

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра медицинской физики

**Измерение уровня микроциркуляции и показателя
окислительного метаболизма во время травматичных
операций с помощью методов лазерной доплеровской
флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии**

Овчин

АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 2221 группы

направления 03.04.02 Физика

Института физики

Овчинниковой Ксении Александровны

Научный руководитель

Доцент кафедры медицинской физики
к.ф.-м.н.

УУ

А.Д. Усанов

Зав. кафедрой медицинской физики
д.ф.-м.н., профессор

А.С.

А.В. Скрипаль

подпись, дата

19.06.24

Саратов 2024 г.

Введение

Актуальность темы исследования связана с важностью функций элементов сосудистого русла, которые представляют собой систему каналов в соединительной ткани. Они облегчают циркуляцию жидкости, которая питает весь организм.

В связи с этим необходимо изучать и применять на практике методы лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и флуоресцентной спектроскопии (ФС) для диагностики кровотока при проведении травматичных операций. Это позволит своевременно выявлять и предотвращать дисфункции, способные привести к различным патологиям кровеносной системы.

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;
- выявить особенности эпидуральной и спинальной анестезии;
- разобраться в механизмах контроля сосудистого тонуса
- рассмотреть диагностическую ценность исследования скорости кровотока;
- разработать метод диагностики артериальных сосудов во время травматичных операций с помощью ЛДФ и ФС;

Объектом исследования выступают артериальные сосуды.

Предметом исследования являются лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) и флуоресцентная спектроскопия (ФС).

В первой части данного исследования, посвящённой «Системе микроциркуляции крови», были рассмотрены теоретические основы изучения сосудистого русла. Были проанализированы общие принципы

структурной организации сосудов, а также представлена классификация сосудов на основе их морфофункциональных характеристик.

Во втором разделе, посвящённый «Механизмам контроля кровотока», рассматриваются способы регуляции кровообращения в организме. Описываются физиологические механизмы и роль нервной системы, гормонов и других веществ в контроле над кровообращением.

Третий раздел «Окислительный метаболизм» рассматривает процессы окисления органических веществ в организме с целью получения энергии. Также обсуждается роль кислорода как конечного акцептора электронов в дыхательной цепи митохондрий и влияние различных факторов на интенсивность окислительного метаболизма, таких как физическая активность, возраст и наличие заболеваний.

В четвертом разделе «Обезболивание при проведении операций» объясняется принцип, а так же различия между спинальной и эпидуральной анестезией при проведении обезболивания при травматичных хирургических операциях.

В пятом разделе, посвященный «Методам и устройствам для исследования микроциркуляции» рассмотрены преимущества и недостатки методов и устройств для исследования системы микроциркуляции крови.

В экспериментальной части магистерской работы было проведено исследование изменения уровня микроциркуляции и показателя окислительного метаболизма во время травматичных операций с помощью методов лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии и проведен анализ полученных данных.

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].

В третьей главе рассматриваются процессы окисления органических веществ в организме с целью получения энергии.

Окислительный метаболизм — это процесс окисления органических соединений с образованием энергии в виде АТФ [4]. Он происходит в митохондриях клеток и включает в себя несколько этапов:

- Расщепление питательных веществ;
- Окисление питательных веществ;
- Перенос электронов по дыхательной цепи.

В четвертой главе проанализировали современные медицинские средства для проведения обезболивания при проведении травматичных хирургических операциях.

Преимущества спинальной анестезии:

- 1) тратится меньше времени на проведение;
- 2) быстрее развивается сегментарная блокада;
- 3) высокое качество обезболивания по сравнению с другими методами для перечисленных операций [5].

Преимущества эпидуральной анестезии:

- 1) Меньше риск развития осложнений;
- 2) Способность удлинить блок, вводя дополнительные дозы препарата через установленный в эпидуральное пространство катетер;
- 3) Есть возможность использовать катетер после операции для дальнейшего обезболивания в палате [6].

В пятой 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 [7].

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 [8].

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 [9].

В шестой главе рассматриваем экспериментальное оборудование, а также проводим анализ полученных данных.

В нашей исследовательской работе была выявлена цель исследования, которая заключалась в измерение уровня микроциркуляции и показателя окислительного метаболизма (ПОМ) во время травматичных операций, которые могут являться серьезными показателями гемодинамики, позволяющие нам сделать вывод о присутствии или отсутствии нарушений, которые могут привести к уменьшению или увеличению тонуса сосудов, а также к изменению ПОМ.

Исследование проводилось с помощью лазерного анализатора микроциркуляции крови, портативный «ЛАЗМА ПФ». Анализатор

предназначен для неинвазивной клинической диагностики периферического кровотока и окислительного метаболизма.

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

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

1. Расположение испытуемого 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 испытуемого анальгезирующих препаратов, и на пике развития сочетанной анестезии;
6. Построение графиков уровня перфузии и показателя окислительного метаболизма, а так же исследование спектра пассивных и активных факторов сосудистого тонуса.

Сравнив и проанализировав рисунки 1 и 2, можно прийти к выводу, что во время проведения сочетанной анестезии происходит увеличение показателей окислительного метаболизма и уровня микроциркуляции.

Важно отметить, что оба показателя изменяются согласованно: они одновременно повышаются на этапе сочетанной анестезии и затем

снижаются. Это указывает на то, что между этими двумя показателями существует взаимосвязь.

Такая динамика может быть связана с особенностями воздействия анестезии на организм человека. Возможно, это связано с тем, что сочетанная анестезия оказывает комплексное воздействие на различные системы организма, включая сердечно-сосудистую систему и систему микроциркуляции.

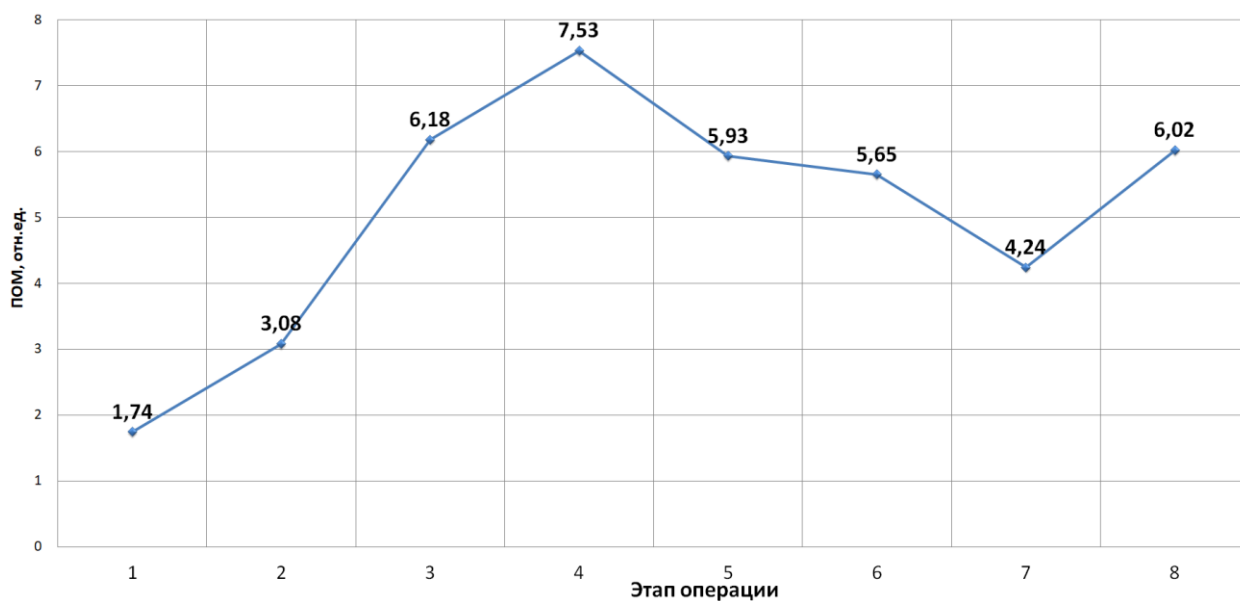


Рисунок 1. Общий показатель окислительного метаболизма во время операции испытуемого.

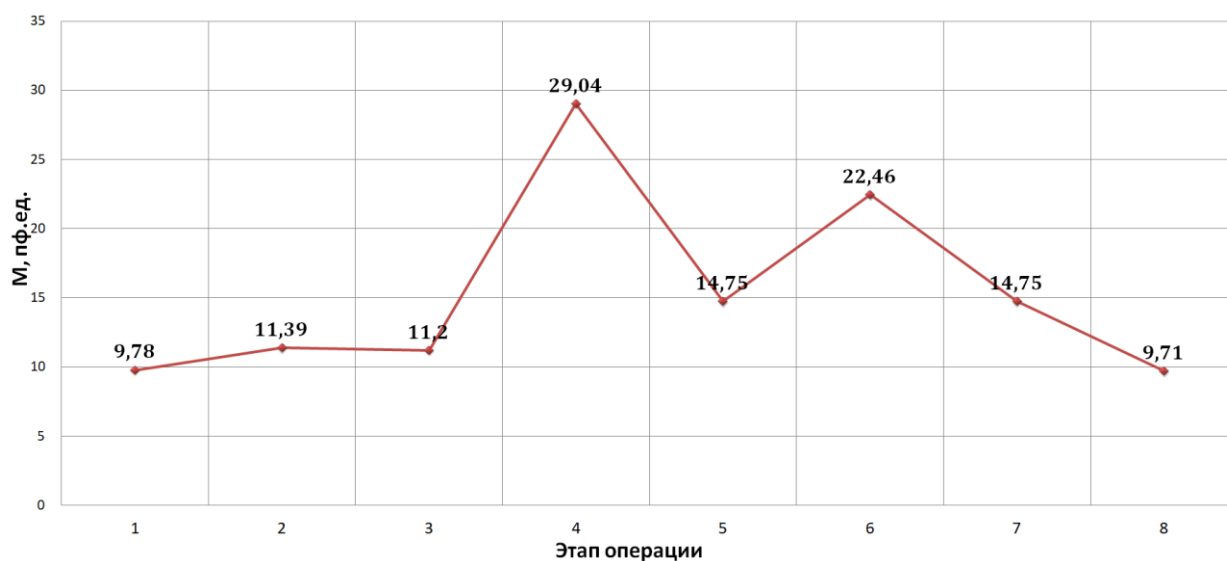


Рисунок 2. Общий уровень микроциркуляции во время операции испытуемого.

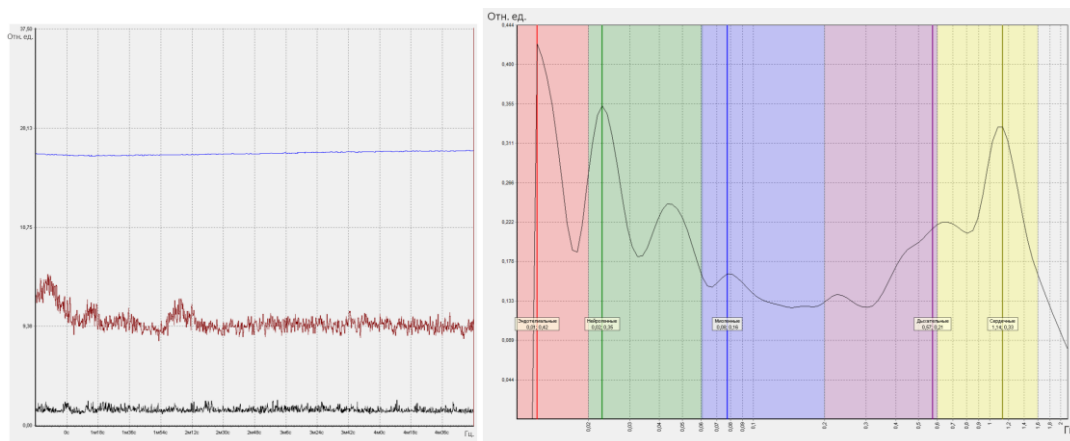


Рисунок 3. ЛДФ-грамма уровня микроциркуляции во времени. Красная линия - микроциркуляция, синяя линия - температура, черная линия - датчик движения. Спектр ЛДФ-граммы до операции: красная зона – эндотелиальная, зеленая зона – нейрогенная, синяя зона – миогенная, фиолетовая зона – дыхательная, желтая зона – сердечная

Анализируя рисунок 3, пришли к выводу, что до начала анестезии и проведения операции уровень микроциркуляции находится на 9,78 отн. ед. и преобладают активные факторы сосудистого тонуса. Во время пика анестезии (рисунок 4) уровень микроциркуляции вырос до 29 отн. ед. и преобладают пассивные факторы сосудистого тонуса.

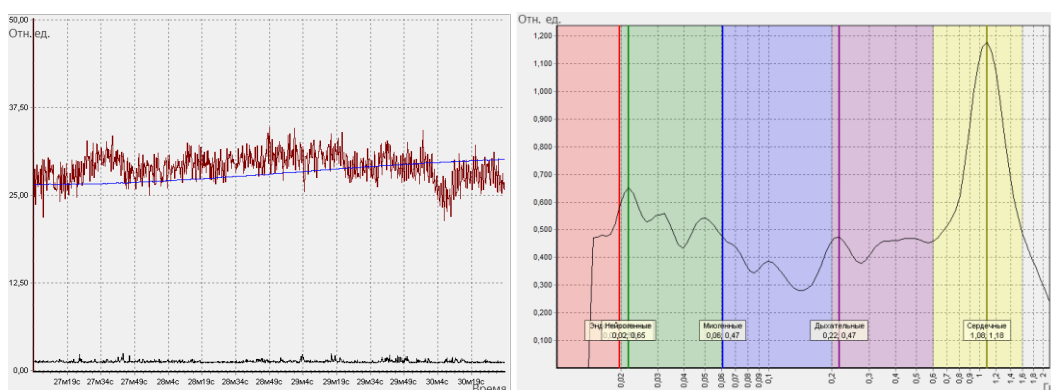


Рисунок 4. ЛДФ-грамма уровня микроциркуляции во времени. Красная линия - микроциркуляция, синяя линия - температура, черная линия - датчик движения. Спектр ЛДФ-граммы на пике развития сочетанной анестезии: красная зона – эндотелиальная, зеленая зона – нейрогенная, синяя зона – миогенная, фиолетовая зона – дыхательная, желтая зона – сердечная

В ходе дальнейших исследований и накопления большего объёма данных, возможно разработать методики для мониторинга состояния пациентов во время операции. Эти методики могут стать основой для более точных и эффективных подходов к анестезии и операционному вмешательству.

Дальнейшие исследования также могут привести к тому, что методы лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и флуоресцентной спектроскопии (ФС) станут важными инструментами диагностики различных патологий в организме на разных стадиях развития. Это позволит выявлять заболевания на ранних этапах, когда их лечение наиболее эффективно, и тем самым предотвращать развитие серьёзных болезней.

Заключение

В процессе работы над выпускной квалификационной работой, был проведён анализ доступной современной научной литературы, посвящённой изучению системы микроциркуляторного русла. Проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков используемых методов и устройств для исследования микроциркуляции.

На основе представленных данных в экспериментальной части можно сделать вывод, что взаимосвязь между уровнем микроциркуляции и окислительным метаболизмом существует.

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 0,42 отн.ед. Во время операции на пике анестезии средний уровень микроциркуляции возрастал до 29. При этом в спектре преобладали пассивные факторы сосудистого тонуса: дыхательные и сердечные. Максимальное значение имела сердечная составляющая, равная 1,18 отн. ед.

Ценность данного исследования состоит в практическом применении полученных данных и обосновании использования метода ЛДФ и флуоресцентной спектроскопии для исследования изменений уровня микроциркуляции и показателя окислительного метаболизма 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. Абрамович С. Г., Машанская А. В., Дробышев В. А., Долбилкин А. Ю. Микроциркуляция у здоровых людей // Медицина и здравоохранения. 2015. № 2.
4. Федорович, А. А. Взаимосвязь функции артериолярного и веноулярного отделов сосудистого русла с дилататорным резервом и параметрами центральной гемодинамики // А. А. Федорович, А. Н. Рогоза, С. А. Бойцов // Функциональная диагностика: рецензируемый научно-практический журнал. - 2009. - № 1.
5. Nilsson, P. M. Early Vascular Aging in Hypertension// Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2020. Vol. 7. – P. 1-5.
6. Васильев А. П., Стрельцова Н. Н. Возрастные особенности микрогемодициркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2012. Т. 11, № 4
7. В. А. Корьяк, Морфология и методы исследования сердечно-сосудистой системы : учебное пособие / В. А. Корьяк, Л. А. Николаева; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра патологической анатомии, Кафедра лабораторной диагностики. – Иркутск: ИГМУ, 2020. – 50 с.
8. И. В. Андреева, А. С. Григорьев. Комплексное изучение возрастных особенностей центральной, периферической гемодинамики и микроциркуляции у лиц без сердечно-сосудистых заболеваний// Современные вопросы биомедицины. 2024. Т. 8. № 1.