

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ БАКТЕРИАЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЫ ПОЛОСТИ НОСА

УДК 658.562; 621.38

НОСОВА Яна Витальевна

студентка кафедры Биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Научные интересы: обработка медицинских изображений, разработка виртуальных обучающих систем, средства функциональной диагностики верхних дыхательных путей.

e-mail: nyav007@gmail.com

Фарук ХУШАМ

аспирант кафедры Биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Научные интересы: обработка медицинских изображений, средства функциональной диагностики верхних дыхательных путей.

e-mail: hushamfarouk@gmail.com

АВРУНИН Олег Григорьевич

д.т.н., профессор, профессор кафедры Биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Научные интересы: обработка медицинских изображений, разработка виртуальных обучающих систем, средства функциональной диагностики верхних дыхательных путей.

e-mail: gavrun@list.ru

ВВЕДЕНИЕ

Лечение больных с острыми и особенно хроническими заболеваниями полости носа, несмотря на многообразие форм и видов медикаментозного лечения, остается актуальной и сложной задачей клинической ринологии [1]. В то же время, проведение целенаправленной антибактериальной терапии возможно в тех случаях, когда достоверно идентифицирован возбудитель и определена чувствительность к препарату. Например, для диагностики аллергического ринита (АР), согласно Протоколу оказания медицинской помощи больным АР, утвержденном на II съезде аллергологов Украины (Одесса, 2006 г), предполагается разделение диагностических методов на обязательные и дополнительные обследования [2].

К обязательным методам диагностики АР относят:

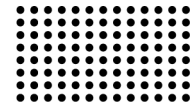
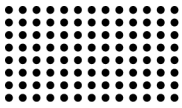
— сбор жалоб и анамнеза (сезонность, ухудшение состояния в сухую погоду, вне помещения, кругло-

годность симптомов, ухудшение состояния в помещении, отягощенная наследственность по аллергии);

- осмотр аллерголога (исключение неаллергических ринитов);
- кожное тестирование (прик-тест) с микст-аллергенами;
- осмотр отоларинголога (исключение неаллергической ЛОР-патологии);
- рентгенологическое исследование носа и околоносовых пазух.

Дополнительные методы диагностики АР включают в себя:

- цитологическое исследование мазка-отпечатка слизистой оболочки носа (выявление гиперэозинофилии);
- углубленное кожное тестирование (прик-тест с "виновными" моноаллергенами) а при его невозможности определение специфического IgE;



- провокационные тесты с аллергенами с использованием риноманометрии;
- бактериологическое исследование материала со слизистой оболочки носа;
- эндоскопическое обследование полости носа [2].

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

При проведении цитологических исследований возникают диагностические трудности, связанные с жесткими требованиями соблюдения методики (требования к качеству исходного материала, срокам и условиям транспортировки, лабораторному оборудованию и расходному материалу, а также дороговизной существующих традиционных методик). Это приводит к началу ранней неадекватной эмпирической антибиотикотерапии препаратами широкого спектра действия с последующим угнетением и дисбалансом антибиотикорезистентной микрофлоры слизистой оболочки полости носа.

Классический метод посева и выращивания микрофлоры на питательной среде с последующей ее идентификацией требует длительного времени исследования (не менее 72 часов) и связан со значительными погрешностями на всех этапах процесса, что значительно образом влияет на достоверность конечных результатов.

Федорович В.Ю. и Островская Э.А. (2001) выделяют следующие факторы, которые отрицательно влияют на результат проведения традиционного посева:

- отсутствие гарантии чистоты культуры от бактериального загрязнения пробы вследствие неправильно выполненного забора, переноса, хранения или культивирования;
- при смешанной инфекции выделенный микроорганизм может быть не определяющим этиологическим фактором, а лишь наиболее быстро растущим при данных условиях культивирования;
- неправильно подобраны условия пробоподготовки и культивирования;
- бактериологические исследования вынужденно проводятся на фоне антибактериальной терапии;
- носитель инфекции вообще не может быть культивирован *in vitro* (некоторые L-формы, микоплазмы и т.п.);

- бактериемия имеет циклический характер, а посев взят в момент временного уменьшения концентрации бактерий в крови;
- независимо от результата посева окончательный ответ выдается лишь через несколько суток.

Поэтому поиск альтернативных, неинвазивных, экономичных и простых в использовании диагностических экспресс методов остается актуальной проблемой клинической ринологии.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В условиях использования традиционных методов и средств ранней диагностики лор-заболеваний важной задачей является повышение эффективности и доступности в изучении состояния биоценоза слизистой оболочки полости носа при его инфекционных и аллергических заболеваниях. Одним из таких методов является электрофотографирование [3].

Электрофотографирование полости носа считается объективным документирующим методом и находит все более широкое применение. Этот метод эффективен для ранней диагностики и динамического наблюдения. Особую ценность представляет электрофотографирование операционными микроскопами с фотопроставкой, что позволяет получить фотодокументацию всех этапов хирургического вмешательства [3]. Однако данный метод применяется в качестве аналога первичного осмотра врачом (передняя риноскопия с помощью носового зеркала и лобного рефлектора) и не дает автоматизированного заключения либо рекомендаций на основании существующих методов обработки медицинских изображений.

На сегодняшний день развитие медицинского оборудования позволяет выбирать из широкого спектра существующей медицинской техники нужный цифровой эндоскоп, который обладал бы наилучшим соотношением цена-качество и подходил бы по требуемым параметрам исходя из существующей клинической проблемы.

Эндоскопическая риноскопия – это метод выявления симптомов синусита, в том числе малозаметных, она позволяет увидеть мелкие полипы, гиперемии слизистой и гнойное отделяемое из отверстий придаточных пазух, невидимые при обычной передней или задней риноскопии.

Биологические методы исследований направлены на определение наличия токсинов возбудителя в исследуемом материале и на обнаружение возбудителя (особенно при незначительном исходном содержании в исследуемом образце). Методы включают заражение лабораторных животных исследуемым материалом с последующим выделением чистой культуры патогена либо установлением факта присутствия микробного токсина и его природы.

Посев, или бактериологический анализ – один из самых распространенных методов выделения культуры бактерий на питательной среде в условиях лаборатории. Выращивание такого посева приводит к бурному размножению микроорганизмов и облегчает выявление возбудителя инфекции.

Бактериологические посева позволяют не только определить типы микробов, провоцирующих то или иное заболевание, но и подобрать эффективные антибиотики (определить чувствительность микробов к ним). После того как материал забирают у пациента, его помещают на специальные питательные среды, через 3-10 дней оценивают результаты. Длительное время выполнения данного анализа является существенным недостатком.

Расстройство сосудистой микроциркуляции, которое является одним из ведущих патогенетических факторов инфекционного и аллергического ринита, всегда сопровождается дисфункцией кровенаполнения слизистой оболочки и связано с нарушением состояния биоценоза слизистой, что в конечном итоге приводит к изменению ее цветовой характеристики. В то же время своевременное начало лекарственной терапии после определения формы микробной обсемененности значительно повышает эффект от проводимого лечения.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Таким образом, необходимо разработать метод, позволяющий определять характер микрофлоры при заболеваниях полости носа, а также степень гиперемии, главным преимуществом которого должно являться время исследования.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Для решения поставленной задачи разработана структурная схема реализации метода фотограмметрии

слизистой оболочки носовой полости (рис.1). Данная схема содержит четыре основные части:

- биологический объект;
- блок регистрации;
- блок сопряжения;
- программная часть.

Биологическим объектом является внутренняя полость носа. Блок регистрации представлен гибким цифровым эндоскопом, который через блок сопряжения передает снимки внутренней полости носа на экран компьютера. Далее происходит предварительная обработка полученных изображений методом медианной фильтрации (блок фильтрации), которая позволяет избавиться от нежелательных артефактов и помех.

При анализе цифровых изображений следует помнить, что они могут быть подверженными аддитивному и импульсному зашумлению, которое возникает вследствие ошибок декодирования. Эффективным средством повышения качества изображения является использование методов линейной и нелинейной фильтрации. Эти методы должны удовлетворять требованиям: не вести к потере полезного сигнала; подавлять импульсные помехи [4].

Поскольку шум пространственно декоррелирован, в его спектре, содержатся более высокие пространственные частоты, чем в спектре обычного изображения. Итак, простая линейная низкочастотная фильтрация может служить эффективным средством сглаживания шумов. Массив Q размера $M \times M$ исходного изображения формируется путем дискретной свертки массива F размера $N * N$ исходного изображения с маской сглаживающего H размера $L \times L$ в соответствии с формулой:

$$Q(m_1, m_2) = \sum_{n_1} \sum_{n_2} F(n_1, n_2) H(m_1 - n_1 + 1, m_2 - n_2 + 1)$$

Низкочастотная фильтрация позволяет подавить высокочастотные шумовые выбросы, однако плохо удаляет импульсные помехи.

Эффективным методом борьбы с шумом является нелинейная медианная фильтрация. Медианные фильтры обеспечивают эффективное подавление импульсных помех длительностью менее половины ширины окна. Медианный фильтр представляет собой окно скользящее, охватывающее нечетное число элементов изображения. Центральный элемент заменяет-

ся медианой всех элементов изображения в окне. Медианой дискретной последовательности a_1, a_2, \dots . А для нечетного N является тот ее элемент, для которого существуют $(N - 1) / 2$ элементов, меньшей или равных ему по величине, и $(N - 1) / 2$ элементов, большей или равных ему по величине [4].

В блоке обработки изображения осуществляется, собственно, обработка изображения: преобразование исходного RGB-изображения в цветовое пространство HSV. Проведение предварительной обработки изображения, преобразование аддитивной цветовой системы (RGB) полученного диагностического изображения в систему HSV (цветовой тон H , насыщенность S , интенсивность V), процедура анализа распределения данных цветových компонент – все эти составляющие дают возможность получить данные про объективную степень гиперемии слизистой оболочки верхних дыхательных путей, что в свою очередь позволяет повысить эффективность диагностических исследований.

Преобразование цветových компонент из модели RGB в модель HSV осуществляется с помощью данного преобразования:

$$H \in [0; 360)$$

$$S, V, R, G, B \in [0; 1]$$

$$H = \begin{cases} 0, & \text{если } MAX = MIN \\ 60 \cdot \frac{G - B}{MAX - MIN} + 0, & \text{если } MAX = R, G \geq B \\ 60 \cdot \frac{G - B}{MAX - MIN} + 360, & \text{если } MAX = R, G < B \\ 60 \cdot \frac{B - R}{MAX - MIN} + 120, & \text{если } MAX = G \\ 60 \cdot \frac{R - G}{MAX - MIN} + 240, & \text{если } MAX = B \end{cases}$$

Блок визуализации отображает результаты работы программной обработки, гистограммы каждой из цветových составляющих (R, G, B, S, V) и исходное изображение после фильтрации.

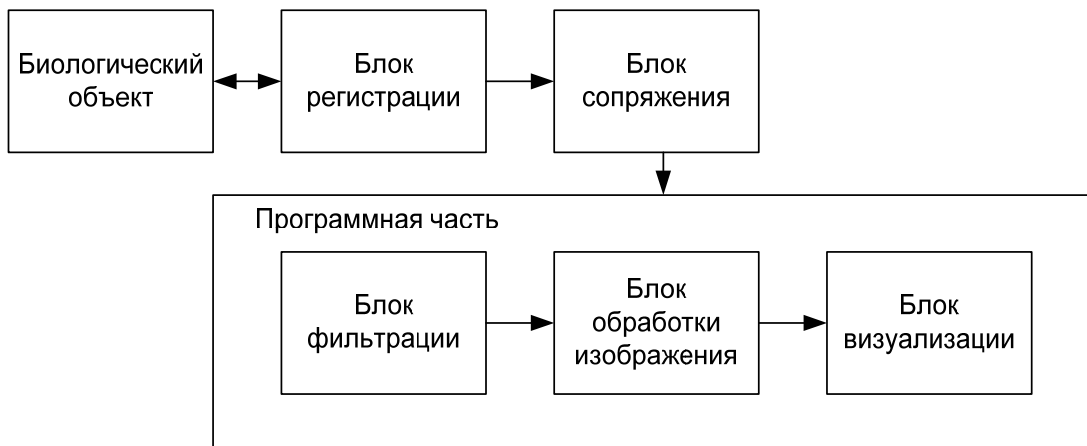


Рисунок 1 – Структурная схема реализации метода фотограмметрии слизистой оболочки

Для решения поставленной задачи была сформирована группа из 52 пациентов с хроническим аллергическим и инфекционным ринитом в возрасте от 18 до 65 лет, которая находилась под наблюдением. Данная группа была условно разделена на 2 подгруппы. В первую входило – 25 человек с аллергической формой течения ринита, вторая включала – 27 пациентов с инфекционной формой.

Для постановки диагноза и проведения дифференциального диагноза этих форм заболевания проводились общеклинические и специальные исследования. Общие клинические исследования включали: выяснение жалоб и сбор анамнеза, осмотр ЛОР-органов, осмотр аллерголога, клиническое исследование крови и мочи. Для исключения патологии со стороны придаточных пазух носа производилась рентгенография околоносовых пазух; при недостаточной визуализации струк-

тур латеральной стенки полости носа, решетчатого лабиринта или верхнечелюстных и лобных пазух, производилась компьютерная томография.

Сбор исходных данных осуществлялся с помощью метода цифровой эндоскопии. Выполнялось введение жесткого эндоскопа в общий носовой ход с подведением его дистального отдела к участку слизистой оболочки с наиболее характерными изменениями цветовой характеристики (цианотичность, кровенаполнение и архитектура). За 10 минут до исследования в полость носа при необходимости (при увеличении носовых раковин и узости общих носовых ходов) ставились тампоны с анестетиком с добавлением небольшого количества адреналина. Освещение определенного участка слизистой оболочки проводилось через световод с помощью блока освещения, регулирующим источник света. Проводилось фотографирование и формирование цифрового изображения данного участка с помощью цифрового фотоаппарата, расположенного на оптическом пути световода. Полученное цифровое (с 24 битовой цветовой глубиной) изображение области слизистой оболочки передавалось с цифрового фотоаппарата через интерфейсное устройство соединения на персональный компьютер (ПК). При неудовлетворительном уровне яркости полученного изображения с ПК передавались управляющие сигналы на блок освеще-

ния через интерфейсное устройство соединения и этап фотографирования повторялся. Далее по заданному алгоритму выполнялось преобразование аддитивной цветовой системы (RGB) полученного изображения в систему HSV для определения распределения цветового тона H , насыщенности S , яркости V изображения и анализ параметров распределения данных цветовых компонент (диапазоны принятых значений, средние значения, средние квадратические отклонения, наличие и количество мод и др.).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Для реализации данного способа в автономном режиме была разработана программа, которая работает с графическими изображениями в формате 24 битовой цветовой глубиной, которые представляют собой оцифрованные фотографии пораженных участков слизистой оболочки полости носа.

С помощью разработанного программного обеспечения возможно получение информации, иллюстрирует наличие аддитивных цветных компонент (R – красного, G – зеленого, B – синего) в изображении-оригинале, гистограмм их распределений и ширины спектра оттенков цветных компонент (рис. 2).

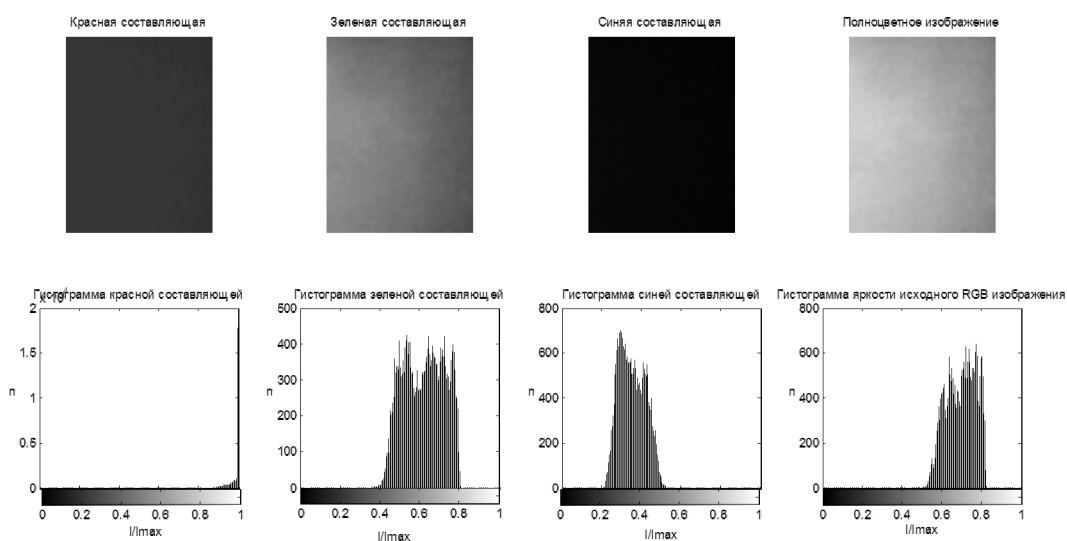
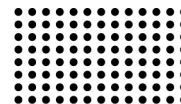
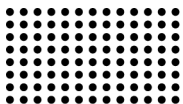


Рисунок 2 – Результаты работы программы в системе RGB



Определение объективной степени гиперемии участка слизистой оболочки проводится в соответствии с разработанной методикой, основанной на получении статистических зависимостей распределений компонент (цветового тона H , насыщенности S и яркости V) диагностического изображения в норме и при наличии различных по происхождению, глубиной инфицированности и обширностью патологических процессов (рис. 3).

При поражении слизистой оболочки золотистым стафилококком (*S. aureus*) и среднем значении яркости изображения $nY = 111$ средние значения цветных компонент составляют: $nR=218$, $nG=77$, $nB=41$ при эффективной ширине спектра оттенков цветовой компонент: $\Delta nR=18$ $\Delta nG=29$ $\Delta nB=15$.

Медианные уровни гистограммы распределения цветовых компонент HSV в норме $H_m=20^\circ$, $S_m=61\%$, $V_m=96\%$, и при поражении слизистой оболочки золотистым стафилококком (*S. Aureus*) $H_m=12^\circ$, $S_m=82\%$, $V_m=85\%$.

Для исключения появления рефлекторной гиперемии как адекватной реакции на механические и физиологические воздействия, эндоскопическое обследование необходимо проводить не ранее, чем через два часа после приема пищи или проведения лечебных манипуляций.

Проведение динамического исследования цветовых характеристик позволяет использовать этот метод как критерий оценки эффективности проводимого лечения.

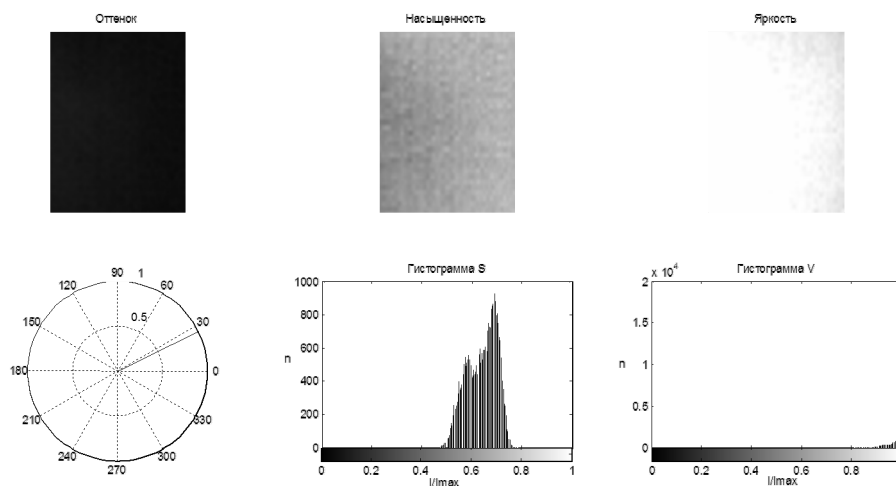


Рисунок 3 – Результаты работы программы в системе HSV

Перспективой работы является проведение дополнительного анализа с целью выявления корреляционных зависимостей между поставленным диагнозом и информативными параметрами исследуемого эндо-

скопического изображения для повышения эффективности ранней диагностики и сокращения времени постановки диагноза, что позволит существенно уменьшить время лечения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. The role of paranasal sinuses in the aerodynamics of the nasal cavities /H. Farouk, E. Abaida, A. Khaleel, O. Avrunin //International Journal of Life Science and Medical Research. –2012. –Vol. 2. №3. – P.52-55.
2. Zajkov S.V. Ediny li podhody k diagnostike i lecheniju allergicheskogo rinita v Ukraini i stranah ES? //Zhurnal «Medicina svitu». – 2007.
3. <http://nervomed.ru/lor-metod/metody-issledovanija-polosti-nosa/> Medicinskij portal otolaringologii.
4. Gajanand Gupta. Algorithm for Image Processing Using Improved Median Filter and Comparison of Mean, Median and Improved Median Filter // International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) ISSN: 2231-2307, Volume-1, Issue-5, November 2011.

Рецензент: д.т.н., проф. Прасол И.В., Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков