

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра медицинской физики

Исследование микроциркуляции с помощью лазерной доплеровской фло-
уметрии и флуоресцентной спектроскопии с использованием методов корре-
ляционного анализа

АВТОРЕФЕРАТ
БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 4021 группы
Направления подготовки бакалавриата 03.03.02 «Физика»
Института физики
Семеновая Дарья Андреевны

Научный руководитель

доцент, к.ф.-.м.н.	<u>Ус</u>	<u>16.06.25</u>	А.Д. Усанов
должность, уч. степень, уч. звание	подпись, дата		инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

профессор, д.ф.-.м.н.	<u>А.В.</u>	<u>16.06.25</u>	А.В. Скрипаль
должность, уч. степень, уч. звание	подпись, дата		инициалы, фамилия

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 Физические основы микроциркуляции с помощью метода ЛДФ	6
1.1 Определение понятий «микроциркуляции», «ЛДФ» и «ФС»	6
1.2 Исследования микроциркуляции с помощью ЛДФ и ФС	12
1.2.1 Основные статистические показатели метода ЛДФ	13
1.2.2 Примеры ЛДФ-грамм здорового человека и при патологии.....	14
1.2.3 Ограничения применения метода ЛДФ	18
1.2.4 Реализация метода ЛДФ в портативном лазерном анализаторе «Лазма ПФ»	19
1.3 Корреляционные методы исследования	21
1.3.1 Коэффициент корреляции Пирсона	26
1.3.2 Коэффициент ранговой корреляции Кендалла	28
1.3.3 Коэффициент Спирмена	30
ГЛАВА 2 Анализ зависимостей показателей микроциркуляции крови от различных параметров операции с применением корреляционного анализа	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Микроциркуляция крови играет ключевую роль в обеспечении обмена веществ на клеточном уровне, поддержании гомеостаза и адаптации организма к различным физиологическим и патологическим состояниям. Изучение микроциркуляции представляет собой сложную задачу, требующую применения современных методов и подходов для получения точных и надежных данных, и вызывает все больший интерес учёных в области медицины, медицинской физики, биологии и практикующих врачей разных специальностей. Одним из наиболее перспективных методов исследования микроциркуляции является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), которая позволяет неинвазивно и в реальном времени оценивать скорость кровотока в капиллярах и артериолах.

Изучение этих методов необходимо для того, чтобы диагностировать заболевания, так как нарушения микроциркуляции могут быть предшественниками различных заболеваний, включая диабет, сердечно-сосудистые патологии, воспалительные процессы. Раннее выявление таких нарушений с помощью ЛДФ может способствовать своевременному началу лечения и предотвращению осложнений. Кроме этого, изучение способствует улучшению мониторинга состояния здоровья, что помогает врачам отслеживать эффективность лечения и корректировать терапию в зависимости от изменений в состоянии микроциркуляции.

В современном обществе всё чаще применяется персонализированная медицина, которая представляет собой подход, который учитывает индивидуальные особенности каждого пациента, включая генетические, биологические, экологические и жизненные факторы. В контексте микроциркуляции и методов её исследования, таких как лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), персонализированный подход может быть реализован через индивидуальные характеристики, так как каждый пациент имеет уникальные физиологические и анатомические особенности, которые могут влиять на микроциркуляцию. Методы корреляционного анализа

позволяют выявлять эти индивидуальные характеристики и учитывать их при оценке состояния здоровья пациента. Применение ЛДФ одновременно с другим методом – флуоресцентной спектроскопией (ФС), может позволить повысить точность исследований и найти более сложные взаимосвязи в наблюдаемых процессах. Использование методов и статистических моделей позволяет обрабатывать большие объемы данных, полученных в результате исследований микроциркуляции, что в свою очередь позволяет анализировать и выявлять закономерности отклонения и способствовать более точной оценке состояния здоровья пациента. Персонализированная медицина предполагает не только начальную настройку лечения, но и его постоянный мониторинг. С помощью методов ЛДФ можно регулярно оценивать состояние микроциркуляции у пациента и вносить изменения в терапию в зависимости от динамики состояния. Это позволяет достигать лучших результатов лечения и минимизировать побочные эффекты.

Можно сделать вывод, что тема микроциркуляции крови методом ЛДФ и ФС остаётся *актуальной* сегодня и будет оставаться в дальнейшем, а связано это с тем, что изучение открывает новые горизонты для понимания протекающих в организме процессов и способствует разработке новых подходов к диагностике и лечению заболеваний, связанных с нарушениями микроциркуляции.

Целью данной работы является изучение изменений показателя окислительного метаболизма и микроциркуляции крови на разных этапах хирургической операции, а также анализ зависимостей показателя перфузии и различных параметров операции с использованием методов корреляционного анализа.

Структура работы определена задачами исследования, логикой раскрытия темы. Работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы и приложения.

Во введении по выбранной теме приведены обоснование актуальности, цели и задачи выбранной темы.

В первой главе рассматриваются особенности разработанных корреляционных методов и изучение принципа работы метода ЛДФ и ФС.

Во второй главе методами корреляционного анализа исследуются зависимость изменения микроциркуляции от различных параметров операции.

В заключении приведены основные результаты данной работы.

В приложении представлена программа обработки параметров операции, представленных в виде таблицы и сравнение результатов различных методов корреляционного анализа.

ГЛАВА 1 Физические основы микроциркуляции с помощью метода ЛДФ

1.1 Определение понятий «микроциркуляции», «ЛДФ» и «ФС»

Микроциркуляция представляет собой важнейший аспект гемодинамики, обеспечивающий обмен веществ на уровне тканей и органов. Она включает в себя кровеносные сосуды малого диаметра – артериолы, капилляры и венулы, которые играют ключевую роль в доставке кислорода и питательных веществ к клеткам, а также в удалении продуктов метаболизма. Понимание механизмов микроциркуляции имеет критическое значение для диагностики, предотвращения развития и своевременного лечения множества заболеваний, включая сердечно-сосудистые расстройства, диабет и воспалительные процессы.

В настоящее время существует множество методов для оценки состояния микрокровотока, которые позволяют анализировать структуру и диаметр микрососудов, их тонус, а также отслеживать изменения в кровотоке и определять линейную скорость. Однако многие методы не могут предоставить полную характеристику тканевого кровотока, лишь косвенно отражая процессы в нем, являются экспериментальными, либо имеют ряд проблем, связанных с высокой стоимостью оборудования и сложности их применения.

Из работ, направленных на исследование микроциркуляции, наиболее эффективным методом является ЛДФ. Лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) в трудах Е. Н. Чуяна «Методические аспекты применения метода лазерной доплеровской флоуметрии» является неинвазивным методом исследования микроциркуляции, позволяющим не только оценить общий уровень периферической перфузии, но и выявить особенности регуляции кровотока в микроциркуляторном русле [20]. Главными преимуществами метода являются бесконтактность метода в сочетании с неограниченностью времени считывания данных и вариабельностью тестируемой области. Возможность такого метода измерения микроциркуляции облегчает

тестирования и исключает изменение показателей микрогемодинамики в результате вмешательства.

Метод ЛДФ основывается на определении перфузии ткани кровью путем измерения доплеровского сдвига частот. Доплеровский эффект - изменение частоты колебаний, воспринимаемых наблюдателем, при движении источника колебаний и наблюдателя относительно друг друга; является одним из проявлений эффекта запаздывания, основополагающего явления физики, которое определяет всю динамику.

Метод флуоресцентной спектроскопии (ФС) основан на освещении биологической ткани монохроматическим излучением ближнего ультрафиолетового или видимого диапазона для возбуждения и последующей регистрации *in vivo* спектров флуоресценции эндогенных и экзогенных биомаркеров (флуорофоров).

1.3 Корреляционные методы исследования

Корреляционные методы исследования представляют собой важный инструмент в арсенале научного анализа, позволяющий выявлять и оценивать взаимосвязи между различными переменными. Корреляционный анализ — статистический метод изучения взаимосвязи между двумя и более случайными величинами [3].

Выбор конкретного коэффициента корреляции зависит, во-первых, от типа шкалы переменной, а во-вторых, от формы распределения и других характеристик, если обе переменные количественные.

ГЛАВА 2 Анализ зависимостей показателей микроциркуляции крови от различных параметров операции с применением корреляционного анализа

Попытка одновременной регистрации показателя ПОМ способом флуоресцентной спектроскопии [22, 23] и показателя микроциркуляции методом лазерной доплеровской флуометрии при травматичных операциях на фоне сочетанной анестезии представляет особый интерес.

Было проведено лонгитудинальное проспективное исследование 17 испытуемых, имеющих онкологические заболевания и перенесших хирургические операции под сочетанной анестезией. После проведения операции данные с доплерограммы вносились в таблицу Excel, далее обработка данных производилась в среде Google Colab с использованием встроенных библиотек для дальнейшего анализа данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был произведен критический анализ литературы, посвященной методам ЛДФ и ФС, а также изучены их физические основы. Приведенные в работе статьи выделяют перспективность их применения для диагностики и мониторинга патологий. Были изучены основы применения корреляционных методов анализа, рассмотрены различные методы, их ограничения и отличия.

Проведенный анализ динамики изменений параметров операции и показателей микроциркуляции крови с применением методов корреляционного анализа демонстрирует наличие удовлетворительной зависимости между рассматриваемыми величинами. Данный результат говорит о возможности выявления диагностически значимых изменений кровотока для разработки систем мониторинга и контроля состояния организма во время операционного вмешательства. Подробное изучение реакции испытуемых на введение сочетанной анестезии поможет обеспечить контроль вводимых препаратов и минимизировать риски,

связанные с введением анестетика. Более высокие значения коэффициентов корреляции возможны при увеличении числа выборки испытуемых и минимизацию выбросов значений. Также применение одновременно нескольких методов оценки микрокровотока, таких как ЛДФ и ФС, и учет их показателей может способствовать нахождению более точных зависимостей.

Проводимый в работе анализ открывает возможность для дальнейших исследований и выявления диагностически важных зависимостей.