заключались в расположении добровольца в изменении температуры окружающей среды одновременная регистрации на аппаратах УЗИ И ЛДФ при тепловой пробе. Полученная информация анализировалась оператором.

В ходе исследования результаты измерений вносились в таблицу.

Таблица 2. Результаты измерений объемного кровотока и перфузии при проведении тепловой пробы

	Узи				Увелич ение	ЛДФ		Увелич ение
	Холодная комната		Теплая комната			Холо дная комн ата	Тепл ая комн ата	
	Макс скорос ть	Объем кровото ка	Макс скорос ть	Объем кровото ка				
Доброволе ц1	29.9	72.1	43.3	114.4	В 1.5(58%)	9.95	29.95	В 3 раза (200%)
Доброволе ц2	22.7	59.1	33.4	87.9	В 1.5(48%)	6.64	34.74	В 5 раз (420%)

Из проведенного исследования (таблица 2) видно, что изменения объемного кровотока, измеренное при помощи УЗИ в холодной комнате и теплой комнате, для первого и второго добровольца примерно одинаковое, увеличение в 1.5 раза. При этом изменение перфузии, измеренное при помощи ЛДФ-аппарата в холодной комнате и теплой комнате, для первого и второго добровольца составляют 200% и 400%, что значительно больше, чем изменение объемного кровотока.

То есть, в отличие от окклюзионной пробы, увеличение значений ЛДФ не соотносится со значениями измеренными на аппарате УЗИ. Это указывает на различия в реакции сосудов и их изменения в холодной и теплой среде, которые проявляются по-разному при использовании разных методик измерения.

Заключение

Исследование, проведенное с использованием ультразвуковой и лазерной доплерометрии для измерения кровотока в периферических сосудах при тепловой и окклюзионной пробах, представляет собой важный шаг в современной диагностике сосудистых заболеваний.

В данной работе представлен анализ методов исследования кровотока в периферических сосудах с использованием ультразвуковой и лазерной доплерометрии, а также проведение функциональных проб (тепловой и окклюзионной).

Проведены измерения параметров объемного кровотока и перфузии, замечены совпадения изменения параметров кровотока, полученных при использовании УЗИ и ЛДФ в ходе окклюзионной пробы. Также были выявлены несовпадения изменения параметров кровотока, измеренных на аппаратах УЗИ и ЛДФ при тепловой пробе.

Из полученных результатов следует, что при проведении окклюзионной пробы, кровоток временно блокируется, что приводит к изменениям в скорости и объеме кровотока в сосудах. УЗИ и ЛДФ оба могут использоваться для измерения этих изменений, и при этом они могут дать сопоставимые результаты из-за особенностей реакции сосудов на окклюзию.

В свою очередь, несовпадение изменения параметров кровотока, измеренных на аппаратах УЗИ и ЛДФ при тепловой пробе может быть обусловлено различными факторами, включая различия в принципе работы и особенностях каждого из этих методов.