

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»



**SATBAYEV
UNIVERSITY**

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматики

6B07111 – Робототехника и мехатроника

Боранбаева Лаура Болатовна

Оценка визуальной видеомикроскопической характеристики влияния препаратов на
патологии сосудов

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07111 – Робототехника и мехатроника

Алматы 2023

Некоммерческое акционерное общество «Казахский Национальный
Исследовательский Технический Университет имени К.И.Сатпаева»



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматики»



ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема: «Оценка визуальной видеомикроскопической характеристики влияния
препаратов на патологии сосудов»

по специальности 6В07111 – Робототехника и мехатроника

Выполнил

Боранбаева Лаура Болатовна


Рецензент

доктор технических наук,
профессор

 Джомартов А.А.

подпись ФИО
« » май 2023 г.

Научный руководитель
доктор медицинских наук,
профессор

 Дарменов О.К.

« » май 2023 г.

Алматы 2023

Некоммерческое акционерное общество «Казахский Национальный Исследовательский
Технический Университет имени К.И.Сатпаева»



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизики»



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Боранбаевой Лауры Болатовне

Тема: Оценка визуальной видеомикроскопической характеристики влияния препаратов на патологии сосудов

Утверждена приказом Ректора Университета № _____ от «__» май 2023 г.

Срок сдачи законченной работы «__» май 2023 г.

Исходные данные к дипломному проекту:

Перечень подлежащих разработке вопросов в дипломном проекте:

- а) Изучение методов видеомикроскопии, для оценки визуальных характеристик патологий сосудов
- б) Изучение показателей или параметров для оценки
- в) Изучение возможных способов улучшений при получении изображения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):


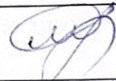
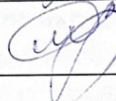
представлены 15 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 21 наименований 21

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Исследовательская часть	10.01-15.03.2023 г.	Выполнено
Практическая часть	15.03-01.05.2023 г.	Выполнено

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченный проект с указанием
относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Игембай Е.А., магистр техники и технологии, преподаватель	26.05.23	
Основная часть	Доктор медицинских наук, профессор	26.05.23	
Расчётная часть	Доктор медицинских наук, профессор	26.05.23	

Научный руководитель



Дарменов О.К.

Задание принял к
исполнению обучающийся



Боранбаева Л.Б.

Дата

«26» мая 2023 г.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста әртүрлі салаларда, әсіресе биологияда, медицинада бейнемикроскопияны қолдану мүмкіндіктерін зерттейді. Жұмыста сандық камералармен және кескінді талдау бағдарламалық құралымен жабдықталған микроскоптар мен эндоскоптар сияқты негізгі бейне микроскопиялық құрылғылар қарастырылады.

Дипломдық жұмыста тамырлардың патологиясын зерттеуде бейнемикроскопияның қолданылуын зерттеуге негізделген. Жұмыста микроскоп пен эндоскоптың көмегімен алынған тамырлардың сандық бейнелері, сондай—ақ осы процестің техникалық компоненті көрсетілген.

Жұмыс қан тамырларының патологиясын диагностикалау және зерттеу үшін практикалық маңызы бар және медициналық практикада және ғылыми зерттеулерде пайдалы болуы мүмкін, сонымен қатар осы әдістің негізгі артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетеді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе изучаются возможности применения видеомикроскопии в различных областях, особенно в биологии, медицине. В работе рассматриваются основные устройства видеомикроскопии, такие как микроскопы и эндоскопы, оснащенные цифровыми камерами и программным обеспечением для анализа изображений.

Дипломная работа основана на изучение применения видеомикроскопии в изучении патологии сосудов. В работе представлены цифровые изображения сосудов, полученные с помощью микроскопа и эндоскопа, а также техническая составляющая данного процесса.

Работа имеет практическую значимость для диагностики и изучения сосудистых патологий и может быть полезна в медицинской практике и научных исследованиях, а также показывает основные преимущества и недостатки данного метода.

ABSTRACT

This diploma thesis examines the potential applications of videomicroscopy in various fields, especially in biology, medicine. The work considers basic videomicroscopy devices such as microscopes and endoscopes equipped with digital cameras and software for image analysis.

The thesis is based on the study of the application of video microscopy in the study of vascular pathology. The work presents digital images of vessels obtained with a microscope and endoscope, as well as the technical component of this process.

The work has practical relevance for diagnostics and study of vascular pathologies and can be useful in medical practice and scientific research, and shows the main advantages and disadvantages of this method.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Исследовательская часть	9
1.1 Понятие видеомикрокопии	9
1.2 Эндоскопия как одна из важнейших частей видеомикроскопии	10
1.3 Основные преимущества и недостатки эндоскопии	11
1.4 Обзор методов видеомикроскопии, использованных в исследовании	12
1.5 Определение потенциальных областей для улучшения методов видеомикроскопии в изучении патологий сосудов	13
2 Практическая часть	15
2.1 Объяснение процесса подготовки образцов и сбора данных	15
2.2 Описание методов анализа и интерпретации данных	17
2.3 Разбор устройства эндоскопа серии NGT100	19
2.4 Расчеты	21
2.5 Результаты	23
Заключение	25
Перечень принятых терминов	26
Список использованной литературы	27
Приложение А	29
Приложение Б	30
Приложение В	31
Приложение Г	32
Приложение Д	33
Приложение Е	34

ВВЕДЕНИЕ

Сердечно—сосудистые заболевания (ССЗ) представляют собой серьезную глобальную проблему здравоохранения, поскольку являются одной из основных причин смертности и инвалидности во всем мире. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2019 году ССЗ стали причиной около 9 миллионов смертей, что составляет 16% всех смертей в мире. [21]

На риск развития ССЗ могут влиять различные факторы, такие как генетика, выбор образа жизни (например, неправильное питание, гиподинамия, курение и чрезмерное употребление алкоголя) и основные медицинские состояния (например, высокое кровяное давление, высокий уровень холестерина и диабет).

Учитывая значительное влияние ССЗ на здоровье населения планеты, важно сосредоточиться на стратегиях профилактики и управления. Это включает в себя изменение образа жизни, например, соблюдение здорового питания, регулярные физические нагрузки, отказ от курения и контроль основных заболеваний. Раннее выявление и эффективное лечение сердечно—сосудистых проблем также может помочь снизить риск развития более серьезных осложнений.

В настоящее время существует несколько проблем, связанных с изучением влияния лекарственных препаратов на патологии сосудов. Некоторые из основных проблем:

— Отсутствие стандартизации в методологии и протоколах, используемых для изучения влияния лекарств на патологии сосудов, что может привести к противоречивым результатам и трудностям при сравнении исследований.

— Использование различных животных моделей, перенос результатов исследований с животных на человека может быть затруднен, поскольку сосудистая сеть человека намного сложнее и многослойнее, чем у большинства животных.

— Измерения влияния лекарств на сердечно сосудистую систему может быть затруднено, поскольку трудно точно определить количественные изменения в структуре и функции кровеносных сосудов.

— Недостаточное понимание механизмов действия лекарств, что затрудняет прогнозирование действия новых лекарств.

Один из способов изучения влияния патологий, связанных с влиянием препаратов на сосуды – является видеомикроскопия. Одним из важных исследований в данной области провел Оливер Рукундо [2], где рассказывается и наглядно показывается как можно улучшить цифровую видеомикроскопию.

Помимо изучения патологий сосудов, вызванных сердечно-сосудистыми заболеваниями, есть еще обширный список того, что можно исследовать данным методом. Обеспечивая визуализацию кровотока и поведения сосудов в режиме реального времени, видео-микроскопия позволяет исследователям лучше понять

глубинные механизмы различных сосудистых заболеваний, таких как рак, воспаления и неврологические заболевания.

1 Исследовательская часть

1.1 Понятие видеомикроскопии

Видеомикроскопия — это один из вариантов визуализации, когда в устройстве имеется видеокамера для захвата изображения и его записи, а также для записи видео наблюдаемого образца. При видеомикроскопии видеокамера может располагаться в корпусе устройства или над столиком, где находится образец, помимо этого обязательно используется источник света, который всегда расположен на корпусе [1,3]. После получения изображения, видеосигнал обрабатывается и передается на монитор или экран, где в дальнейшем изображение может быть записано, сохранено и проанализировано. Это дает хорошую возможность наблюдать за различными образцами в режиме реального времени, так как устройство можно подключить сразу к компьютеру.

Преимущественно сейчас используется цифровая видеомикроскопия, то есть используются цифровые камеры, которые помогают получить качественные изображения и сразу же их показывать на мониторе или экране, также обрабатывать [4,5].

Основными устройствами, которые непосредственно применяются в видеомикроскопии является микроскоп, а также эндоскоп, которые обязательно оснащены камерами и программным обеспечением для анализа изображений.

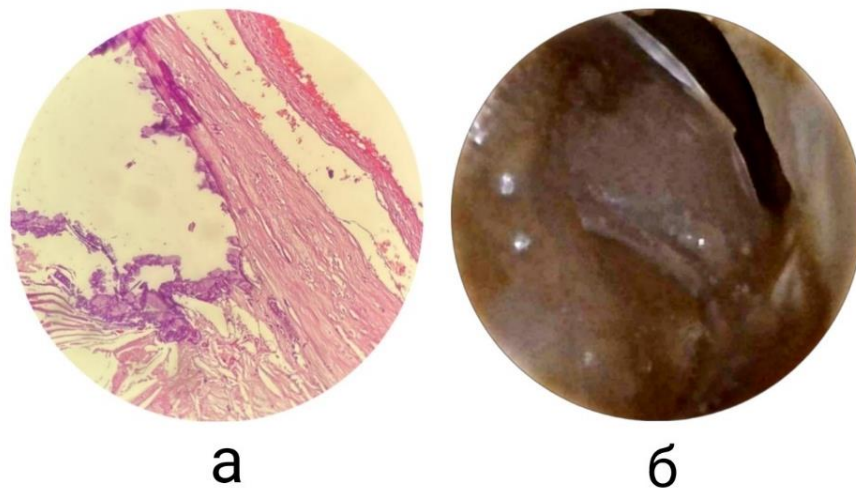


Рисунок 1.1 — а) цифровое изображение сосуда полученное на микроскопе

б) цифровое изображение сосуда полученное на эндоскопе

Видеомикроскопия используется в различных областях, особенно в биологии, медицине, материаловедении [6]. На данный момент важной частью является применение видеомикроскопии в изучении патологии сосудов, потому что она помогает обеспечить изучение заболеваний и нарушений кровеносных сосудов, реализовать визуализацию кровотока, а также показать поведение

сосудов в реальном времени. Всё это обеспечивает возможность изучение образование атеросклеротических бляшек, прогрессирование аневризм, различные реакции сосудов на физиологические и патологические раздражители [7].

Помимо этого, важной особенностью является возможность совмещать с другими методами исследования, например с флуоресцентной микроскопией, оптической когерентной томографией для получения более подробной информации о структурах и функциях кровеносных сосудов, а также о механизмах, лежащих в основе различных сосудистых заболеваний [8].

1.2 Эндоскопия как одна из важнейших частей видеомикроскопии

Интерес ученых к микроскопии в изучение сердечно—сосудистых заболеваний начинается с 1913 года, когда два ученых Рей и Уолкер провели впервые опыт на собаках и описали свой опыт с прямой внутрисердечной визуализацией. Далее в 1922 году Аллен и Грэм использовали «кардиоскоп» для проведения своего исследования на изучения сердечных камер и митрального клапана у людей. В 1966 году Майкал Гринстон описал в своей работе использование гибкого холедохоскопа для исследования аорто—подвздошных систем. Через 15 лет Таун и Бернхард жесткого холедохоскопа в качестве дополнения к артериальной хирургии. После начали использовать эндоскоп и другие ученые, и врачи для исследования периферической и коронарной системы кровообращения. [9]

Основной проблемой в использования эндоскопии для изучения сосудов являлось то, что оборудование было громоздким и получались неточные данные. Наиболее часто их использовали сосудистые хирурги, но эндоскопы того времени были слишком велики для многих сосудов и не имели нужной маневренности при работе с сосудами, а также отсутствовала возможность очистки эндоскопа от крови [10].

С каждым годом эндоскопическое оборудование усовершенствуется, особенно оптика и размеры, на данный момент имеются гибкие эндоскопы диаметром 2,4 мм, но помимо этого имеются капсульные эндоскопы и наноэндоскопы [11]. Имеющиеся сейчас эндоскопы решают основные ранее проблемы:

— Эндоскопы имеют 3 канала: первый это источник света, второй для оптики и третий для различных инструментов или ирригации.

— Проблема загрязнения была решена путем прикрепления камер непосредственно к окуляру.

— Изображение передается сразу на цветной монитор, где имеется большое разрешение.

— Имеется возможность для записи и хранения полученных данных.



Рисунок 1.2 – Получение изображения с цифрового эндоскопа

1.3 Основные преимущества и недостатки эндоскопии

Эндоскопия повсеместно используется в разных областях медицины и биологии, потому что имеется ряд преимуществ, особенно при изучении ССС:

- Точное исследование, так как эндоскопия обеспечивает высокое разрешение на изображение, что позволяет реализовать высокоточное исследование кровеносных сосудов, в дальнейшем это обеспечивает более точные диагнозы от врачей

- Минимально инвазивный метод, то есть использование эндоскопа считается малоинвазивной процедурой, чем обычные хирургические вмешательства, потому что делается минимальное количество разрезов, более быстрое заживление и восстановление пациентов [12].

- Экономическая доступность, потому что обычно эндоскопические процедуры более дешевые, чем обычное хирургическое вмешательство из—за меньшего использования различного оборудования, персонала и ресурсов.

- Более низкая операционная смертность, так как происходит мало хирургическое вмешательство и все взаимодействия происходит внутри ССС, поэтому не травмируется большая часть сосудов.

- Быстрота выполнения исследования, если сравнивать данную процедуру с обычным хирургическим вмешательством, то она относительно

быстро проводится и иногда уменьшает потребность в использовании дополнительных процедур и диагностических тестов.

Но наряду со всеми вышеперечисленными преимуществами, данный метод имеет также ряд недостатков:

— Риск осложнений, как и при любом виде инвазивной процедуры, имеется риск появления кровотечения или же инфекции.

— Ограниченный доступ, потому что в нашем организме имеются большие сосуды, такие как аорты, артерии и крупные вены, но также в организме присутствуют капилляры и другие мелкие сосуды, куда проход может быть затруднен.

— Ограниченные возможности лечения, потому что обычно эндоскопы используются для диагностики заболеваний и в некоторых случаях используются непосредственно для лечения. [13]

1.4 Обзор методов видеомикроскопии, использованных в исследовании

Основной метод использования эндоскопа в видеомикроскопии является ангиоскопия. Ангиоскопия – это мало инвазивный метод исследования, когда гибкий эндоскоп маленького размера вводится в сосуд для визуализации внутренней части кровеносного сосуда. Для данного метода эндоскоп вводится в тело через катетер или небольшой разрез для визуализации кровеносных сосудов, например артерий и вен, при этом получаем изображение в режиме реального времени, что позволяет сразу определить состояние сосуда.

Сосуд состоит из 3 основных слоев: внешний слой, средний слой и внутренний слой. При ангиоскопии эндоскоп вводится внутрь сосуда, поэтому исследуется внутренний слой (интима). При изучении данного слоя можно узнать важную информацию о здоровье и функции кровеносных сосудов [14]. Основные данные, получаемые от изучения внутренней части сосуда:

— Как работает эндотелиальная функция, эндотелий – это самый внутренний слой, который состоит из эндотелиальных клеток. Данные клетки занимаются регулированием кровотока и поддержанием здоровья стенок сосуда, то есть при их изучении можно узнать о способностях кровеносного сосуда расширяться и сужаться.

— Можно узнать имеются ли бляшки (рис. 1.4а). В последнее время увеличилось количество людей, болеющих атеросклерозом. Атеросклероз – это заболевание, когда на внутренних стенках сосудов образуются и накапливаются бляшки, которые вызывают сужение и уплотнение, на последних стадиях образовывается внутри кальций (рис. 1.4б).

— Возможность оценить риск сердечного приступа, инсульта и других.

— Позволяет узнать имеются ли воспаления и где точно они расположены.

- Возможность изучения всего кровотока и определения любых областей обструкции или сужения.
- Определение структурных аномалий, аневризм, расслоения.

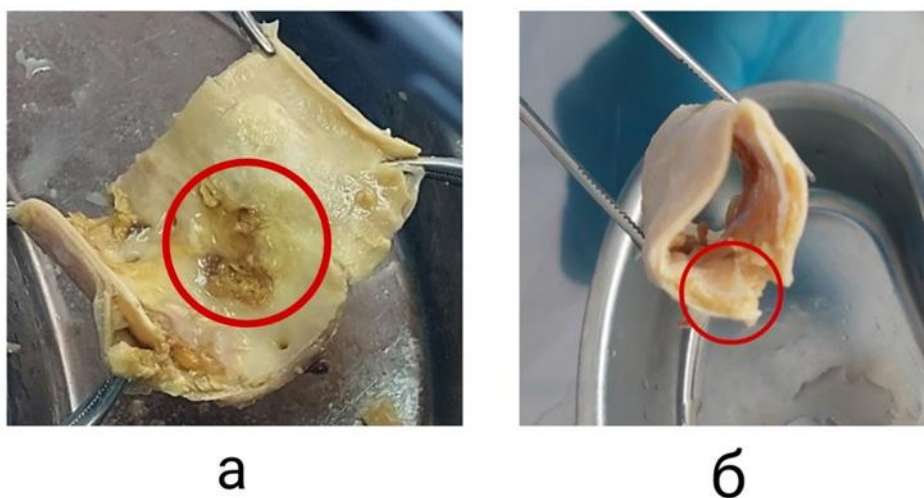


Рисунок 1.4 – (а) изображение сосуда в разрезе
(б) изображение сосуда

Помимо ангиоскопии существует еще несколько методик изучения: ангиография, внутрисосудистое ультразвуковое исследование, оптическая когерентная томография, эндотелиальная биопсия, магнитно—резонансная томография, компьютерная томографическая ангиография [15].

Ещё имеются несколько очень важных подвидов ангиоскопии: ангиоскопия с окрашиванием красителя и флуоресцентная ангиоскопия в ближней инфракрасной области. Данные виды необходимы для молекулярной визуализации и химической характеристики уязвимых бляшек, особенно цветная флуоресцентная ангиоскопия.

Уязвимые бляшки – это один из двух видов бляшек, первый вид – это очень хрупкие бляшки, которые могут легко разрушиться от механического воздействия, а вторые – это бляшки, которые могут легко перейти в хрупкие из—за воспалительных процессов [16].

1.5 Определение потенциальных областей для улучшения методов видеомикроскопии в изучении патологий сосудов

В современном методе ангиоскопии используется пять основных компонента: эндоскоп, который обязательно имеет пучок оптических волокон для подачи света в просвет сосуда и пучок оптических волокон для передачи

изображения; внешний источник света; ирригационная система для удаления крови и обеспечение ясного поля зрения; видеокамера и система увеличения изображения для показа эндоскопического изображения на монитор; монитор высокого разрешения и программное обеспечение на системный блок для анализа, хранение и записи данных.

В настоящее время используются эндоскопы фиброоптического типа, которые имеют внешний диаметр от 0,5 до 4,5 мм. В более крупных эндоскопах (внешний диаметр > 1,8 мм) имеется ирригационный канал, а также механизм управления, который позволяет реализовать угловое перемещение до 120 градусов в одном или двух направлениях; в менее крупных эндоскопах отсутствует ирригационный канал и эндоскоп вводится через ирригационный катетер или используется отдельный ирригационный катетер, вводимый через боковую ветвь исследуемого сосуда. Основные характеристики обычно при этом у эндоскопов являются углом обзора, чаще всего около 60 де—грей, разрешение менее 100 пм при расстоянии 9 мм [16].

Внешний источник света чаще всего обеспечивается ксеноновыми или галогенными источниками света, чья мощность оставляет от 300 до 1000 Вт, и расположены в центре фибриотического пучка [17].

Помимо этого, важно реализовать эффективную ирригационную систему, так как это влияет на качество изображения. Например, если ирригация отсутствует или работает плохо, то появляется кровь, даже незначительное количество крови приводит к помутнению изображения.

Важным фактором является система увеличения изображения и программное обеспечение, которое показывает итоговое изображение и является важным фактором для того, чтобы врач мог всё увидеть, при этом записать полученные данные.

На данный момент идет улучшение ангиоскопии во всех ранее перечисленных составляющих, так как каждая из этих областей позволяет улучшить метод и получить максимально хорошего разрешения изображения для комфортной работы специалиста, а также исследования патологий ССЗ.

2 Практическая часть

2.1 Объяснение процесса подготовки образцов и сбора данных

Для получения большей информативности изображения сосуда и его структуры, особенно в более темных и удаленных частях изображения, сделанного при помощи эндоскопа, необходимо использовать специальное программное обеспечение, иногда такие программные обеспечения повышает контрастное изображения.

Чтобы получить клиническую пользу от изображений, полученных с помощью ангиоскопии, важно использовать передовой метод, который бы решал проблемы, обычно вызванные плохой видимости.

Важно также правильно подготовить каждый образец перед любым сбором данных, при этом важно учитывать, что процесс подготовки для каждого препарата одинаковый, чтобы итоговый результат кардинально не отличался у каждого образца.

В данной работе использовались образцы различных частей сосудов разных людей, так как это исследование проводилось в «Центре изучения патологий сосудов», где проводились эксперименты для изучения влияния препаратов липолитиков на атеросклероз на различных стадиях. Преимущественно использовались аорты из всех видов сосуда, так как это самые крупные кровеносные сосуды, которые наиболее ярко показывают все необходимые данные.

Первым шагом при подготовке образцов для сбора данных является то, что образец помещается в формалин и записываются необходимые данные на емкость (рис. 2.1).



Рисунок 2.1.1 — подготовка емкости и образца

Следующим шагом в подготовке образцов является его промывка и измерение размеров данного образца до исследования и использования препаратов (рис.2.1.2).

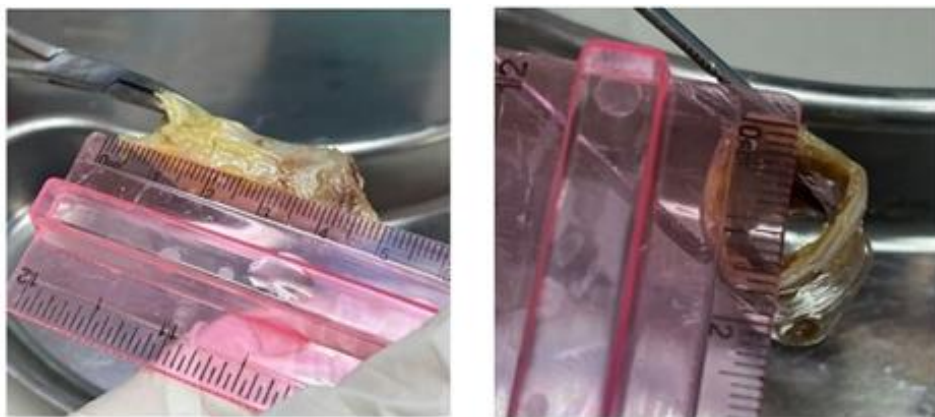


Рисунок 2.1.2 – измерение образца

Затем происходит изучение кровеносного сосуда изнутри при помощи эндоскопа, пока один или несколько человек держат образец (рис. 2.1.3а), то главный врач вводит в сосуд эндоскоп. В это время другой человек помогает записывать полученные данные на эндоскоп (рис. 2.1.3б).

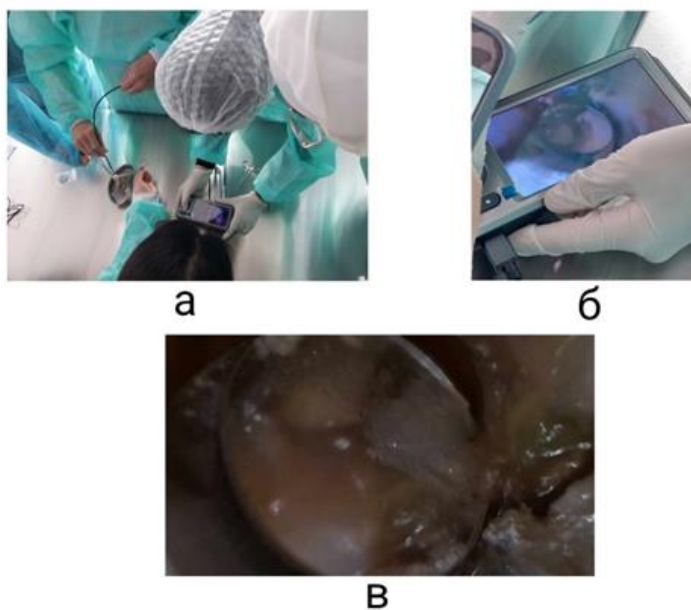


Рисунок 2.1.3 – а) Процесс получения результата на эндоскопе.
б) Изображение на эндоскопе при получении данных.
в) Полученное изображение на эндоскопе.

Следующим этапом является разрезание продольно образца и ручную измерение размера бляшек (рис. 2.1.4а), а после разделение части образца на 3 главных слоя (рис. 2.1.4б) для дальнейшего исследования и сравнения данными уже непосредственно влияния препарата.

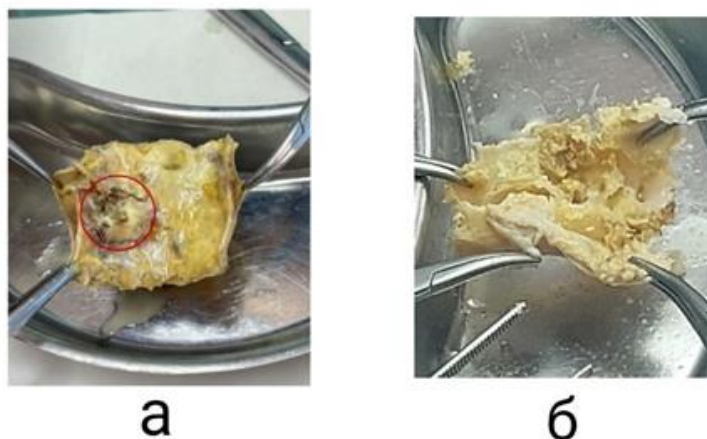


Рисунок 2.1.4 – а) Определение размера бляшки
 б) Разделение образца на 3 слоя

После этого главную часть отправляют в специально подготовленную емкость, где разведен определенный препарат. А ранее разделенные слои смотрятся под микроскопом (рис. 2.1.5).

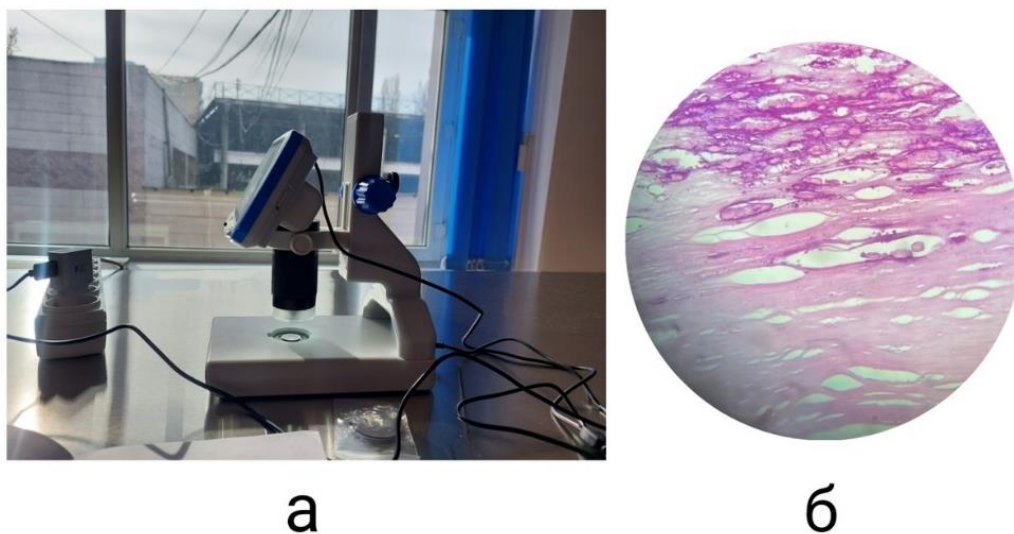


Рисунок 2.1.5 – а) Получение данных с микроскопа
 б) Полученные данные с микроскопа

2.2 Описание методов анализа и интерпретации данных

После получения данных от 10 образцов необходимо было проанализировать и записать их. Для стандартизации всех данных была использована анкета (приложение А), так как одной из проблем изучения влияния препаратов на патологии сосудов является отсутствие единой системы

стандартизации. Помимо этого, существует еще несколько очень важных проблем в данной области:

— Часто первые исследования проводят на животных, из—за чего перенос исследования на человека затруднен, так как ССС человека гораздо более масштабна, сложнее и многослойнее.

— Сложное измерение воздействия лекарств на ССС, потому что каждый человек имеет свои особенности и сложно оценить количественно воздействие на структуру и функции кровеносных сосудов.

— Недостаточное исследование механизмов воздействия препаратов, которые лежат в основе ССС, поэтому тяжело производить теоретические расчеты и прогнозировать эффект от лекарств.

— Очень затруднено проведение крупномасштабных исследований на людях, которые могут предоставить надежные данные о влиянии лекарств на ССС [21].

После стандартизированной записи полученных данных, можно было проводить вычисления и на основе этого делать статистику (график 1 и график 2). Из всех данных и таблиц, которые имеются в анкете (приложение А, Б, В), взята таблица с описанием интимы и внутренней поверхности артерии (таблица 2 из приложения А), потому что только эти данные можно сравнить с данными полученные в разрезе.

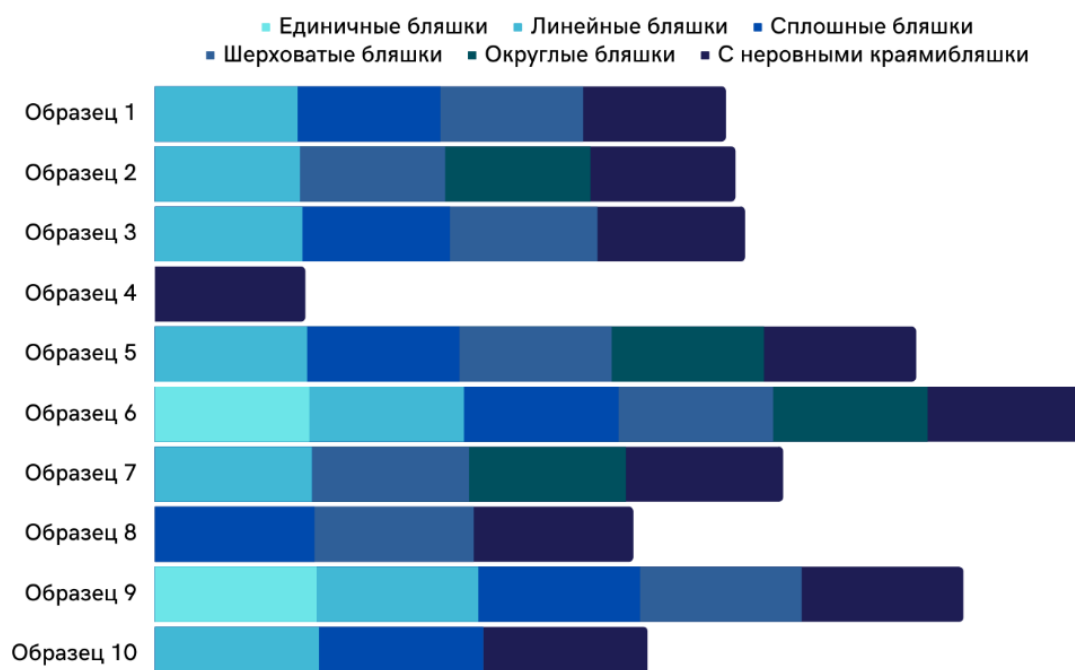


График 2.2.1 – данные полученные с продольного разреза

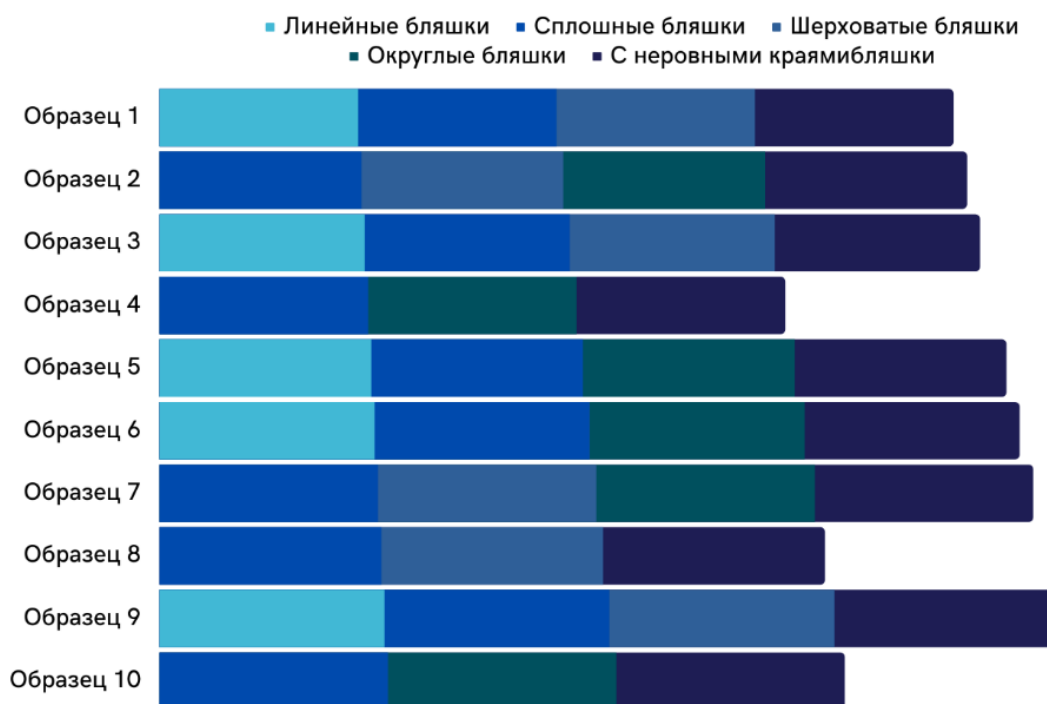


График 2.2.2 – данные полученные с эндоскопа

После чего можно было сделать выводы, что данные, полученные в продольном разрезе, отличались от данных, полученных с эндоскопа, так как затруднена была видимость при изучении.

В эндоскопии при исследовании патологий кровеносных сосудов важной частью является стремление к точному исследованию, учитывающее структурные особенности изображения [19]. Кроме того, в нашем исследовании отсутствовало повышение контрастности и интенсивности итогового изображения.

В нашем исследовании итоговые данные, которые мы получили дают разные сведения для врача и инженера; так как итогом для врачей составляет то, что влияния липолитиков на кровеносные сосуды незначительно или отсутствует, поэтому этот способ не подходит для лечения; а данные, которые получает инженер – это то, что необходимо или можно улучшить для дальнейшей комфортной работы врача. По моему мнению, для дальнейших исследований необходимо улучшить программное обеспечение, чтобы итоговые изображения переводились в черно—белые, убирались лишние шумы и повышалась чёткость изображения.

2.3 Разбор устройства эндоскопа серии NGT100

В моем исследовании использовалось гибкий эндоскоп серии NGT100 (приложение Г, рис. 9), который может подключаться к имеющемуся монитору или к компьютеру, а также к смартфону, в зависимости от цели использования.

Мы сохраняли данные на SD карту, которая вставляется в эндоскоп, а для дальнейшего использования данных, сохраняли фотографии на компьютер, где с ними в дальнейшем работали.

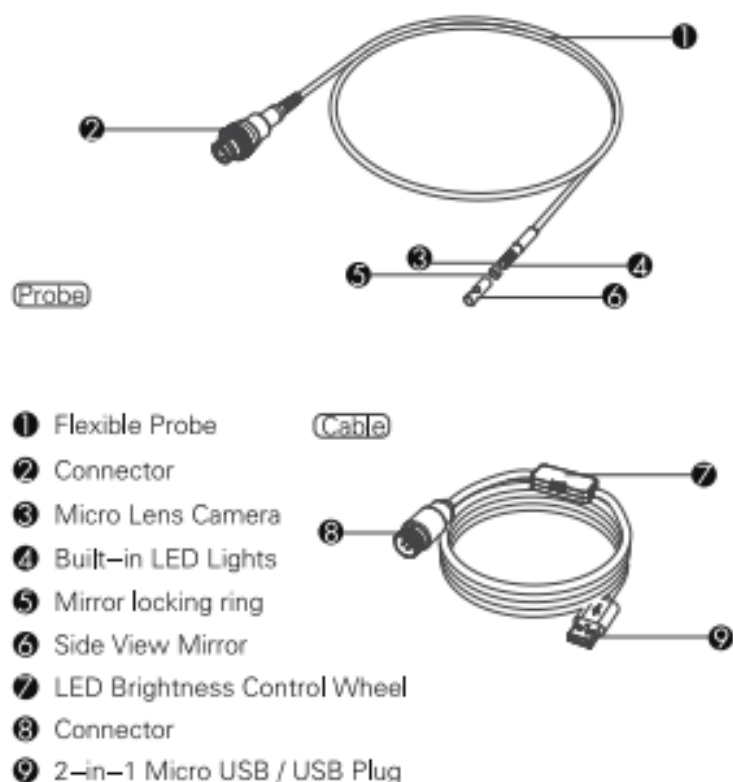


Рисунок 2.3.1 – гибкий эндоскоп серии NGT100

Гибкий эндоскоп серии NGT100 является примитивной моделью своего класса с маленькой разрешающей способностью и относительно большим размером, так как подходит только для изучения больших аорт.

Важнейшей частью является начало эндоскопа, до трубки, так как эта часть определяет размер эндоскопа, используемое освещение и камера. Размер эндоскопа определяется по диаметру корпуса.

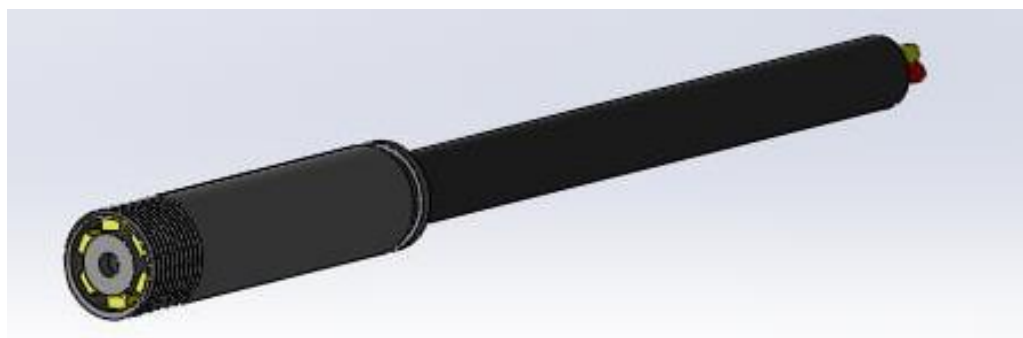


Рисунок 2.3.2 – 3Д модель эндоскопа

Данный гибкий эндоскоп имеет достаточно жёсткий вал для своего вида, так как в основном его используют для перемещения вдоль пищевода и кишечника, поэтому данный вал обеспечивает зафиксированность, а к кончику имеет более гибкую часть.

Также здесь присутствует оптическая система, которая состоит из линз, которые передают свет и изображение от переднего конца эндоскопа до камеры, чтобы дальше увидеть изображение на мониторе.

Источник света в данном устройстве встроен в эндоскоп, света от него достаточно для освещения исследуемой области и состоит из 6 диодов.

Имеются также каналы, всего их 4: два отвечают за питание и заземление, один необходим для управления камерой, а еще один для управления источником света. Для управления источником света имеется кнопка (колёсико) регулирования.

Еще присутствует электроника в данном эндоскопе, встроенные электронные компоненты в бароскопе управляют его работой и обрабатывают полученные данные, такие как изображения и видео. Они могут быть интегрированы с другими медицинскими устройствами, такими как мониторы, системы записи или компьютеры для дополнительного анализа и документирования исследований [20].

2.4 Расчеты

На данный момент создан алгоритм на основе HWB (англ. hue, whiteness, blackness) — имеется оттенок, который расположен в диапазоне от 0 до 360 на цветовом колесе, но имеется еще два дополнительных параметра, которые отвечают сколько белого и черного цвета будет смешено с изначальным оттенком. Данный способ часто применяется при использовании монохромных цветовых палитр. На основе этого создали стратегию улучшения изображения в цветовой палитре RGB (палитра, основанная на взаимодействии синего, красного и желтого цвета). Где ключевым моментом является, они используют возможность вычисления половины единиц для вычисления новых значений пикселей для группы четырех соединенных пикселей в изображение, но основанное на CWB (обычно билинейный алгоритм).

$$CWB(r', c') = \sum_{n=1}^4 P_n \times CW_n, \quad (2.1)$$

где CWB образовывается на основе (p, c) , $(r, c + 1)$, $(r + 1, c)$ и $(r + 1, c + 1)$; P_n количество пикселей в пиксельной клетке (n — количество четырех ближайших соседей). $CW_1 = (1 - \Delta r) \times (1 - \Delta c)$, $CW_2 = (\Delta r) \times (1 - \Delta c)$, $CW_3 = (1 - \Delta r) \times (\Delta c)$, and $CW_4 = (\Delta r) \times (\Delta c)$.

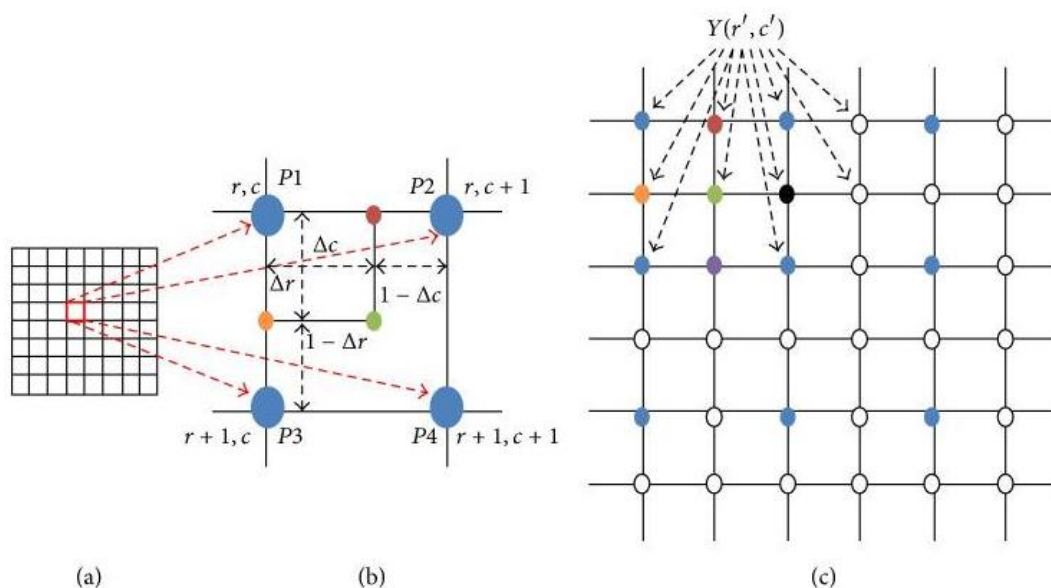


Рисунок 2.4.1 – основание для вычислений формулы 1

И это всё создает свою новую систему алгоритма HWB (полуэлементный взвешенный билинейный алгоритм). То есть данный алгоритм позволяет уменьшить нагрузку на изображение, сделать более плавные переходы, поставить контрастность на максимум и убрать лишние шумы на изображение.

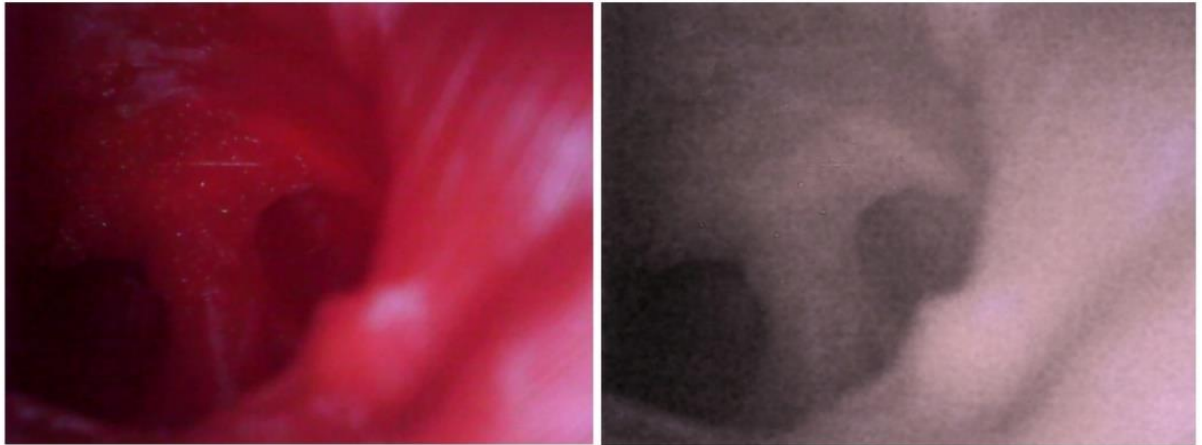
$$\text{HWB}(r', c') = \frac{\sum_{n=1}^4 P_n}{2} \quad (2.2)$$

где, $\text{HW} = 2$ — весовая функция HWB. [2]

$$\text{HWB}(r', c') = \frac{\sum_{n=1}^4 307200}{2} = 153\ 600.$$

В своей работе я использовала изображение RGB, которое имеет разрешение 640×480 и HWB в моей работе составило 153 600.

Наглядно увидеть работу данной функции можно на рис. 2.4.2



а

б

Рисунок 2.4.2 – Итоговое изображение

2.5 Результаты

При исследовании возможности видеомикроскопии в изучение возможности влияния препаратов на патологии кровеносных сосудов, было выявлено ряд преимуществ. Во—первых, он позволяет в режиме реального времени наблюдать за динамическими сосудистыми процессами, обеспечивая понимание временных и пространственных изменений, которые происходят во время развития сосудистых заболеваний или в ответ на вмешательства. Во—вторых, видеомикроскопия может предоставить изображения сосудистых структур и клеточных взаимодействий с высоким разрешением, что позволяет проводить детальный морфологический и функциональный анализ. В—третьих, видеомикроскопию можно комбинировать с другими методами, такими как молекулярная визуализация, фармакология и генетические манипуляции, для более глубокого понимания сосудистой патологии.

Но несмотря на все преимущества, данный метод изучения имеет свои минусы и самые главные недостатки связаны с полученными при эндоскопии изображения с большим количеством шумов и недостаточной контрастностью, но помимо получения изображения важно правильно и четко его анализировать.

В следствие чего для оценки характеристики видеомикроскопии можно использовать новый метод улучшения изображений HWB, когда берется обычное изображение, переводится в новую систему при изменении насыщенности белым и черным цветами.

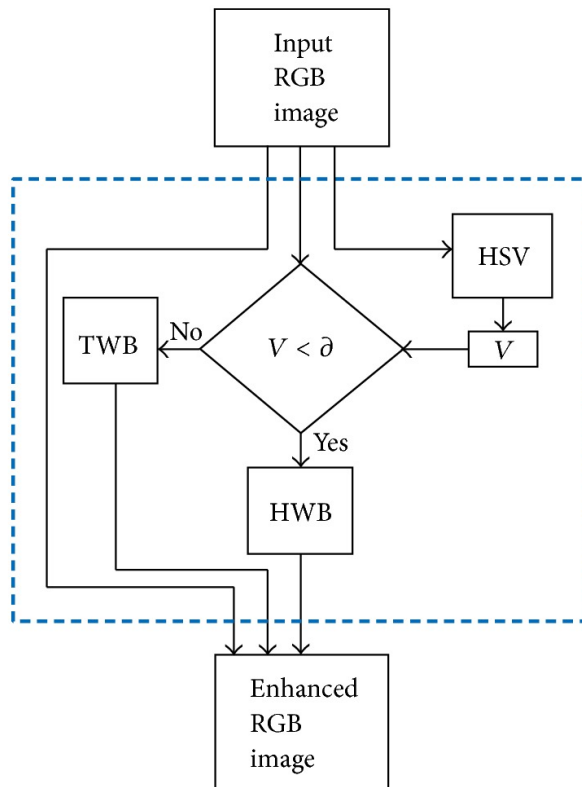


Рисунок 2.5.1 – схема получения изображения

Данный метод применила в программе, которая берет непосредственно сохраненное изображение в формате RGB и преобразовывает в формат HWB, при этом делая из него изображение черно—белого формата и после снова преобразовывает в RGB, но уже с изменённым цветотипом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Видеомикроскопия сосудов является мощным инструментом для изучения различных заболеваний и состояний, включая рак, сердечно—сосудистые заболевания и воспаление. Визуализируя и количественно оценивая кровоток и поведение кровеносных сосудов, можно лучше понять глубинные механизмы заболеваний и разработать новые методы лечения.

Помимо изучения патологий сосудов, вызванных сердечно—сосудистыми заболеваниями, есть еще обширный список того, что можно исследовать данным методом. Обеспечивая визуализацию кровотока и поведения сосудов в режиме реального времени.

Одним из инструментов видеомикроскопии, заслуживающим внимания, является эндоскоп. Использование эндоскопической видеомикроскопии дает уникальные возможности для визуализации и изучения сосудистой патологии по внутренней стенке сосуда. Эндоскопы обеспечивают прямой доступ к внутренним структурам кровеносных сосудов, позволяя в режиме реального времени наблюдать за динамическими процессами, такими как кровоток, функция эндотелия и образование бляшек. Эта возможность бесценна для изучения прогрессирования и развития сосудистых заболеваний.

Однако важно признать, что все еще существуют проблемы и ограничения, связанные с эндоскопической видеомикроскопией. Размер и гибкость эндоскопа могут ограничивать доступ к определенным областям в ССС, а на качество изображения могут влиять такие факторы, как артефакты движения или ограничения в восприятии глубины. Эти технические проблемы подчеркивают необходимость постоянного совершенствования эндоскопических технологий и методик.

Таким образом, видеомикроскопия, особенно с использованием эндоскопов, представляет собой мощный инструмент для исследования последствий сосудистой патологии. Его способность обеспечивать визуализацию динамики сосудов с высоким разрешением в режиме реального времени предлагает большой потенциал для улучшения нашего понимания сосудистых заболеваний. Поскольку технология продолжает развиваться, мы можем ожидать, что видеомикроскопия будет играть все более важную роль в диагностике, мониторинге и лечении сосудистой патологии, что в конечном итоге приведет к улучшению результатов лечения пациентов и улучшению практики здравоохранения.

Перечень принятых терминов

ССЗ — сердечно сосудистые заболевания

ССС — сердечно сосудистая система

ВОЗ — Всемирная организация здравоохранения

HWB — (от англ. (h)ue, (w)hiteness, (b)lackness) определение цветотипа изображения на цветовой окружности в диапазоне от 0 до 360

RGB — (от англ. (r)ed, (g)reen, (b)lue). определение цветотипа изображения на основе взаимодействия трех основных цветов

Интима — внутренний слой кровеносного сосуда

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 White GH, White RA, Kopchok GE, Klein SR, Wilson SE. Intraoperative video angiography compared with arteriography during peripheral vascular operations. *J Vasc Surg.* 1987 Nov;6(5):488—95. doi: 10.1067/mva.1987.avs0060488. PMID: 3669198.

2 Rukundo O, Pedersen M, Hovde Ø. Advanced Image Enhancement Method for Distant Vessels and Structures in Capsule Endoscopy. *Comput Math Methods Med.* 2017;2017:9813165. doi: 10.1155/2017/9813165. Epub 2017 Oct 31. PMID: 29225668; PMCID: PMC5684617

3 Olcott C 4th. Clinical applications of video angiography. *J Vasc Surg.* 1987 Apr;5(4):664—6. PMID: 3560363.

4 Uchida Y. Recent advances in coronary angiography. *J Cardiol.* 2011 Jan;57(1):18—30. doi: 10.1016/j.jjcc.2010.11.001. Epub 2010 Dec 10. PMID: 21146367.

5 Pevec WC. Angioscopy in vascular surgery: the state of the art. *Ann Vasc Surg.* 1996 Jan;10(1):66—75. doi: 10.1007/BF02002345. PMID: 8688301.

6 Naimo PS, Buratto E, Konstantinov IE. Actual application of virtual angiography: Is it yet to come? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016 Jul;152(1):211—2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.03.052. Epub 2016 Apr 1. PMID: 27130300.

7 Wilson YG. Vein quality in infrainguinal revascularisation: assessment by angiography and histology. *Ann R Coll Surg Engl.* 1998 Jan;80(1):3—15. PMID: 9579121; PMCID: PMC2502758.

8 Mitsuzuka K, Li Y, Nakayama T, Anzai H, Goanno D, Tupin S, Zhang M, Wang H, Horie K, Ohta M. A Parametric Study of Flushing Conditions for Improvement of Angioscopy Visibility. *J Funct Biomater.* 2022 Jun 1;13(2):69. doi: 10.3390/jfb13020069. PMID: 35735924; PMCID: PMC9224925.

9 Kondo H, Kiura Y, Sakamoto S, Okazaki T, Yamasaki F, Iida K, Tominaga A, Kurisu K. Comparative Evaluation of Angioscopy and Intravascular Ultrasound for Assessing Plaque Protrusion During Carotid Artery Stenting Procedures. *World Neurosurg.* 2019 May;125:e448—e455. doi: 10.1016/j.wneu.2019.01.102. Epub 2019 Jan 29. PMID: 30708079.

10 Kojima K, Fukamachi D, Okumura Y. Can non—obstructive general angiography predict an aortic dissection before an attack? *J Cardiol.* 2021 Jan;77(1):106—108. doi: 10.1016/j.jjcc.2020.07.020. Epub 2020 Aug 23. PMID: 32847757.

11 Miyoshi T, Higaki A, Kawakami H, Yamaguchi O. Automated interpretation of the coronary angiography with deep convolutional neural networks. *Open Heart.* 2020 May;7(1):e001177. doi: 10.1136/openhrt—2019—001177. PMID: 32404485; PMCID: PMC7228653.

12 Nakatani S, Sotomi Y, Otake H, Morino Y, Higuchi Y. Tissue Characteristics of Stent Coverage Validated by Comparison Between Coronary Angioscopy and Optical Coherence Tomography in Serial Assessment. *Circ J.* 2023 Feb 8. doi: 10.1253/circj.CJ—22—0761. Epub ahead of print. PMID: 36754414.

13 Jobson DJ, Rahman Z, Woodell GA. A multiscale retinex for bridging the gap between color images and the human observation of scenes. *IEEE Trans Image Process.* 1997;6(7):965—76. doi: 10.1109/83.597272. PMID: 18282987.

14 Iakovidis DK, Koulaouzidis A. Software for enhanced video capsule endoscopy: challenges for essential progress. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2015 Mar;12(3):172—86. doi: 10.1038/nrgastro.2015.13. Epub 2015 Feb 17. PMID: 25688052.

15 Fisher LR, Hasler WL. New vision in video capsule endoscopy: current status and future directions. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2012 May 8;9(7):392—405. doi: 10.1038/nrgastro.2012.88. PMID: 22565098.

16 Van Gossum A, Ibrahim M. Video capsule endoscopy: what is the future? *Gastroenterol Clin North Am.* 2010 Dec;39(4):807—26. doi: 10.1016/j.gtc.2010.08.026. PMID: 21093757.

17 Mustafa BF, Samaan M, Langmead L, Khasraw M. Small bowel video capsule endoscopy: an overview. *Expert Rev Gastroenterol Hepatol.* 2013 May;7(4):323—9. doi: 10.1586/egh.13.20. PMID: 23639090.

18 Eliakim R. Video capsule endoscopy of the small bowel. *Curr Opin Gastroenterol.* 2010 Mar;26(2):129—33. doi: 10.1097/MOG.0b013e328334df17. PMID: 20145540.

19 Gheorghe C, Iacob R, Bancila I. Olympus capsule endoscopy for small bowel examination. *J Gastrointestin Liver Dis.* 2007 Sep;16(3):309—13. PMID: 17925927.

20 Delvaux M, Gay G. Capsule endoscopy: technique and indications. *Best Pract Res Clin Gastroenterol.* 2008;22(5):813—37. doi: 10.1016/j.bpg.2008.06.003. PMID: 18790434.

21 10 ведущих причин смерти в мире. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>.

Приложение А

Исследуемый аутопсийный материал:

Визуальная характеристика:

Длина, мм	Диаметр наружный, мм	Диаметр внутренний, мм	Процент сужения просвета артерии	Толщина стенки, мм	Площадь, мм ²
-----------	----------------------------	------------------------------	-------------------------------------------	-----------------------	-----------------------------

Таблица 1

Описание интимы и внутренней поверхности артерии:

Форма атером (бляшек)					
Единичные	Линейные	Сплошные	Шероховатые	Округлые	С неровными краями

Таблица 2

Наличие аневризмы:

Собственная артерия (vasa vasorum):

Отходящая к окружающим органам артерия:

Препарат:

Визуальная характеристика материала после экспозиции препаратом:

Время экспозиции	Общее количество бляшек		Размеры после экспозиции					
	До	После	До 1 мм	1–2 мм	2–3 мм	3–4 мм	4–5 мм	Более 5 мм
5 минут								
10 минут								
15 минут								
30 минут								

Таблица 3

Приложение Б

Исследуемый аутопсийный материал: *подвздошная артерия*

Визуальная характеристика:

Длина, мм	Диаметр наружный, мм	Диаметр внутренний, мм	Процент сужения просвета артерии	Толщина стенки, мм	Площадь, мм ²
74	17	14	49%	1,5	1 480

Описание интимы и внутренней поверхности артерии:

Форма атером (бляшек)					
Единичные	Линейные	Сплошные	Шероховатые	Округлые	С неровными краями
+	+	-	+	-	-

Наличие аневризмы: *отсутствует*

Собственная артерия (vasa vasorum): *отсутствует*

Отходящая к окружающим органам артерия: *отсутствует*

Препарат: *липолитик*

Визуальная характеристика материала после экспозиции препаратом:

Время экспозиции	Общее количество бляшек		Размеры после экспозиции					
	До	После	До 1 мм	1–2 мм	2–3 мм	3–4 мм	4–5 мм	Более 5 мм
5 минут	7,5	7,5			+			
10 минут		7,5	+					
15 минут		7,5					+	
30 минут		7,5		+				

Приложение В

Исследуемый аутопсийный материал: *брюшная аорта*

Визуальная характеристика:

Длина, мм	Диаметр наружный, мм	Диаметр внутренний, мм	Процент сужения просвета артерии	Толщина стенки, мм	Площадь, мм ²
37	30	22	79%	3,8	4829

Описание интимы и внутренней поверхности артерии:

Форма атером (бляшек)					
Единичные	Линейные	Сплошные	Шероховатые	Округлые	С неровными краями
+	-	-	+	-	+

Наличие аневризмы: *отсутствует*

Собственная артерия (vasa vasorum): *отсутствует*

Отходящая к окружающим органам артерия: *присутствует, просвет заблокирован*

Препарат: *липолитик*

Визуальная характеристика материала после экспозиции препаратом:

Время экспозиции	Общее количество бляшек		Размеры после экспозиции					
	До	После	До 1 мм	1–2 мм	2–3 мм	3–4 мм	4–5 мм	Более 5 мм
5 минут	Не просматривается		+		+		+	+
10 минут					+		+	+
15 минут			+		+		+	+
30 минут			+				+	

Приложение Г

Исследуемый аутопсийный материал: *бедренная артерия*

Визуальная характеристика:

Длина, мм	Диаметр наружный, мм	Диаметр внутренний, мм	Процент сужения просвета артерии	Толщина стенки, мм	Площадь, мм ²
37	18	15	43%	4,2	1 476

Описание интимы и внутренней поверхности артерии:

Форма атером (бляшек)					
Единичные	Линейные	Сплошные	Шероховатые	Округлые	С неровными краями
+	-	+	-	-	+

Наличие аневризмы: *отсутствует*

Собственная артерия (vasa vasorum): *отсутствует*

Отходящая к окружающим органам артерия: *отсутствует*

Препарат: *липолитик*

Визуальная характеристика материала после экспозиции препаратом:

Время экспозиции	Общее количество бляшек		Размеры после экспозиции					
	До	После	До 1 мм	1–2 мм	2–3 мм	3–4 мм	4–5 мм	Более 5 мм
5 минут	5,7	5,7	+			+	+	
10 минут		5,7			+	+		
15 минут		5,7		+	+	+		
30 минут		5,2				+	+	+

Приложение Д

Model	NGT100
Sensor	1.0 Megapixel
Resolution	640×480 Pixels, 1280×720 Pixels
Depth of Field	0.4 – 0.6 inch
Light	6 Brightness Adjustable LEDs
Probe Diameter	0.2inch
Cable Length	36inch
Operation System	Android 4.4 or above; Windows XP, 7, 8, 10; Mac OS X; Chromebook

Таблица 1 – Данные эндоскопа NGT100

Приложение Е

```
from PIL import Image

# open the original image in RGB format

original_image = Image.open("original_image.png").convert("RGB")

# convert the image to HWB format with different saturation

hwb_image = original_image.convert("HSV")

h, w, b = hwb_image.split()

s = 60 # change saturation level here

hwb_image = Image.merge("HSV", (h, Image.new("L", hwb_image.size, s), b))

hwb_image = hwb_image.convert("RGB")

# save the new image as PNG

hwb_image.save("black_and_white_image.png")
```