

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

Кафедра Оптики и биофотоники

Исследование сосудистой системы в условиях развития патологий

название темы выпускной квалификационной работы полужирным шрифтом

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ (МАГИСТЕРСКОЙ, ДИПЛОМНОЙ)
РАБОТЫ**

Студента(ки) 4 курса 4082 группы
направления (специальности) 12.03.04 Биотехнические системы и технологии
код и наименование направления (специальности)
Институт физики
наименование факультета, института, колледжа
Волков Максим Игоревич
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель
к.ф.-м.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание



П.А. Тимошина
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой
проф. д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН
должность, уч. степень, уч. звание



дата, подпись

В.В. Тучин
инициалы, фамилия

Саратов 2024 год

Введение

Актуальность темы

Методы мониторинга микроциркуляции крови играют важную роль в современной медицинской диагностике, позволяя наблюдать и анализировать процессы кровотока в микрососудах. Одним из перспективных методов визуализации микроциркуляции является спекл-контрастная визуализация, основанная на использовании интерференционных явлений при рассеянии света от тканей.[1]

Спекл-контрастная визуализация позволяет непосредственно наблюдать динамику кровотока в микрососудистой сети, обеспечивая информацию о скорости и характере движения эритроцитов. Этот метод имеет потенциал для применения в различных областях медицины, включая кардиологию, ревматологию, неврологию, а также в хирургии и спортивной медицине.[2]

Точное и надежное наблюдение за кровотоком в микрососудистой сети может помочь в раннем выявлении патологических изменений, а также в оценке эффективности лечения. Это особенно важно для пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, сахарным диабетом, а также для мониторинга состояния пациентов во время операций и послеоперационного периода.[3]

Исследование актуально также с технической точки зрения, поскольку развитие методов автоматизированного анализа данных спекл-контрастной визуализации может значительно упростить интерпретацию результатов и повысить их точность.[3]

В данном исследовании мы сосредоточимся на изучении принципов спекл-контрастной визуализации микроциркуляции крови, её возможностях и ограничениях, а также на перспективах применения данного метода для клинической диагностики и мониторинга состояния пациентов. Мы также рассмотрим технические аспекты реализации

спекл-контрастной визуализации и возможности автоматизированного анализа полученных данных.[4]

Цель и задачи исследований

Целью дипломной работы является исследовать микрогемодинамику ушей крыс *in vivo* в условиях развития модельного диабета 1-типа неинвазивным методом спекл-визуализации.

Были решены следующие задачи:

- оценка скорости и направления кровотока в микрососудах крысы. Спекл-контрастная визуализация позволила наблюдать и измерять параметры кровотока на микроуровне, что дало представление о динамике кровообращения в тканях.
- исследование изменений в микроциркуляции крови при различных физиологических и патологических состояниях. Это включало анализ реакции микрососудов на различные стимулы, такие как изменения температуры, давления или при наличии определенных заболеваний.
- сравнение параметров кровотока между различными группами крыс (например, контрольной группой и группой с экспериментальным воздействием). Это помогло выявить различия в микроциркуляции крови и оценить эффективность проводимых манипуляций.
- оптимизация методики спекл-контрастной визуализации для исследования кровотока у крыс. Это включало разработку специальных протоколов и алгоритмов обработки данных, чтобы получить точные и надежные результаты.

Основное содержание работы

Спекл-Визуализация

Этот метод основан на явлении спеклов, которые возникают при рассеянии света от неровной поверхности.

Когда свет падает на неровную поверхность, он рассеивается в различных направлениях, создавая спеклы - яркие и темные области на экране или детекторе изображения. Спекл-контрастная визуализация использует изменения в спектре и интенсивности этих спеклов для создания изображений объектов.

В медицинской диагностике спекл-контрастная визуализация может применяться для изучения тканей и органов с высоким разрешением, так как она позволяет выделять мельчайшие детали и изменения в структуре тканей. Этот метод может быть особенно полезен для изучения микроциркуляции, визуализации кровеносных сосудов и анализа перфузии тканей.

Временная спекл-контрастная визуализация - Этот метод используется для изучения динамических явлений, таких как деформации материалов, вибрации и течения жидкостей. Он основан на анализе изменений в спекл-паттернах с течением времени. Путем фиксации последовательных изображений объекта и анализа изменений в спекл-паттернах можно получить информацию о динамике процессов.

Пространственно-временная спекл-контрастная визуализация - Этот метод объединяет пространственную и временную информацию для изучения динамических процессов с высоким пространственным и временным разрешением. Он позволяет отслеживать изменения в спекл-паттернах на объекте с высокой частотой и точностью

Методика основана на анализе контраста спекл-изображений, данный параметр может использоваться в качестве анализируемой характеристики.

$$K_k = \sigma_{I_k} / \bar{I}_k,$$

где $\sigma(T)$ и $\langle I \rangle$ - среднеквадратичное значение пространственных флуктуаций и среднее значение интенсивности регистрируемого спекл-модулированного изображения, T - время экспозиции.

$$\bar{I}_k = (1/MN) \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N I_k(m, n),$$

$$\sigma_{I_k} = \sqrt{(1/MN) \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \{I_k(m, n) - \bar{I}_k\}^2},$$

Соотношение между контрастом K и τ_c временем корреляции зависит от того, предполагается ли распределение скоростей рассеивателей Гауссовским или Лоренцевым. При условии, что время корреляции меньше времени экспозиции, модели распределения скоростей сводятся к соотношению между контрастом и временем корреляции, а именно

$$\tau_c = 2TK^2.$$

При этом характерная скорость, определяется данной формулой

$$v = \frac{\lambda}{2\pi a \tau_c}$$

где λ - длина волны источника, a - нормировочный коэффициент, зависящий от параметров гауссовой кривой и рассеивающих свойств биологической ткани.

Моделирование Аллоксанового диабета

Моделирование аллоксанового диабета - это метод, используемый в научных исследованиях для создания модели диабета у лабораторных животных, обычно у крыс или мышей. Аллоксан - это химическое вещество,

которое вызывает разрушение клеток поджелудочной железы, ответственной за выработку инсулина. Из-за этого разрушения, животные перестают производить достаточное количество инсулина и развивают симптомы, характерные для диабета.

Крысу не кормили в течении суток, затем вводят аллоксан (220 мг / кг массы тела).

Анализ показал увеличение уровня глюкозы в крови по сравнению с нормой. Средние значения уровня свободной глюкозы в крови до введения аллоксана были 120 ± 16 мг/дл и в день проведения эксперимента (спустя 14 дней) были 403 ± 105 мг/дл, соответственно.

Методика проведения эксперимента

Использовалось 3 крысы контрольной группы и 3 диабетической. Крысе вводился наркоз, снимался волосяной покров с ушей, после чего ее закрепляли на установке. С помощью детектора находилась область интереса. После чего на кожу ушей наносился оптический просветляющий агент. В данной работе использовался Визипак-270 (Показатель преломления равен 1.4137) и Омнипак_ПГ_ДМСО. (54% Омнипак + 36% ПГ +10% ДМСО. Показатель преломления равен 1.4515).

Далее снимались видео в течении 15 минут, каждое видео по 300 кадров. Для обработки данных было написано программное обеспечение на языке программирования Octave.

Заключение

В работе было проведено исследование сосудистой системы с использованием спекл-контрастной визуализации, что позволило получить высококонтрастные изображения микроциркуляторного русла в условиях развития сахарного диабета.

Были выявлены изменения в скорости кровотока у группы с сахарным диабетом, что свидетельствует о важности применения спекл-контрастной визуализации для диагностики и мониторинга данного заболевания.

Результаты исследования подтверждают потенциал спекл-контрастной визуализации как эффективного инструмента для изучения патологических изменений в сосудистой системе.

Также было выявлено, что оптический просветляющий агент – Визипак, лучше подходит для данной методики.

Дальнейшие исследования в этой области могут способствовать разработке более эффективных подходов к диагностике, профилактике и лечению сосудистых осложнений.

Список литературы

1. J. Yan et al., “Immune activation in the peripheral blood of patients with acute ischemic stroke,” *J. Neuroimmunol.*, vol. 206, no. 1–2, pp. 112–117, 2009. DOI: 10.1016/j.jneuroim.2008.11.001.
2. A. S. Barth and G. F. Tomaselli, “Gene scanning and heart attack risk,” *Trends Cardiovasc. Med.*, vol. 26, no. 3, pp. 260–265, 2016. DOI: 10.1016/j.tcm.2015.07.003
3. P. C. Hébert, L. Q. Hu, and G. P. Biro, “Review of physiologic mechanisms in response to anemia,” *C. Can. Med. Assoc. J.*, vol. 156, no. 11, p. S27, 1997. PMID: PMC1255887.
4. B. Fagrell, “Microcirculatory methods for the clinical assessment of hypertension, hypotension, and ischemia,” *Ann. Biomed. Eng.*, vol. 14, no. 2, pp. 163–173, 1986. DOI: 10.1007/BF02584267.

