

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра медицинской физики

**Тема: «ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ
МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ВО ВРЕМЯ ТРАВМАТИЧНЫХ
ОПЕРАЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ЛДФ»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 4021 группы

направления 03.03.02 Физика

Института физики

Коваленко Ксении Александровны

Научный руководитель

к.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

 10.06.22

подпись, дата

А. Д. Усанов

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

 10.06.22

подпись, дата

А.В. Скрипаль

инициалы, фамилия

Саратов 2022

Введение

В современной медицинской практике крайне актуальна оценка состояния микроциркуляции крови. Расстройства микроциркуляции весьма разнообразны как по своему патогенезу, так и по клиническим проявлениям.

Возможность постоянной полной оценки физического состояния больного является обязательным условием успешности проведения хирургических операций. Возможно отслеживать давление, пульс, сатурацию, гематокрит. Но, к сожалению, в процессе операций нет возможности отслеживать состояние микроциркуляции крови в тканях человека и оценить состояние кровотока вне операционных полей. Это становится причиной различных осложнений во время операций – например, — сладж-феномен, стаз, ДВС-синдром.

Поэтому при хирургическом вмешательстве для лечения различных заболеваний и экстремальных состояний, а также при коррекции микроциркуляторных нарушений необходимы методы как оперативной оценки состояния кровотока на тканевом уровне, так и длительного его мониторинга. Одним из таких методов является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ).

Цель работы: исследовать изменение, а также влияния пассивных и активных факторов сосудистого тонуса на уровень микроциркуляции под сочетанной анестезией во время травматичных хирургических операциях.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Ознакомиться с научной литературой о принципе работы системы микроциркуляторного русла. Разобраться в строение микрососудов, в механизмах контроля кровотока;
- 2) Произвести оценку методов и устройств для исследования системы микроциркуляции;
- 3) С помощью датчика записать изменение микроциркуляции под сочетанной анестезией при травматичных хирургических операциях;

4) Построить ЛДФ-граммы результатов измерений. Проанализировать изменение уровня микроциркуляции, а также изучить зависимость влияния пассивных и активных факторов сосудистого тонуса на уровень микроциркуляции под сочетанной анестезией во время травматичных хирургических операциях.

Теоретическая база исследований сформирована публикациями и работами, посвященными темам исследования строения микроциркуляции крови; механизмы контроля кровотока в микроциркуляторном русле; методы и устройства для исследования системы микроциркуляции крови.

Структура и объем работы: по своей структуре работа состоит из введения, 4-х глав, заключения и списка используемых источников. Работа изложена на 47-ми страницах машинописного текста, содержит 28 рисунков и список литературы из 21 наименований.

Основное содержание работы

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

В первой главе рассматривается система микроциркуляторного русла, строение сосудов, а также звенья микроциркуляторного русла.

Микроциркуляторное русло – это функциональный комплекс кровеносных и лимфатических сосудов, который обеспечивает регуляцию кровенаполнения органов, трансапиллярный обмен и дренажно депонирующую функцию [1].

Звенья микроциркуляторного русла составляют следующие микрососуды:

- 1) Артериальные (артериолы и прекапилляры);
- 2) Капиллярные;
- 3) Венозные (посткапилляры, собирательные и мышечные венулы).

Кроме этих сосудов еще выделяют артериоло-венулярные анастомозы – непосредственные соустья между артериолами/артериями и венулами/венами [2].

Во второй главе изучаются механизмы контроля кровотока в микроциркуляторном русле.

Существуют активные и пассивные факторы, определяющие модуляцию кровотока. Активный механизм контроля в кровеносном русле может определяться физиологическими потребностями тканей. Факторы, которые оказывают воздействие на модуляцию кровотока, называются активными факторами микроциркуляции. К ним относятся: эндотелиальный, миогенный и нейрогенный механизмы которые регулируют просвет сосудов, а также тонус сосудов. Факторы, которые воздействуют вне системы микроциркуляторного русла и оказывают непосредственное влияние на изменение колебаний кровотока, называются пассивными факторами. К ним относят: сердечный и дыхательный механизм тонуса [3].

Изменение амплитуды пассивной составляющей кровотока может происходить в следствии функционирования активного механизма контроля кровотока, а также и наоборот. Активные механизмы (эндотелиальные, нейрогенные и миогенные) вместе с пассивными механизмами контроля кровотока в микроциркуляторном русле образуют как положительные, так и отрицательные обратные связи. Снижение тонуса артериальных сосудов из-за снижения нейрогенной активности может привести к увеличению частоты сердечных сокращений в микроциркуляторном русле из-за увеличения артериального кровотока [4].

В третьей главе провели сравнительный анализ методов и устройств для исследования системы микроциркуляции крови.

Метод ультразвуковой доплерографии – это метод исследования кровотока. Позволяет измерять линейную скорость кровотока, используется для диагностики сосудистых заболеваний [5].

Плетизмография – метод исследования сосудистого тонуса и кровотока в сосудах мелкого калибра, основанный на графической регистрации пульсовых колебаний объема какой-либо части тела, связанных с динамикой кровенаполнения сосудов [6].

Лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) - это новый неинвазивный метод исследования микроциркуляции, который позволяет не только оценить общий уровень периферического кровообращения, но и изучить особенности регуляции кровотока в микроциркуляции. Для исследования процессов микроциркуляции методом ЛДФ применяется зондирование ткани лазерным излучением. В процессе обследований регистрируются и фиксируются колебания кровотока в микроциркуляторном русле – флоуметрия. В методе ЛДФ применяется алгоритм усреднения, который позволяет получить средний доплеровский сдвиг частоты по всей совокупности эритроцитов, попадающих в зондируемую область [7].

Эксперимент проводился совместно с Саратовским государственным медицинским университетом имени В. И. Разумовского (кафедра

факультетской хирургии и онкологии) и Саратовским национальным исследовательским государственным университетом имени Н.Г. Чернышевского. В университетской клинической больнице №1 имени С. Р. Миротворцева. Под руководством хирурга с 25 летнем стажем Капралова Сергей Владимировича. А также анестезиолога-реаниматолога Пригородова Михаила Васильевича.

Исследование проводилось на нескольких пациентах. Во всех наблюдениях была выполнена передняя резекция прямой кишки с лимфодиссекцией в соответствии с Национальными клиническими рекомендациями. По возрастно-половому составу, антропометрическим параметрам, объёму оперативного вмешательства пациенты не отличались друг от друга.

Регистрация изменения потока крови в микроциркуляторном русле проводилась в несколько этапов:

1. Расположение пациента в неподвижное состояние покоя (для исключения некорректных данных во время записи измерений);
2. Прикрепление лазерного анализатора к исследуемой зоне (указательный палец руки);
3. Запись ЛДФ – сигнала с указательного пальца;
4. Обработка данных в программе «LDF 3 LAZMAMC»;
5. Анализ полученной ЛДФ – граммы: до начала операции и ввода в организм пациента анальгезирующих препаратов, и на пике развития сочетанной анестезии;
6. Построение и исследование спектра пассивных и активных факторов сосудистого тонуса.

Первоначальная запись пациента проводилась при нормальных условиях, в состоянии покоя. Испытуемый не имел патологических расстройств либо заболеваний сердечно-сосудистой системы. Перед началом записи исследования пациент не принимал спиртные напитки или стимулирующие сердечную активность препараты. Последующая запись микроциркуляции

проводились в ходе открытых травматичных операций ввиду онкологических патологий под сочетанной анестезией.

На графике (рисунок 1) показана ЛДФ – грамма пациента во время операции. Выполнялась передняя резекция прямой кишки, длительность операции составила 159 минут. С помощью программы «LDF 3 LAZMAMC» была произведена фильтрация данных. Произошло сглаживание, без потери качества данных. Линия черного цвета отображающая датчик движения усреднена, отсутствуют скачки, обусловленные движениями пациента. Благодаря фильтрации данных можно произвести качественную оценку данных уровня микроциркуляции. В течение всей операции температура тела пациента изменяется в небольших пределах, оставаясь в диапазоне от 35,5 до 37,4 °C, что является нормой.

До начала эпидуральной анестезии в первые 20 минут предоперационной подготовки уровень микроциркуляции колебался от значений 13 отн. ед до 25 отн. ед. В данном диапазоне уровень микроциркуляции изменяется за счет движения пациента, а также его волнения и стресса. Далее на ЛДФ – грамме можно наблюдать кратковременное снижение уровня микроциркуляции с 26,2 отн. ед. до 21,6 отн. ед. во время введения эпидуральной анестезии с 22 по 36 минуту (рисунок 1). Причиной уменьшения уровня микроциркуляции является введение эпидуральной анестезии при которой лекарственные препараты (миорелаксант, холинолитическое и анальгизирующее вещество в индивидуально подобранной пропорции) вводятся в эпидуральное пространство позвоночника через катетер. Инъекция приводит к потере болевой чувствительности, потере общей чувствительности и к расслаблению мышц, что так же сказывается на изменении уровня микроциркуляции.

Миорелаксант обеспечивает во время проведения хирургических вмешательств расслабление скелетной мускулатуры. Анальгизирующий препараты выступают в роли веществ, ослабляющие и устраняющие чувство боли. Холинолитические препараты в свою очередь устраняют

стимулирующее влияние парасимпатических нервов на гладко – мышечные органы.

Во время ингаляционной анестезии на 37 минуте наблюдался резкий рост уровня микроциркуляции, который на пике действия сочетанной анестезии во время травматичного вмешательства увеличился до 29 отн.ед. и в последствии удерживался на этом уровне. Это означает, что во время действия анестезиологических препаратов уровень микроциркуляции повышается и до окончания хирургического вмешательства находится в диапазоне от 27 отн. ед. до 29 отн. ед.

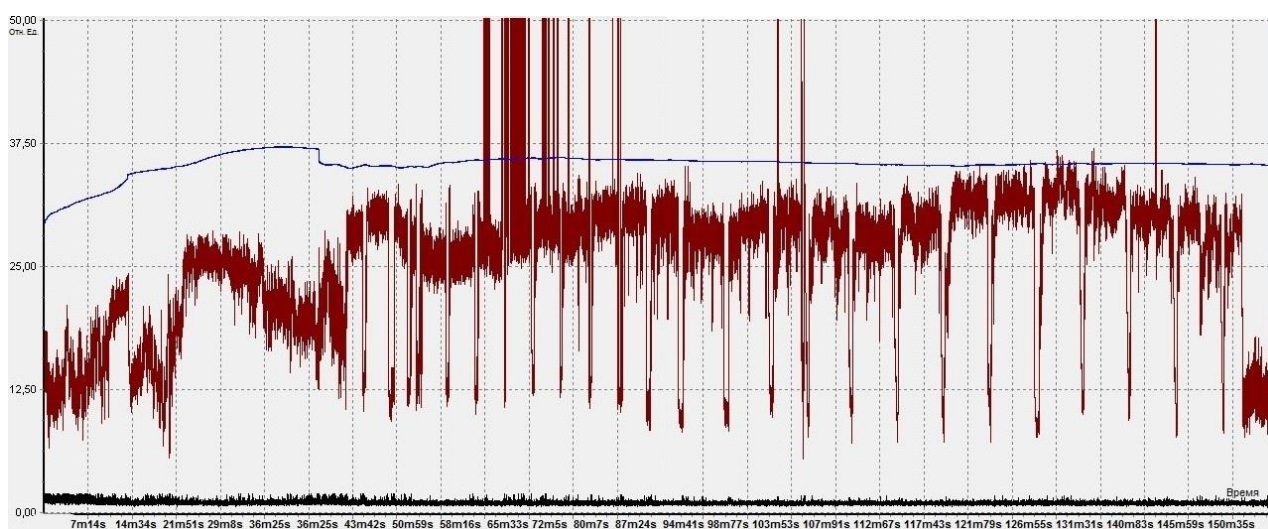


Рисунок 1. ЛДФ-грамма уровня микроциркуляции во времени. Красная линия - микроциркуляция, синяя линия - температура, черная линия - датчик движения.

Максимальные пики ЛДФ – граммы говорят о применении электрокоагулятора. Хирургический инструмент, воздействует на биологические ткани высокочастотным электрическим током. Так же можно наблюдать резкое периодическое уменьшение микроциркуляции, происходит это в следствие окклюзии (автоматическое измерение давления пациента для мониторинга состояния).

К концу операции график отображает восстановление уровня микроциркуляции до значения 12,5 отн. ед. что является нормальным значением. Это означает вывод препаратов из организма человека.

Для оценки вклада активных и пассивных факторов, определяющих модуляцию кровотока рассмотрим отдельные участки операции. До начала

анестезии средний уровень микроциркуляции пациента составлял 13,5 (рисунок 2).

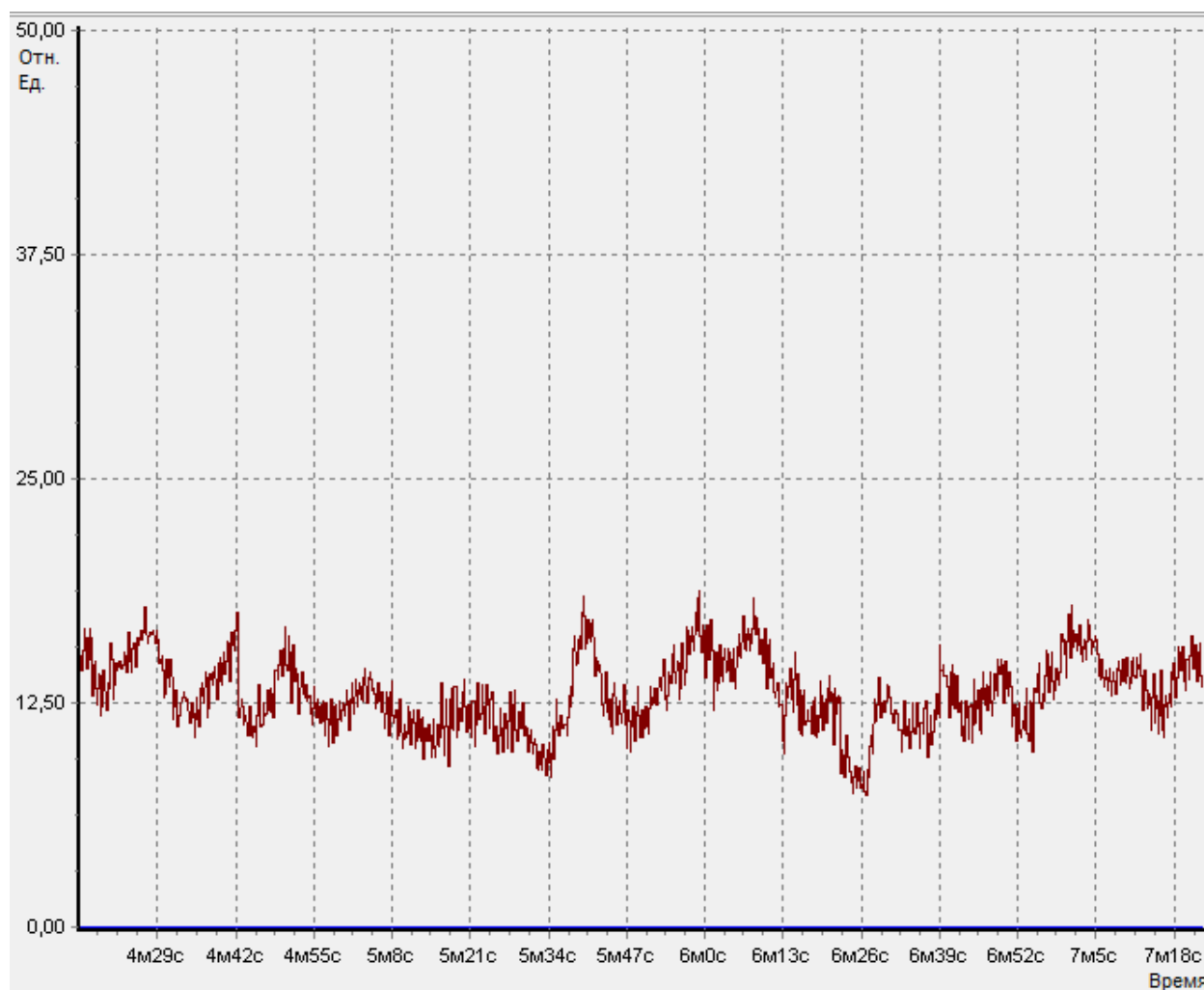


Рисунок 2. ЛДФ-грамма уровня микроциркуляции в начале операции

На рисунке 2 приведен спектр ЛДФ-граммы, на котором выделены области, соответствующие диапазону эндотелиальных, нейрогенных, миогенных, дыхательных и сердечных колебаний микроциркуляции крови в периферической системе кровообращения.

До начала операции при уровне микроциркуляции $\sim 13,5$ в спектре ЛДФ-граммы преобладали активные факторы сосудистого тонуса: эндотелиальные, нейрогенные и миогенные. Максимальное значение имела эндотелиальная составляющая равная 1,320 (рисунок 3). Это означает, что эндотелиальный механизм регулирует мышечный тонус сосудов и периодически выделяет в кровь изменяющиеся концентрации вазоактивных веществ.

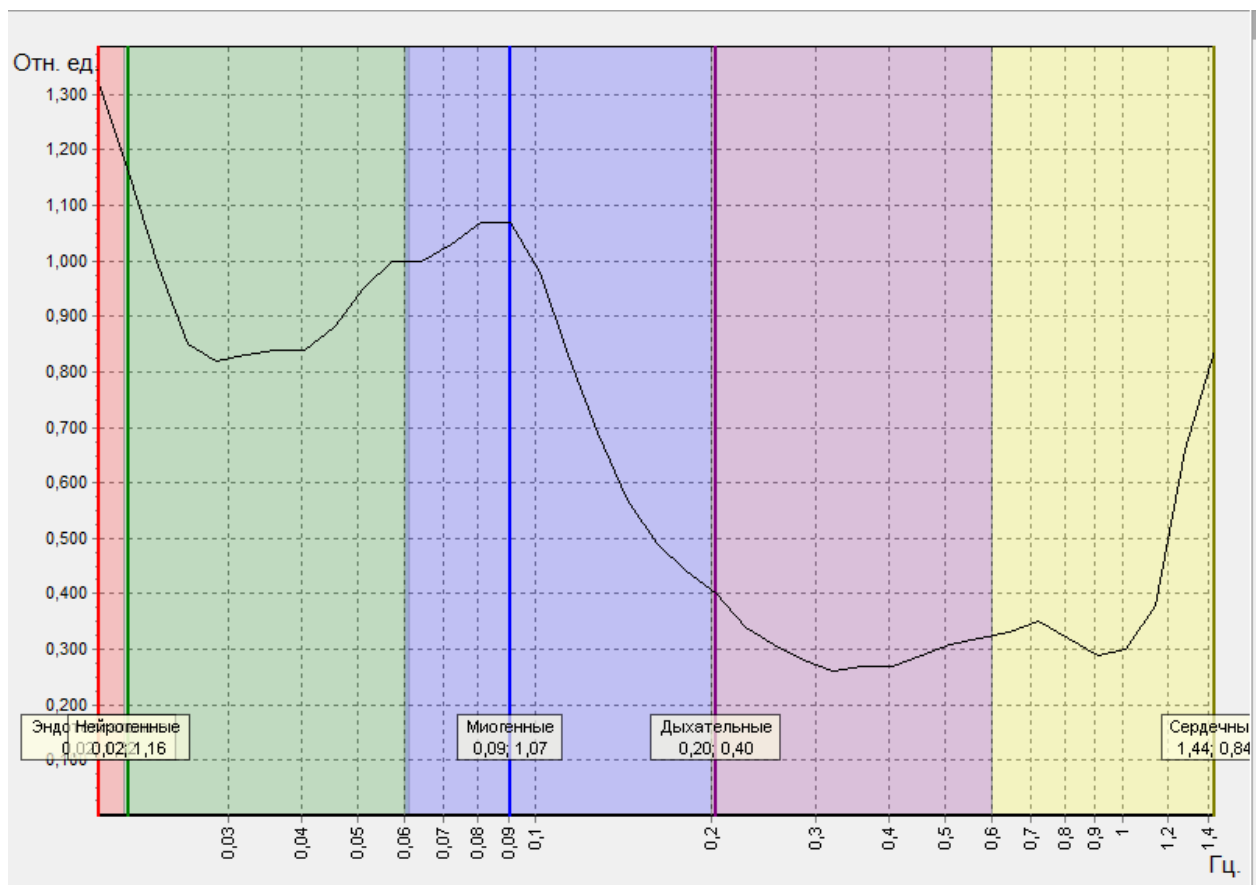


Рисунок 3. Спектр ЛДФ-граммы в начале операции: красная зона – эндотелиальная, зеленая зона – нейрогенная, синяя зона – миогенная, фиолетовая зона – дыхательная, желтая зона – сердечная.

Во время операции на пике эпидуральной анестезии средний уровень микроциркуляции возрастал и колебался в диапазоне от 24 до 26 (рисунок 4).

По данным лазерной доплеровской флоуметрии при введении анальгизирующих, седативных и миорелаксирующих препаратов во время проведения травматичных хирургических операций происходило увеличение уровня кожной микроциркуляции.

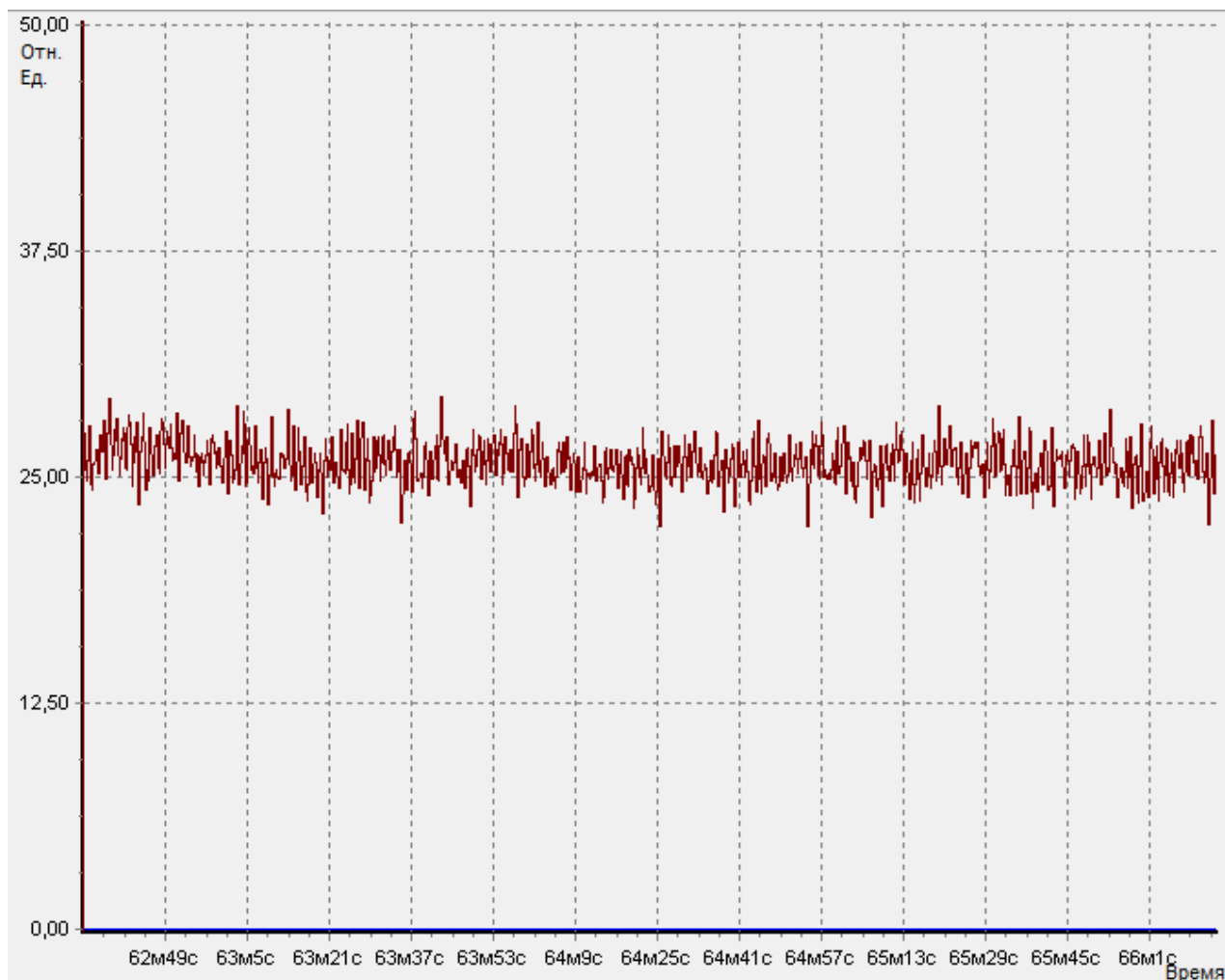


Рисунок 4. ЛДФ-грамма уровня микроциркуляции на пике развития сочетанной анестезии

При уровне микроциркуляции ~ 25 в спектре преобладали пассивные факторы сосудистого тонуса: дыхательные и сердечные. Максимальное значение имела дыхательная составляющая равная 1,080 (рисунок 5).

Поясничная эпидуральная анестезия повышает кровоток в глубоких венах нижних конечностей. Вследствие чего, в зоне развития эпидуральной анестезии происходит расширение сосудов и ускорение кровотока, а вне этой зоны – вазоконстрикция и замедление кровотока. Что в свою очередь ведет к понижению сосудистого тонуса артериол в результате уменьшения нейрогенной активности, и может привести к возрастанию сердечного ритма в микроциркуляторном русле вследствие увеличения притока артериальной крови.

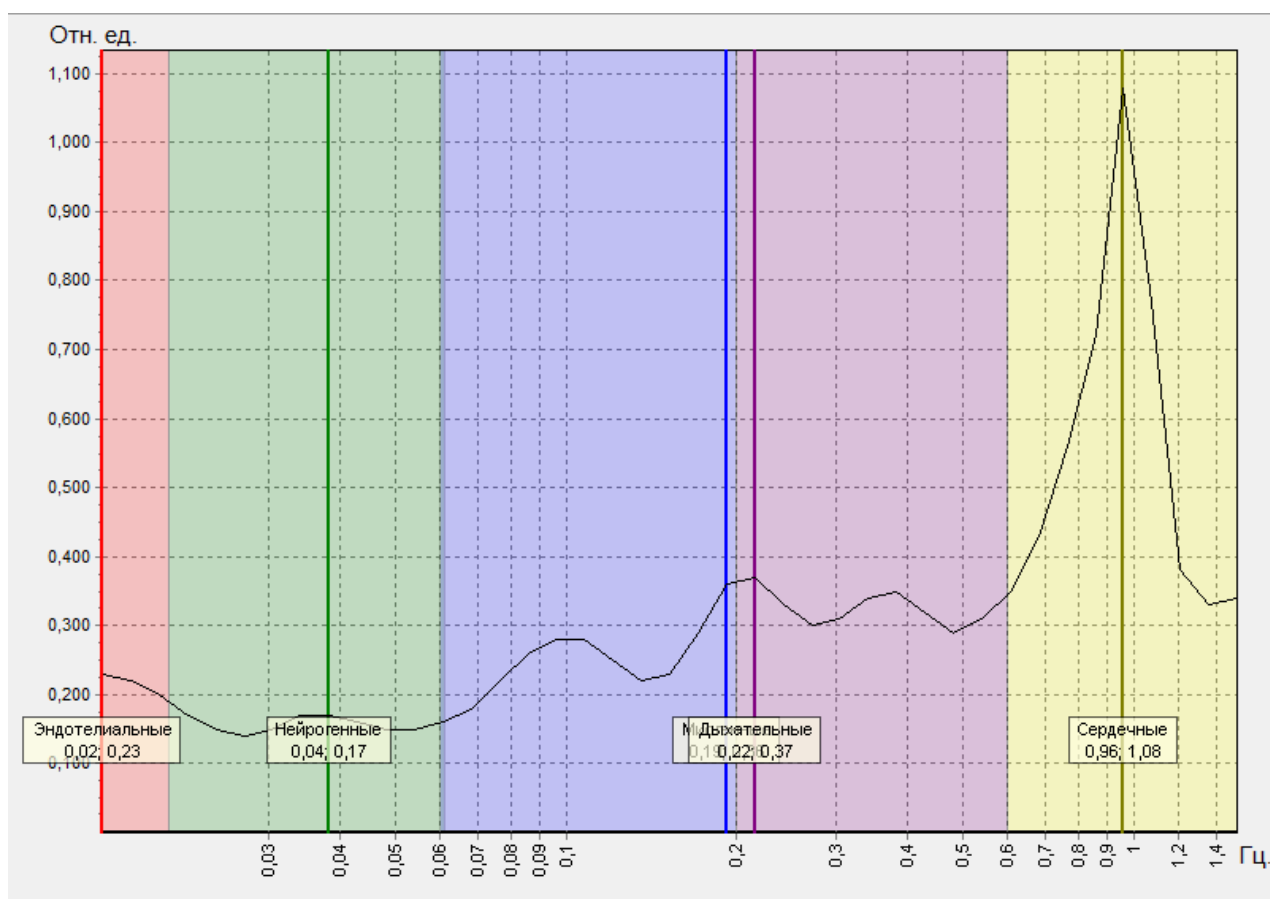


Рисунок 5. Спектр ЛДФ-граммы на пике развития сочетанной анестезии: красная зона – эндотелиальная, зеленая зона – нейрогенная, синяя зона – миогенная, фиолетовая зона – дыхательная, желтая зона – сердечная

Заключение

В ходе работы была проанализирована доступная современная научная литература по вопросам исследования системы микроциркуляторного русла. Провели сравнительный анализ преимуществ и недостатков используемых методов и устройств для исследования микроциркуляции. В своем экспериментальном исследовании методом ЛДФ был использован лазерный портативный анализатор микроциркуляции «ЛАЗМА ПФ». После успешного проведения эксперимента и обработки полученных материалов прояснили следующее:

Преимущество лазерной доплеровской флоуметрии заключается в возможности как оперативной оценки состояния кровотока больного на тканевом уровне, так и длительного его мониторинга. Также возможности ЛДФ позволяют изучить интенсивность периферического кровотока в микроциркуляторном русле и произвести оценку вклада активных и пассивных факторов в модуляцию кровотока.

Недостатки данного метода заключаются в зависимости показателей от степени давления датчиком на ткани, от различия строения микрососудов кожи. Исследования рекомендуется проводить при одинаковой температуре в помещении около 21-24°C. В течение 15 минут до начала диагностики пациент должен находиться в спокойном состоянии, тестируемая область не должен быть прикрыта. Перед исследованиями испытуемый не должен принимать пищу или напитки, изменяющее состояние микроциркуляции, не курить.

Было проведено измерение уровня микроциркуляцию под сочетанной анестезией при травматичных хирургических операциях у антропометрически сходных пациентов с помощью ЛДФ. По данным лазерной доплеровской флоуметрии под действием сочетанной анестезии во время проведения травматичных хирургических операций происходило увеличение уровня микроциркуляции. До начала операции в спектре преобладали активные факторы сосудистого тонуса: эндотелиальные, нейрогенные и миогенные. Максимальное значение имела эндотелиальная составляющая равная 1,320. Во

время операции на пике анестезии средний уровень микроциркуляции возрастал до 25. При этом в спектре преобладали пассивные факторы сосудистого тонуса: дыхательные и сердечные. Максимальное значение имела сердечная составляющая, равная 1,080.

Данные о состоянии микроциркуляторного русла человека во время операции чрезвычайно полезны в оценке его состояния. Это поможет врачам точно отслеживать изменения в кровотоке на графиках, давая возможность понять состояние кровенасыщения тканей конечностей пациента вне поля проводимой операции. В случае ухудшения состояния, можно будет оперативно отреагировать на изменения в состоянии, тем самым избежав травмирующих и инвалидизирующих последствий для пациента, таких как: ухудшение двигательной возможности конечности, гангрены и др. Также появляется возможность изучить влияние сочетанной анестезии на микроциркуляцию пациента во время проведения травматичных операций: определять, когда заканчиваются действия препаратов; как быстро у пациента восстанавливается микроциркуляция после проведения операции; какое влияние оказывают препараты на микроциркуляторное русло; появится возможность проанализировав количество эритроцитов в области нарушения кожного покрова.

Ценность данного исследования состоит в практическом применении полученных данных и обосновании использования метода ЛДФ для исследования изменений уровня микроциркуляции во время травматичных операций.

Список использованных источников

1. Козлов В. И. Анатомия сердечно-сосудистой системы//Практическая медицина. 2013. С. 17-26
2. Богоявленский В. Ф., Богоявленская О. В. Клинические аспекты изучения микроциркуляции: итоги и перспективы // Казанский медицинский журнал. - 2011.
3. Крупаткина А. И. Физиологические основы функционирования и регуляции тканевого сосудистого русла// Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. 2017. – С. 36-56.
4. Лазуко С.С., Механизмы регуляции тонуса сосудов сердца// ВГМУ. 2019. С. 9 -37
5. Куликов В. П. Основы ультразвукового исследования сосудов //2015. С. 55-72.
6. Жеребцова А. И. Оценка взаимосвязи параметров микроциркуляции крови и кожной температуры при окклюзионной пробе// Теория и практика биомедицины. 2015. №2.
7. Сидоров В.В., Рыбаков Ю.А., Гукасов В.М. Диагностический подход для оценки состояния микроциркуляторно-тканевой системы с использованием лазерных технологий и температурной функциональной пробы// Инноватика и экспертиза, 2018. Выпуск 1(22).

