

Н. А. Недзьведь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ КРОВОТОКА В СОСУДАХ БУЛЬБАРНОЙ КОНЬЮНКТИВЫ ПРИ ГИПОКСЕМИИ

Научный руководитель: д-р мед. наук, проф. А. И. Кубарко

Кафедра нормальной физиологии,

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

***Резюме.** Работа посвящена изучению влияния дыхания различными смесями газов на скорость кровотока в сосудах бульбарной конъюнктивы глаза.*

***Ключевые слова:** микроциркуляторное русло, сосуды бульбарной конъюнктивы, линейная скорость кровотока.*

***Resume.** The study describes analysis of influence of breathing with different gases mixes on blood flow velocity in vessels of bulbar conjunctiva.*

***Keywords:** microcirculatory, vessels of bulbar conjunctiva, blood flow velocity.*

Актуальность. Поиск неинвазивных способов диагностики нарушений микроциркуляции кровотока является актуальной проблемой. Одним из его перспективных направлений является исследование микроциркуляции в сосудах бульбарной конъюнктивы. Данные сосуды наиболее доступны для визуального наблюдения, видеорегистрации и оценки в них кровотока благодаря их поверхностному расположению. Кроме того, по данным ряда исследований известно, что по состоянию микроциркуляторного русла в сосудах бульбарной конъюнктивы можно судить о состоянии микроциркуляторного русла других органов и систем, например, мозга, почек, сердца. Таким образом, имея информацию о состоянии сосудов бульбарной конъюнктивы, представляется возможным оценить вероятность риска развития нарушений гемодинамики в других сосудах.

К настоящему времени известен ряд методов изучения скорости кровотока: доплерографии, электромагнитный метод на основе эффекта Холла, офтальмореография и другие. Однако, в отличие от метода, используемого в данной работе, эти методы позволяют анализировать только суммарный кровоток, без его привязки к какому-либо кровеносному сосуду, и не позволяют оценить диаметр сосуда и его изменения.

Цель: изучить влияние на скорость кровотока в сосудах бульбарной конъюнктивы глаза дыхания различными смесями газов, моделирующими нарушения газообмена, наблюдающиеся при заболеваниях респираторной и сердечно-сосудистой систем.

Задачи:

1. Получить видеопоследовательность кадров кровотока в сосудах бульбарной конъюнктивы.
2. Добиться стабилизации полученных видеоизображений.
3. Измерить скорость кровотока и провести анализ полученных данных.
4. Провести проверку воспроизводимости полученных результатов.

Материал и методы. Исследование выполнено с использованием разработанного ранее на кафедре нормальной физиологии компьютерного комплекса для измерения морфометрических параметров сосудов бульбарной конъюнктивы глаза, который состоит из персонального компьютера, монохромной камеры Imrex

Bobcat IGV-B1410M, лазерного устройства для наведения и фокусировки камеры на сосудах бульбарной конъюнктивы и устройства синхронизации импульсной подсветки с построением видеок кадров, имеющего регулируемую частоту и яркость света [4].

Для исследования показателей гемодинамики был использован ранее разработанный нами алгоритм (рисунок 1).

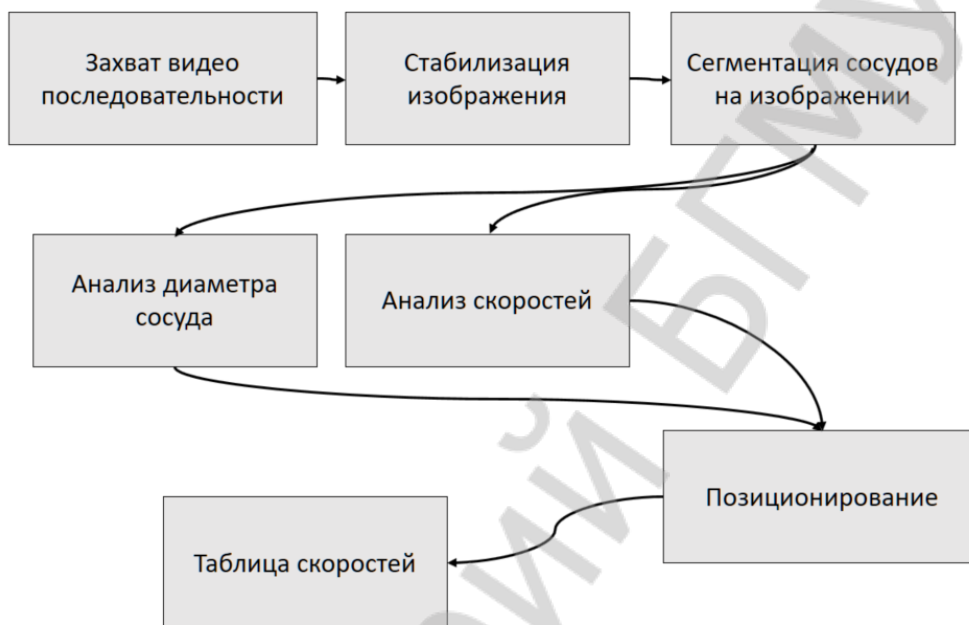


Рисунок 1 – Общая схема обработки видеопоследовательности кадров и измерения скорости кровотока

На рисунке изображена общая схема получения и анализа видеопоследовательности изображений, в ходе которых выполняется их предварительная обработка, позволяющая выровнять яркость изображения, откорректировать неровности, устранить шумы и искажения.

Видеосъемка микрососудов с использованием большого увеличения всегда сопряжена с трудностями получения их четкого изображения, особенно в условиях постоянного физиологического тремора глазного яблока. Для обеспечения четкости изображения отснятых сосудов требуется разработка программных средств захвата и стабилизации видеопоследовательности кадров. Их применение обеспечивает возможность проведения анализа одного и того же сосуда на разных кадрах видеозаписи сосудов у одного человека. Стабилизацию можно условно разделить на следующие этапы: обработка первого кадра; обработка всех последующих кадров с «привязкой» к первому. На первом кадре вручную выбирается и выделяется интересующая область сосудистой сети. Далее определяется новое положение выделенного фрагмента на последующих кадрах, по которому вычисляется его смещение относительно первого кадра. Далее для каждого изображения, с учетом смещения, задается положение выделенного фрагмента, в котором его координаты остаются стабильными во всей видеопоследовательности кадров. Стабилизация обеспечивает одинаковое место расположения сосудов в кадрах, что создает возможность отслеживания положения и измерения каждой интересующей координаты.

После достижения стабилизации видеок кадров интерактивно выделяется сосудистая сеть и выполняется утоньшение полученного бинарного образа сосудов с целью получения «скелета» сосудистого рисунка, и одновременно строится карта расстояний между фрагментами сосудов.

Измерение скоростей кровотока в сосудах базируется на определении значений векторов оптического потока, который представляет собой численную оценку изменения положения перепадов оптической плотности микроизображении на кадрах видеозаписи, анализируя которые, можно получить данные о направлении и скорости движения клеток крови [2].

Таким образом, в результате вычисления оптического потока, определяется вектор движения для каждого пикселя. Совмещение скелета сосудов с картой оптического потока позволяет определить относительную мгновенную скорость движения форменных элементов крови в каждой точке сосуда, выраженную в относительных единицах. С учетом оптического увеличения и размеров пикселя линейная скорость рассчитывается также в мм/с.

Методика измерения. Исследование гемодинамики в сосудах бульбарной конъюнктивы глаз проведено у 33 человек в возрасте от 18 до 22 лет.

Для 11 испытуемых было выполнены измерения в условиях:

1. В процессе дыхания атмосферным воздухом (контроль);
2. В процессе дыхания гипоксемической смесью (14% кислорода и 86% азота).

Для 22 испытуемых было выполнены измерения в условиях:

1. В процессе дыхания атмосферным воздухом (контроль);
2. В процессе дыхания атмосферным воздухом с 5-процентами углекислого газа;
3. В процессе дыхания карбогеном (95% O₂; 5% CO₂);

Для измерения скорости кровотока у каждого испытуемого была проведена видеозапись сосудов бульбарной конъюнктивы, получена и проанализирована видеопоследовательность кадров.

Результаты и их обсуждение. Средняя линейная скорость кровотока в сосудах бульбарной конъюнктивы глаза в контроле составила 0.65 ± 0.11 относительных единиц или 0.28 мм/с, что сопоставимо с литературными данными [3, 4]. Скорость при дыхании газовыми смесями, моделирующими состояние гипоксемии, гипероксии и гиперкапнии составила 0.37 ± 0.11 , 0.87 ± 0.14 и 0.48 ± 0.1 относительных единиц или 0.16, 0.36 и 0.21 мм/с, соответственно.

Полученные различия, ввиду малого числа наблюдений и большой разности между скоростями кровотока у различных испытуемых, оказались близкими к достоверным (расчётный уровень значимости $p \approx 0.05$), имеющими большое стандартное отклонение и показывают определенную тенденцию в характере влияния гипоксемии, гипероксии и гиперкапнии на кровотоки (рисунок 2).

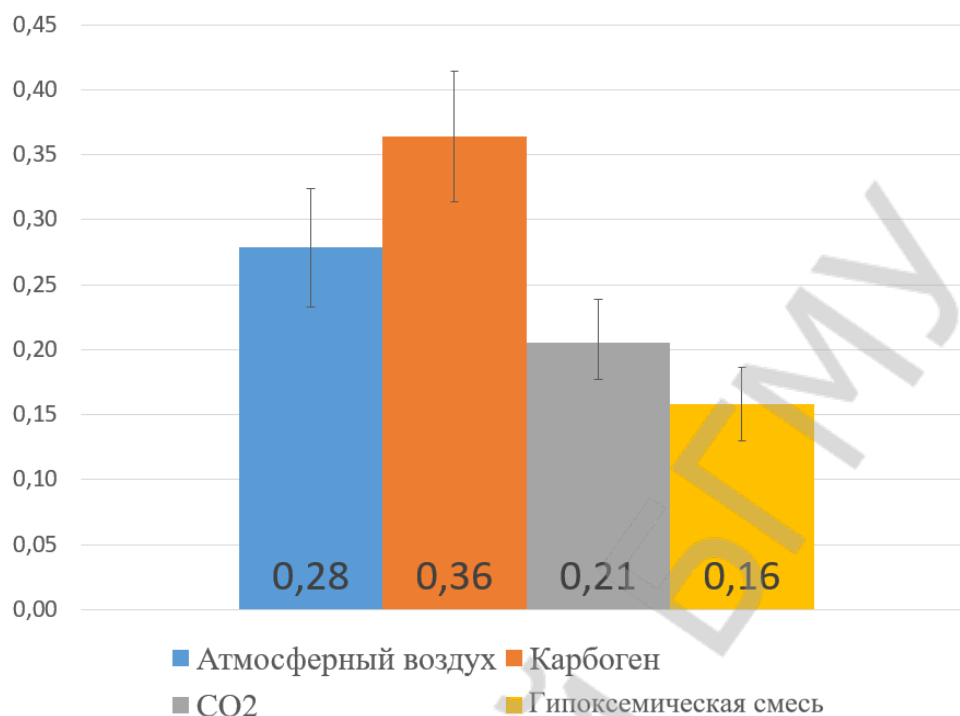


Рисунок 2 – Скорость капиллярного кровотока при гипероксемии с гиперкапнией, гиперкапнии и гипероксемии, ($p \approx 0,05$)

Однако различия между нормализованными значениями скорости в сосудах бульбарной конъюнктивы, рассчитанные в процентах относительно скорости кровотока в контроле, принятой за 1, оказались достоверными (расчётный уровень значимости составил 0,0008 для гипоксемии, 0,001 для гипероксии и 0,0004 для гиперкапнии). В условиях моделирования гипоксемии скорость в среднем уменьшалась на 43%, при гипероксии – увеличивалась на 33%, а при гиперкапнии – уменьшалась на 22% (рисунок 3).

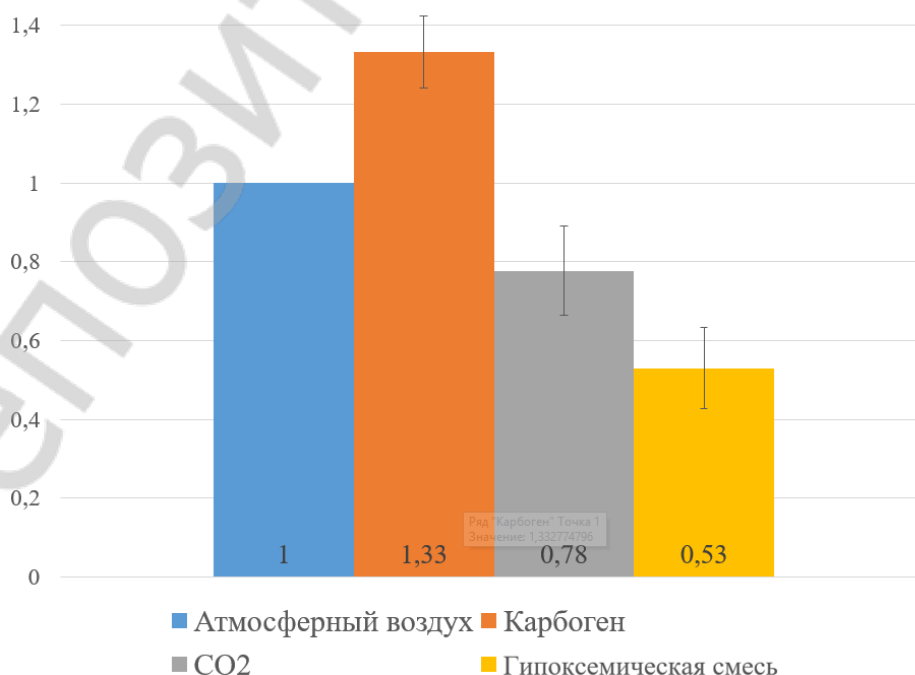


Рисунок 3 – Относительная скорость капиллярного кровотока при гипоксемии, гиперкапнии и гипероксии, ($p < 0,05$)

Выводы:

1. Линейная скорость в сосудах бульбарной конъюнктивы при дыхании атмосферным воздухом составила 0,65 относительных единиц или 0,28 мм/с, что сопоставимо с литературными данными

2. Скорость кровотока при гипоксемии, гипероксии и гиперкапнии составила 0.37, 0.87 и 0.48 относительных единиц соответственно.

3. Проведенные измерения скорости кровотока в сосудах бульбарной конъюнктивы показали, что в условиях гипероксии скорость в среднем увеличивается на 33%, в условиях гипоксемии скорость уменьшается на 43%, а при гиперкапнии – на 24% в сравнении со скоростью кровотока в контроле

N. A. Nedzvedz

**DETERMINATION BLOOD FLOW VELOCITY IN BULBARIAN
CONJUNCTIVES DURING HYPOXEMIA**

*Tutors: professor A. I. Kubarko,
Department of Normal Physiology,
Belarusian State Medical University, Minsk*

Литература

1. Котляр, К.Е. Гемодинамика глаза и современные методы ее исследования. Часть III. Неинвазивные методы исследования кровообращения глаза. Методы регистрации скорости движения кровяных телец и кровотока в отдельных сосудах и регионах глаза / К. Е. Котляр, Г. А. Дроздова, А. М. Шамшинова // Глаукома. – 2007 – № 1. – С. 60-76.

2. Ильясова, Н. Ю. Диагностический комплекс анализа изображений сосудов глазного дна // Биотехносфера. – 2014 – №3(33) – С. 20-24.

3. Fraz, M.M. Blood vessel segmentation methodologies in retinal images / M. M. Fraz, P. Remagnino, A. Hoppe et al // Computer Methods Programs Biomed. – 2012 – Vol. 108(1). – P. 407-433.

4. Determination of blood flow velocity in vessels of the bulbar conjunctiva/ V. Fi-rago, A. Kubarko, O. Notra et al // Przegląd Elektrotechniczny. – 2016 - № 8(92). – P.105-108.

5. Гридин, Л. А. Современные представления о физиологических и лечебно-профилактических эффектах действия гипоксии и гиперкапнии / Л. А. Гридин // Медицина. – 2016. – № 3. – С. 45-67.

6. Mathematical modeling of dynamics of indicators of human gas exchange under hypoxia. / T.V. Matyushev, M.V. Dvornikov, A. V. Bogomolov et al // Ma-tematicheskoe modelirovanie – 2014 - №4 – P. 51-64