

Н. А. Недзьведь
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ КРОВОТОКА В СОСУДАХ
БУЛЬБАРНОЙ КОНЬЮНКТИВЫ ПРИ ГИПЕРКАПНИИ И
ГИПЕРОКСИИ**

Научный руководитель: д-р мед. наук, проф. А. И. Кубарко
Кафедра нормальной физиологии,
Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Резюме. Работа посвящена разработке метода измерения линейной скорости кровотока в сосудах микроциркуляторного русла и исследованию изменения скорости кровотока в сосудах бульбарной конъюнктивы в условиях гиперкапнии и гипероксии

Ключевые слова: сосуды бульбарной конъюнктивы, линейная скорость кровотока, гиперкапния, гипероксия.

Resume. The study describes development of a method for blood flow velocity measuring in the vessels and analysis of blood flow velocity in bulbar conjunctiva vessels during modulating hypercapnia and hyperoxia conditions.

Keywords: bulbar conjunctiva vessels, linear blood flow velocity, hypercapnia, hyperoxia.

Актуальность. Поиск неинвазивных способов определения состояния сосудов и кровотока в них остается актуальной проблемой разработки современных эффективных методов диагностики. В данной работе внимание уделено разработке неинвазивного метода исследования сосудов бульбарной конъюнктивы глаза, что обусловлено их доступностью для видеозаписи и тем, что изменение кровотока в них коррелирует с изменениями кровотока в микроциркуляторном русле мозга, сердца, почек. Таким образом, измеряя линейную скорость кровотока, можно получить важные сведения о состоянии микроциркуляторного кровотока и его нарушениях при атеросклерозе, артериальной гипертензии, сахарном диабете и других заболеваниях.

Цель: разработать неинвазивный метод измерения линейной скорости кровотока в сосудах микроциркуляторного русла и оценить с его помощью влияние гиперкапнии и гипероксии на кровотоки в сосудах бульбарной конъюнктивы.

Для этого решались следующие задачи:

1. Разработать методику анализа видеопоследовательности кадров.
2. Разработать методику стабилизации видеоизображений.
3. Провести анализ видеозаписей кровотока в микрососудах и измерить его скорость.
4. Проверить воспроизводимость получаемых результатов.
5. Применить разработанную методику для исследования влияния гиперкапнии и гипероксии на кровотоки в сосудах бульбарной конъюнктивы.

Материалы и методы. Работа выполнялась с помощью разработанного ранее на кафедре компьютерного комплекса для измерения морфометрических параметров сосудов бульбарной конъюнктивы глаза, который состоит из персонального компьютера, монохромной камеры Imperx Bobcat IGV-B1410M, лазерного устройства для наведения и фокусировки камеры на сосудах бульбарной конъюнктивы и устройства синхронизации импульсной подсветки, имеющей регулируемую частоту и яркость света.

На рисунке изображен алгоритм получения и анализа используемых видеопоследовательностей кадров видеосъемки сосудов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий алгоритм получения и анализа видеопоследовательности кадров

Стабилизация изображения при помощи традиционных алгоритмов не является эффективной. Поэтому стабилизация выполнялась на основе корреляции изображений в видеопоследовательности. Стабилизацию можно условно разделить на следующие этапы: обработка первого кадра; обработка всех последующих кадров. На первом кадре вручную производилось определение и выделение интересующей области сосудистой сети. Далее определялось новое положение выделенного фрагмента на последующих кадрах, по которому вычислялось смещение относительно первого кадра, согласно которому для каждого изображения задавалось положение, в котором координаты заданного фрагмента были стабильны во всей видеопоследовательности.

Следующим этапом является сегментация. Она выполняется на отдельном синтезированном изображении, которое соответствует нормализованной интегральной сумме всех кадров видеопоследовательности.

Затем интерактивно выделялась сосудистая сеть и выполнялось утоньшение полученного бинарного образа сосудов с целью получения сосудистого скелета, одновременно для них строилась карта расстояний.

Определение скоростей базировалось на значениях векторов оптического потока. Оптический поток представляет собой численную оценку изменения положения объектов на изображении, анализируя которое, можно получить информацию о направлении и скорости движения клеток крови [2]. Таким образом, в результате вычисления оптического потока, определяется вектор движения для каждого пикселя. Зная время, за которое положение пикселя изменилось, мы можем подсчитать мгновенную линейную скорость кровотока. Отношение мгновенной скорости к площади поперечного сечения определяет объёмную скорость кровотока.

В рамках данной работы была исследована гемодинамика в сосудах бульбарной конъюнктивы 22 человека в возрасте от 18 до 22 лет. Для каждого испытуемого было

выполнено 3 измерения скорости кровотока: при дыхании атмосферным воздухом (контроль); при дыхании атмосферным воздухом с 5% углекислого газа; при дыхании карбогеном (95% O₂; 5% CO₂). Для каждого измерения была получена и исследована видеопоследовательность.

Результаты и их обсуждение. Средняя линейная скорость кровотока в сосудах бульбарной конъюнктивы глаза составила 0,63 относительных единиц или 27 мкм/с, что сопоставимо с литературными данными [3]. Скорость капиллярного кровотока при гипероксии возросла до 0.87 относительных единиц (38%), и при гиперкапнии снижалась до 0.48 относительных единиц (24%) в сравнении со скоростью при дыхании атмосферным воздухом. Коэффициенты корреляции Спирмана между скоростями кровотока и содержащимся в выдыхаемом воздухе кислородом, составили 0.80, 0.71 и 0.56, и содержащимся в выдыхаемом воздухе углекислым газом 0.82, 0.68 и 0.58 в условиях дыхания атмосферным воздухом, карбогеном и воздухом с содержанием 3% углекислого газа, соответственно, что свидетельствует о существовании связи между скоростью кровотока и газовым составом крови.

Заключение: разработанные методы анализа видеопоследовательности и расчета величины оптического потока позволяют дать количественную оценку изменения линейной скорости кровотока в доступных для видеорегистрации сосудах микроциркуляторного русла. Средняя скорость кровотока при гипероксии составила 0.87 относительных единиц (138%), а при гиперкапнии 0.48 относительных единиц (76%) относительно скорости при дыхании атмосферным воздухом.

Информация о внедрении результатов исследования. По результатам настоящего исследования опубликовано 2 статьи в сборниках материалов, 2 тезиса доклада, получен 1 акт внедрения в образовательный процесс кафедры нормальной физиологии БГМУ.

M. A. Nedzvedz

DETERMINATION OF BLOOD SPEED IN BULBARY CONJUNCTIVES VESSELS IN CONDITION OF HYPERCAPHY AND HYPEROXY

Tutors: Professor A. I. Kubarko

Department of normal physiology,

Belarusian State Medical University, Minsk

Литература

1. Horn В К Р, Schunck В G. Determining optical flow. / Horn В К Р, Schunck В G. // Artificial intelligence – 1981 - №17 - pp. 185-203
2. Фираго, В.А. Получение и обработка цифровых изображений сосудов склеры глаза. / В.А. Фираго, А.А. Анисимов, И.И. Волкова. // Доклады БГУИР. – 2016 г. - №7 – С. 209-213
3. Фираго, В.А. Оценка гемодинамики бульбарной конъюнктивы глаза / Фираго В.А., Кубарко А.И., Волкова И.А. // Сб. научн. трудов V Конгресса физиков Беларуси Минск - 27–30 октября 2015 г. - С. 167–168.