

<https://doi.org/10.25276/0235-4160-2019-2-24-29>
УДК 617.73

Анализ результатов сравнительного контрастирования внутренней пограничной мембраны современными агентами для хромовитрэктомии

В.Д. Захаров¹, Н.М. Кислицына¹, С.В. Новиков², С.В. Колесник¹, А.И. Колесник¹, М.П. Веселкова¹

¹ ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва;

² ООО «НЭП «МГ», Москва

РЕФЕРАТ

Цель. Оценить результаты сравнительного контрастирования внутренней пограничной мембраны (ВПМ) эндовитральным красителем «Membrane blue dual» и суспензией «Витреоконтраст» у пациентов со сквозными идиопатическими макулярными разрывами с применением методики цифровой колориметрии.

Материал и методы. 15 пациентам с идиопатическим макулярным разрывом диаметром более 400 мкм проводили трехпортовую 25 Гейдж витрэктомию, пилинг ВПМ по методике «инвертированного лоскута» с последующей воздушной тампонадой. При этом производили контрастирование ВПМ, условно разделив область макулы на 2 равные части, одну часть суспензией «Витреоконтраст», вторую – красителем Membrane Blue Dual. После видеорегистрации вмешательства производили сравнительную оценку контрастирующей способности агентов методом компьютерной колориметрии.

Результаты. При сравнительном колориметрическом анализе средняя Евклидова дистанция CIELAB для агента MembraneBlue® Dual между окрашенной ВПМ и соответствующим участком сетчатки без ВПМ составила 15,97±7,4, для суспензии «Витреоконтраст» –

22,87±6,67. Средняя Евклидова дистанция CIELAB для суспензии «Витреоконтраст» была статистически значимо выше на основании t-критерия Стьюдента, чем соответствующий показатель для красителя MembraneBlue® Dual при $p=0,012$. Выявленное более высокое значение Евклидовой дистанции для ВПМ, контрастированной суспензией «Витреоконтраст», позволяет утверждать, что при использовании данного агента восприятие интенсивности окрашивания ВПМ глазом хирурга будет объективно выше, чем при использовании раствора MembraneBlue® Dual.

Заключение. Суспензия «Витреоконтраст» обеспечивает более ярко воспринимаемое глазом хирурга, чем раствор MembraneBlue® Dual, интенсивное контрастирование ВПМ, эффективно и мгновенно оседая как на самой мембране, так и на возможных ЭРМ на ее поверхности. Она не теряет адгезии на протяжении всего хирургического вмешательства. Таким образом, суспензия «Витреоконтраст» может быть рекомендована в качестве альтернативы существующим агентам для контрастирования ВПМ.

Ключевые слова: Витреоконтраст, хромовитрэктомия, пилинг внутренней пограничной мембраны, макулярный разрыв. ■

Авторы не имеют финансовых или имущественных интересов в упомянутых материале и методах.

Офтальмохирургия. 2019;2:24–29.

ABSTRACT

Analysis of the results of comparative internal limiting membrane staining with modern chromovitrectomy agents

V.D. Zakharov¹, N.M. Kislicyna¹, S.V. Novikov², S.V. Kolesnik¹, A.I. Kolesnik¹, M.P. Veselkova¹

¹ The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow;

² The «NEP MG» Ltd., Moscow

Purpose. To assess the results of a comparative internal limiting membrane (ILM) staining with vital dye «Membrane blue dual» and suspension «Vitreococontrast» in patients with idiopathic macular holes using the computer colorimetry.

Material and methods. The study included 15 patients with idiopathic macular holes $\geq 400 \mu\text{m}$ which underwent the three-port 25 Gauge vitrectomy, ILM peeling using the «inverted flap» technique followed by air tamponade. In all cases, the macular region was divided provisionally into 2 equal parts, ILM within the first part was stained with

«Vitreococontrast» suspension, the second one with Membrane Blue Dual dye. After video recording of the intervention, a comparative assessment of agents staining ability was carried out using the computer colorimetry.

Results. In a comparative colorimetric analysis, the average Euclidean distance CIELAB MembraneBlue® Dual between the stained ILM and the corresponding region of ILM-free retina was 15.97±7.4, for «Vitreococontrast» suspension 22.87±6.67. The average Euclidean distance CIELAB for «Vitreococontrast» suspension was significantly higher according to t-test than the average Euclidean distance for MembraneBlue® Dual



dye at $p=0.012$. A revealed higher Euclidian distance for ILM, stained with «Vitrecontrast» suspension, suggests that when using this agent, the surgeon's eye perception of ILM staining intensity will be objectively higher than with MembraneBlue® Dual solution.

Conclusion. «Vitrecontrast» suspension provides a more vividly perceived staining of ILM for the surgeon's eye than MembraneBlue® Dual, effectively and instantly settling both on the membrane itself and on possible epiretinal membranes on its surface. It does not loose

adhesion throughout the entire surgical procedure. Thus, the suspension «Vitrecontrast» can be recommended as an alternative to existing agents for ILM staining.

Key words: Vitrecontrast, chromovitrectomy, peeling of the internal limiting membrane, macular hole. ■

No author has a financial or proprietary interest in any material or method mentioned.

Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2019;2:24–29.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Выделение пилинга внутренней пограничной мембраны (ВПМ) сетчатки как отдельного этапа эндовитреальной хирургии можно по праву назвать достижением офтальмохирургической техники последних двух десятилетий. Такие свойства ВПМ, как прозрачность, тонкость, стремление к «скручиванию» и слабая рефлексивность значительно затрудняют визуализацию мембраны при захвате, попытке ее отделения от подлежащей сетчатки, распознавании границ проведенного макулорексиса [1]. Именно поэтому изначально удаление ВПМ имело непреднамеренный характер и рассматривалось как осложнение хирургии при ретроспективном гистологическом анализе удаленных эпиретинальных мембран [2]. Позже была продемонстрирована целесообразность и сформулировано теоретическое обоснование проведения запланированного ВПМ-рексиса при таких патологиях, как персистирующий макулярный отек, макулярное отверстие, ЭРМ различной этиологии, миопический ретиношизис и др., в связи с чем были предложены различные методики улучшения визуализации ВПМ, включая модификации эндовитреальных осветителей, операционных микроскопов с большим полем обзора и глубиной резкости, контактных линз и бесконтактных оптических систем [3–7]. Однако наиболее значимым этапом в становлении пилинга ВПМ стало внедрение технологии интраоперационного окрашивания тонких полупрозрачных структур витреоретинального интерфейса – «хромовитректомии» [8]. Среди множества требований к агентам для

контрастирования ВПМ можно особо выделить необходимость максимально яркого цветового выявления мембраны на фоне подлежащей сетчатки и максимальную безопасность как в отношении клеточных структур сетчатки, так и в отношении глаза в целом. На сегодняшний день вышеуказанным требованиям в максимальной степени соответствуют такие агенты, как трипановый синий (ТС) и бриллиантовый синий (БС). Следует отметить, что ТС проявляет большую аффинность к эпиретинальным мембранам (ЭРМ), чем к ВПМ, так как клетки с неповрежденными клеточными мембранами не абсорбируют его, в отличие от клеток, утративших свою жизнеспособность. БС способен окрашивать как ВПМ, так и ЭРМ, но сродство агента к ЭРМ значительно ниже, чем ТС, однако данные литературы свидетельствуют о преимуществе БС как агента без доказанной цито- и фототоксичности [8–10]. Потому в качестве наиболее удобного, эффективного и при этом максимально безопасного контрастирующего агента как для мембраны, так и для фиброзных волокон на ее поверхности был разработан краситель MembraneBlue-Dual TM (DORC International, Zuidland, Нидерланды). Он сочетает в себе 0,025% БС и 0,15% ТС и в качестве компонента, повышающего вязкость и плотность раствора, дополнительно содержит в своем составе полиэтиленгликоль (ПЭГ). Данный водорастворимый краситель обеспечивает эффективное окрашивание ВПМ и волокон ЭРМ на поверхности ВПМ синего цвета, не оказывает токсического действия в отношении структур сетчатки при кратковременной экспозиции и не вызывает интра- и послеоперационных осложнений [11].

Помимо традиционных агентов для хромовитректомии, коллективом авторов был предложен новый агент для контрастирования ВПМ – суспензия на основе сульфата бария «Витреоконтраст». Суспензия «Витреоконтраст» представляет собой ультрадисперсную суспензию на основе нейтральной нетоксичной неорганической соли сульфата бария в изотоническом растворе с осмолярностью 300–350 мОсм, размером частиц менее 5 микрон и плотностью 4,4 г/см³. Кристаллы суспензии проявляют высокую аффинность как к ВПМ, так и ультратонким эпиретинальным мембранам и остаточным волокнам СТ на поверхности ВПМ, мгновенно оседая на них и сохраняя адгезию даже под действием ирригационных потоков. Авторами было отмечено эффективное стойкое окрашивание ВПМ белого цвета в хирургии макулярных разрывов с достижением высоких функциональных результатов и экспериментально доказана безопасность внутриглазного применения суспензии «Витреоконтраст» [12, 13].

Традиционно сравнительная оценка контрастирующей способности различных агентов для хромовитректомии имеет субъективный характер и осуществляется по разрабатываемым в каждом отдельном исследовании балльным шкалам. Например, в клиническом исследовании интенсивности окрашивания ВПМ и ЭРМ при применении растворов MembraneBlue-Dual и ILM-Blue TM (DORC International) (раствора, содержащего только

Для корреспонденции:

Кислицына Наталья Михайловна,
канд. мед. наук, врач-офтальмолог
ORCID ID: 0000-0001-7360-5770
E-mail: natalikislitsin@yandex.ru

0,025% БС и 4% ПЭГ) субъективная оценка эффективности визуализации мембран по шкале от 1 (слабо) до 10 (очень интенсивно) показала значения 8 (± 2) для MembraneBlue-Dual, в то время как для ILM-Blue оценка составляла 6 (± 3) [15].

Однако современные достижения в области оптоэлектроники позволили получать диагностические и интраоперационные видео- и фотозображения с высоким разрешением и точной цветопередачей, при этом полученные цифровые данные, представляющие изображение, можно трансформировать в последовательность чисел, доступных для анализа на персональном компьютере, что позволило внедрить технологию объективной компьютерной колориметрии.

Данная технология позволила отечественным офтальмологам Линник Л.Ф., Иойлевой Е.Э. создать метод компьютерного колориметрического анализа ДЗН, разработать статистические колориметрические эталоны основных видов патологии зрительного нерва и установить критерии прогнозирования результатов лечения по колориметрическим параметрам [16-19]. Ряд зарубежных исследователей предлагали модификации колориметрического анализа, проведя на их основе объективное сравнение интенсивности окрашивания ВПМ индоцианином зеленым (ИЦЗ) и ТС. Также были исследованы интенсивность окрашивания эпиретинальных мембран и ВПМ при применении различных моделей эндоосветителей [20-22]. Таким образом, метод компьютерной колориметрии зарекомендовал себя объективным количественным методом сравнительной оценки различных красителей в офтальмохирургии. Интересным является исследование контрастирующей способности современных красителей для витреомакулярной хирургии с целью оценки их способности к визуализированию структур витреомакулярного интерфейса при помощи данной методики.

ЦЕЛЬ

Оценить результаты сравнительного контрастирования внутренней пограничной мембраны эндо-

витрельным красителем «Membrane blue dual» и суспензией «Витреоконтраст» у пациентов со сквозными идиопатическими макулярными разрывами с применением методики цифровой колориметрии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование включало 15 пациентов (15 глаз) с диагнозом идиопатического макулярного разрыва 3-4 стадии (по Gass). Во всех случаях не было сопутствующей патологии и предыдущих хирургических вмешательств. Минимальный диаметр макулярного разрыва составлял от 414 до 1750 мкм, длительность симптомов МР составляла от 7 мес. до 7 лет.

Всем пациентам выполняли стандартную трехпортовую 25 Gauge закрытую витрэктомию с использованием офтальмологической установки Constellation Vision System (Alcon, США).

На расстоянии 4 мм от лимба устанавливали 3 порта 25 Gauge в зоне проекции плоской части цилиарного тела на 2.30, 4.00 и 9.30 часах. К порту на 4 часах подсоединяли инфузионную систему. Через порт на 2.30 часах вводили осветитель, через порт на 9.30 часах – рабочий инструмент, частота реза ножа наконечника витреотома менялась в пределах от 3000 до 6500 резов в минуту при величине вакуума от 50 до 650 мм рт.ст.

После проведения срединной витрэктомии и хирургической индукции задней отслойки стекловидного тела методом активной аспирации проводили введение раствора MembraneBlue® Dual (DORC, Нидерланды) в объеме 0,1 мл на область макулы, ограничиваясь зоной от нижней височной сосудистой аркады до фовеолы. Расстояние до заднего полюса на момент введения составляло приблизительно 3 мм. Экспозиция красителя составляла 1 минуту, после чего проводили пассивную аспирацию излишков красителя. Далее вводили 0,1 мл суспензии «Витреоконтраст» на область макулы, при этом ограничивались зоной от верхней височной сосудистой аркады до фовеолы (рис. 1).

Сразу после оседания суспензии на поверхности ВПМ проводили

ли пассивную аспирацию излишков агента. После визуального осмотра макулярной области приступали к формированию фрагментов ВПМ при помощи 25G концевых захватывающего пинцета Constellation Grieshaber Revolution (Alcon, США). Формирование лоскута ВПМ начинали в 2,0-2,5 мм к верхневисочной аркаде от края разрыва. С помощью микропинцета в указанной точке щипком отделяли участок ВПМ от сетчатки, затем, захватив пинцетом кончик ВПМ, проводили отсепаровку мембраны на протяжении 2-3 часовых меридианов движением, направленным по дуге воображаемой окружности с МР в центре, при этом контролировали, чтобы не происходило отделения ВПМ от края разрыва. Затем перехватывали отделенную по дуге ВПМ в конечной точке и продолжали отсепаровку ВПМ. Путем последовательных перехватов пинцетом краев отсепаровываемого участка ВПМ производили круговое отделение ВПМ вокруг макулярного разрыва без полного отрыва данного фрагмента. Далее с помощью витреотома в режиме «shave» производили подравнивание обращенных в витреальную полость краев отсепарованного кольцевого фрагмента ВПМ, после чего укладывали лоскут ВПМ в инвертированной манере внутрь макулярного разрыва и аккуратным движением прижимали в направлении к центру фовеолы.

На завершающем этапе операции приступали к воздушной тампонаде витреальной полости. Когда над разрывом оставался небольшой слой жидкости, заводили канюлю для пассивной аспирации и удаляли жидкость: сначала над областью разрыва, затем над поверхностью ДЗН. Извлекали порты и герметизировали склеральные доступы. Операцию завершали субконъюнктивальной инъекцией 0,5 мл 0,4% раствора дексаметазона.

Все этапы хирургического вмешательства, в том числе пилинг ВПМ, регистрировали при помощи цифровой видеокамеры Panasonic LQ-MD800E (Panasonic Corporation, Осака, Япония), соединенной с операционным микроскопом OMS-800 OFFISS (Topcon, Япония). Перед каждой съемкой проводили рутинную настройку экспозиции и кали-

бровку, приводя баланс белого записывающей системы в соответствии со стандартизированным образцом (Xpro-Balance; Lastolight Ltd., Coalville, Leicestershire, Великобритания). Все видеообразцы после проведения хирургии были просмотрены и оценены оперирующим хирургом на предмет грубого несоответствия полученного изображения, видимому в окуляры микроскопа. При этом отбирали образцы видеозаписей с наиболее высоким качеством изображения и максимальным контрастированием ВПМ в пределах сосудистых аркад. Образцы изображений переносили для анализа в компьютерную программу для изучения медико-биологических изображений Image J (National Institutes of Health, США). Далее на данных изображениях проводили выделение областей интереса (Region of interest) по методике анализа одного агента на основе серии изображений (Multiple image method) для каждого из агентов:

1. Выделение одной и той же области ВПМ, окрашенной красителем Membrane Blue Dual до и после мембранопилинга на изображениях, полученных в разные моменты времени.

2. Выделение одинаковой области ВПМ, окрашенной суспензией «Витреоконтраст». То есть одна и та же область интереса была анализирована в различные моменты времени – до и после мембранопилинга.

Для сравнительного колориметрического анализа применяли методику, разработанную в 1942 г. MacAdam. Она основана на его систематическом эмпирическом анализе человеческого зрительного восприятия цветовых различий и разработанной на основании этих наблюдений хроматической диаграммы, позволяющей вычислять разницу интенсивности воспринимаемого цветового контраста. Позже эта диаграмма была адаптирована и стала применима в качестве цветового пространства CIELAB (CIE 1976L*, a*, b*), в котором цвета представлены в соответствии с их распознаванием человеческим глазом. Для определения цветовых ощущений конкретного человека и восприятия их различий, как это требуется для оценки различных аген-

тов для хромовитректомии, необходимо преобразование аппаратных значений устройства (модели RGB) в цветовую координатную систему CIE L*, a*, b* (где CIE – это аббревиатура для обозначения Commission international de l'éclairage [франц.] Международной комиссии по освещению) и математическое вычисление разницы между полученными показателями цветов. Это цветовое пространство отражает универсальное восприятие и изменения равной зрительной выраженности в равной дистанции в пределах цветового пространства (Евклидово расстояние). Евклидово расстояние может быть рассмотрено как прямое измерение силы воспринимаемого контраста.

Таким образом, для выявления цветового контраста между двумя выбранными областями интереса в каждой из методик, с помощью программного обеспечения Image J сначала вычислили средний цвет всех пикселей в пределах каждой из двух ограниченных областей интереса. Средний цвет получали как средний показатель RGB всех пикселей выбранной области интереса, где использовалась компьютерная кодировка цвета в системе RGB (от 0 до 256), использующая принцип разложения каждого участка на цветовые составляющие (красный, синий и зеленый) в 256 градациях яркости.

Далее полученные показатели нормализовали к стандартной шкале CIE 1976 L*a*b* при помощи программного обеспечения MATLAB (версия R2011b, Mathworks, Natick, MA). При переводе изображений в цветовое пространство CIELAB получали значения, выраженные в показателях L, a, b.

Для подсчета цветового различия использовали формулу:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2},$$

где:

ΔE^*_{ab} – Евклидово расстояние двух областей интереса,

L*1 – показатель освещения первой области интереса,

a*1 – показатель оси «красный-зеленый» первой области интереса,

b*1 – показатель оси «синий-желтый» первой области интереса.

L*2 – показатель освещения второй области интереса,

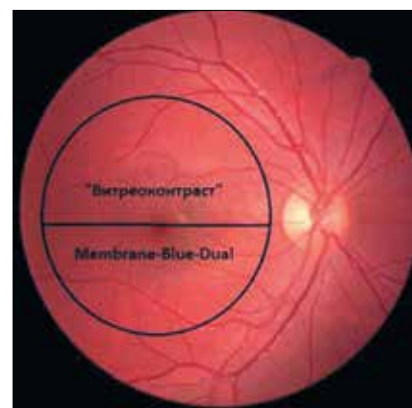


Рис. 1. Нанесение красителей на макулярную область

Fig. 1. Dye application on the macular area

a*2 – показатель оси «красный-зеленый» второй области интереса,

b*2 – показатель оси «синий-желтый» второй области интереса.

Всего было проведено 100 измерений.

Анализ данных проводился при помощи компьютерной программы Microsoft Excel и программного обеспечения Statistica 6. Нормальность распределения была определена по формуле Колмогорова-Смирнова и все измерения характеризовались нормальным распределением. Значение $P \leq 0,05$ рассматривали как статистически значимое для всех t-тестов исследования. Данные были представлены в форме интервальной диаграммы box-and-whisker.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Во всех случаях после введения красителей наблюдали видимое изменение цвета ВПМ. При контрастировании ВПМ суспензией «Витреоконтраст» наблюдали более выраженную цветовую границу между контрастированным и неконтрастированным участком ВПМ. После пилинга ВПМ граница между участком сетчатки без ВПМ и с сохранной ВПМ была различима при применении каждого из агентов. При манипуляции с ВПМ согласно технологии «инвертированного лоскута» мембрана, окрашенная красителем Membrane Blue dual, была подвижна и в некоторых положениях, будучи обращенным в витреальную



Рис. 2. Интраоперационная регистрация глазного дна пациента с макулярным разрывом после введения раствора MembraneBlue® Dual и суспензии «Витреоконтраст» до проведения пилинга ВПМ. Непрерывной линией обозначены области интереса для колориметрического анализа. Верхний квадрат соответствует участку контрастирования суспензией «Витреоконтраст», нижний – раствором MembraneBlue® Dual

Fig. 2. Intraoperative fundus video-registration of a patient with a macular hole after injection of MembraneBlue® Dual solution and «Vitreocontrast» suspension prior to ILM peeling. A continuous line indicates regions of interest for colorimetric analysis. The upper square corresponds to the staining site with «Vitreocontrast» suspension, the lower one corresponds to MembraneBlue® Dual solution

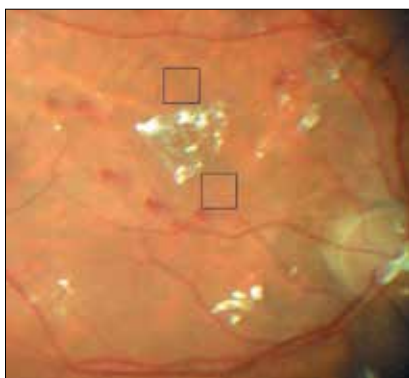


Рис. 3. Интраоперационная регистрация глазного дна пациента с макулярным разрывом после пилинга ВПМ. Непрерывной линией обозначены области интереса для колориметрического анализа. Верхний квадрат соответствует участку ранее контрастированному суспензией «Витреоконтраст», нижний – раствором MembraneBlue® Dual

Fig. 3. Intraoperative fundus video-registration of a patient with macular hole after ILM peeling. A continuous line indicates regions of interest for colorimetric analysis. The upper square corresponds to the area previously stained with «Vitreocontrast» suspension, the lower one – with MembraneBlue® Dual solution

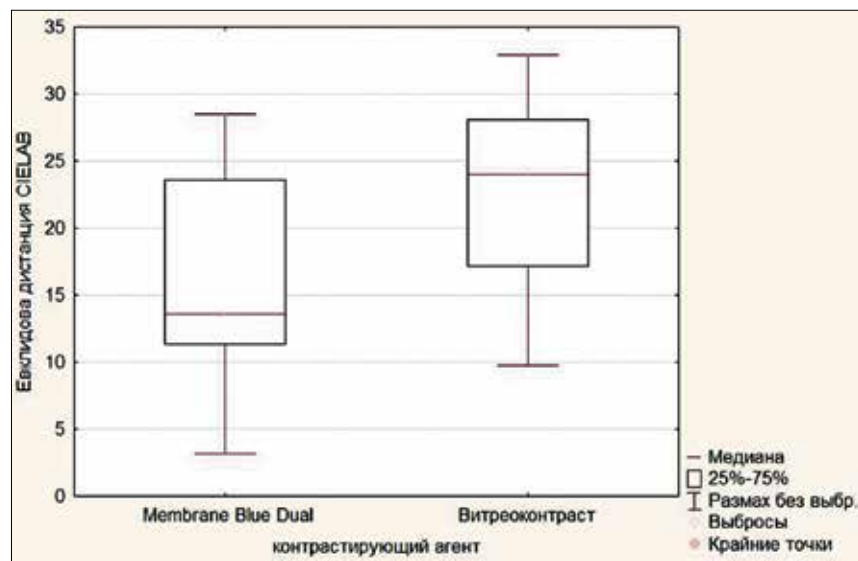


Рис. 4. Диаграмма размаха (box-and-whisker «коробка с усами») с медианой в качестве значения средней точки. На оси ординат отложен показатель CIELAB (Евклидова дистанция)

Fig. 4. A span chart (box-and-whisker) with a median as the midpoint value. The CIELAB (Euclidean distance) indicator is plotted on the ordinate axis

полость, ее край визуализировался недостаточно четко, что осложняло пространственное ориентирование и захват края, а также вынуждало хи-

рурга отключать подачу ирригационной жидкости с целью уменьшения подвижности фрагмента ВПМ. В случае с контрастированием ВМП

суспензией «Витреоконтраст» край отделенного фрагмента ВПМ контрастировался достаточно ярко, его захват эндовитреальным пинцетом не представлял сложности ни в одном случае.

При проведении колориметрического анализа по методу Multiple image method после видеорегистрации хирургических вмешательств для каждого пациента были получены снимки, на которых были выделены области интереса размером 60×60 пикселей вначале до удаления ВПМ с наиболее интенсивным ее контрастированием каждым из агентов (рис. 2), затем соответствующие по локализации участки сетчатки после удаления ВПМ (рис. 3). При сравнительном колориметрическом анализе средняя Евклидова дистанция CIELAB для агента MembraneBlue® Dual между окрашенной ВПМ и соответствующим участком сетчатки без ВПМ составила $15,97 \pm 7,4$, для суспензии «Витреоконтраст» – $22,87 \pm 6,67$. На основании полученных данных была построена диаграмма размаха с медианой (рис. 4) в качестве значения средней точки.

Средняя Евклидова дистанция CIELAB для суспензии «Витреоконтраст» была статистически значимо выше на основании t-критерия Стьюдента, чем соответствующий показатель для красителя MembraneBlue® Dual при $p=0,012$. Все хирургические вмешательства в данном исследовании проводили при использовании одного и того же ртутного осветителя, что позволяет проводить сравнение полученных показателей.

Выявленное более высокое значение Евклидовой дистанции для ВПМ, контрастированной суспензией «Витреоконтраст», позволяет утверждать, что при использовании данного агента восприятие интенсивности окрашивания ВПМ глазом хирурга будет объективно выше, чем при использовании раствора MembraneBlue® Dual.

Дополнительно при анализе видеозаписей для колориметрического анализа проводили анализ изменения интенсивности окрашивания ВПМ суспензией «Витреоконтраст». При этом оценивали одинаковый участок ВПМ в зоне, не под-

вергшейся пилингу, на различных видеоизображениях (сначала сразу после введения контрастирующего агента (рис. 5), затем перед проведением воздушной тампонады (рис. 6)).

При этом во всех случаях участок контрастирования ВПМ суспензией «Витреоконтраст» сохранял изначальную яркость окрашивания на всех этапах хирургического вмешательства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объективный анализ контрастирующих свойств современных агентов для контрастирования ВПМ методом компьютерной колориметрии продемонстрировал достоверное преимущество применения суспензии «Витреоконтраст» по сравнению с традиционным водорастворимым красителем Membrane blue dual. Суспензия «Витреоконтраст» обеспечивает более ярко воспринимаемое глазом хирурга выраженное контрастирование ВПМ, эффективно и мгновенно оседая как на самой мембране, так и на возможных ЭРМ на ее поверхности. Она не теряет адгезии на протяжении всего хирургического вмешательства и позволяет выполнять прецизионные манипуляции с ВМП и другими структурами витреомакулярного интерфейса. Таким образом, суспензия «Витреоконтраст» может быть рекомендована в качестве альтернативы существующим агентам для контрастирования ВПМ.

ЛИТЕРАТУРА

- Burk S.E., Da Mata A.P., Snyder M.E., et al. Indocyanine green-assisted peeling of the internal limiting membrane. *Ophthalmology*. 2000;107: 2010-2014. Available from: doi.org/10.1016/s0161-6420(00)00375-4.
- Sivalingam A., Eagle R., Duker J., Brown G., Benson W., Annesley W. and Federman J. Visual Prognoses Correlated with the Presence of Internal-limiting Membrane in Histopathologic Specimens Obtained from Epiretinal Membrane Surgery. *Ophthalmology*. 1990;97(11): 1549-1552. Available from: doi.org/10.1016/s0161-6420(90)32378-3.
- Bovey E.H., Gonvers N. A new device for noncontact wide-angle viewing of the fundus during vitrectomy. *Arch. Ophthalmol.* 1995;113(12): 1572-1573. Available from: doi.org/10.1001/archophth.1995.01100120104023.
- Peyman G.A., Livir-Rallatos C., Canakis C., Conway M.D. An adjustable-tip brush for the induction of posterior hyaloid separation and epiretinal membrane peeling. *Am J Ophthalmol.* 2002;133(5): 705-707. Available from: doi.org/10.1016/s0002-9394(02)01342-9.



Рис. 5. На интраоперационной видеорегистрации глазного дна выделен участок ВПМ после введения суспензии «Витреоконтраст»

Fig. 5. On the intraoperative fundus videoregistration, the ILM area after administration of the Vitreocontrast suspension was defined

5. Yoo H.S., Brooks H.L. Jr, Capone A. Jr, L'Hernault N.L., Grossniklaus H.E. Ultrastructural features of tissue removed during idiopathic macular hole surgery. *Am J Ophthalmol.* 1996;122(1): 67-75. Available from: doi.org/10.1016/s0002-9394(14)71965-8.

6. Kanda S., Uemura A., Sakamoto Y., Kita H. Vitrectomy with internal limiting membrane peeling for macular retinoschisis and retinal detachment without macular hole in highly myopic eyes. *Am J Ophthalmol.* 2003;Jul;136(1): 177-80. Available from: doi.org/10.1016/s0002-9394(03)00243-5.

7. Kobayashi H., Kishi S. Vitreous surgery for highly myopic eyes with foveal detachment and retinoschisis. *Ophthalmology*. 2003;Sep;110(9): 1702-7. Available from: doi.org/10.1016/s0161-6420(03)00714-0.

8. Rodrigues E.B., Meyer C.H., Kroll P. Chromovitrectomy: a new field in vitreoretinal surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2005;Apr; 243(4): 291-3. Available from: doi.org/10.1007/s00417-004-0992-x.

9. Joondeph B. Use of membrane blue in ILM and ERM peeling. *Retinal Physician*. 2009;6(7): 54-56.

10. Enaida H., Hisatomi T., Goto Y. et al. Pre-clinical investigation of internal limiting membrane staining and peeling using intravitreal brilliant blue G. *Retina*. 2006;26(6):623-630. Available from: doi.org/10.1097/01.iae.0000236470.71443.7c.

11. Mohr A., Bruinsma M., Oellerich S. et al. International Chromovitrectomy Collaboration. Dyes for eyes: hydrochromic, biocompatibility and efficacy of 'heavy' (dual) dyes for chromovitrectomy. *Ophthalmologica*. 2013;230(suppl. 2): 51-58. Available from: doi.org/10.1159/000353870.

12. Кислицына Н.М., Новиков С.В., Белый Ю.А. и др. Клинико-морфологическое исследование влияния суспензии «Витреоконтраст» на ткани глаза кроликов. *Офтальмохирургия*. 2011;4: 59. [Kislitsyna N.M., Novikov S.V., Bely Yu.A., Shatskikh A.V., Belikova S.V. Clinical and morphological study of the effect of Vitreocontrast suspension on the eye tissue of rabbits. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2011;4: 59. (in Russ.)]

13. Захаров В.Д., Кислицына Н.М., Новиков С.В. и др. Анализ результатов хирургического лечения макулярных разрывов большого диаметра с применением различных модификаций методики инвертированного лоскута с использованием в качестве контрастирующего агента оригинальной суспензии «Витреоконтраст». *Практическая медицина*. 2018;16(05): 128-134. [V.D. Zakharov, N.M. Kislitsyna, S.V. Novikov, S.V. Kolesnik, A.I. Kolesnik, M.P. Veselkova Surgical treatment of large macular holes by various modifications of the «inverted flap» technique using original suspension «Vitreocontrast» as a contrast agent. *Practical Medicine*. 2018;16(5): 128-134. (in Russ.)]

14. Линник Л.Ф., Иойлева Е.Э., Антропов Г.М., Чернов Д.А. Диагностическая ценность видеоофтальмографического метода анализа головки зри-



Рис. 6. На интраоперационной видеорегистрации глазного дна выделен участок ВПМ, контрастированный суспензией «Витреоконтраст» на этапе после проведения мембранопилинга

Fig. 6. On the intraoperative fundus videoregistration, the ILM area after administration circumferential membrane peeling is defined

тельного нерва при его частичной атрофии. *Офтальмохирургия*. 1994;1: 23-32. [Linnik L.F., Ioyleva E.E., Antropov G.M., Chernov D.A. The diagnostic value of the video ophthalmographic method of analysis of the optic nerve head during its partial atrophy. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 1994;1: 23-32. (in Russ.)]

15. Линник Л.Ф., Иойлева Е.Э., Богущ В.П. и др. Новая компьютерная автоматизированная система диагностики заболеваний зрительного нерва. *Офтальмохирургия*. 2001;2(2): 45-52. [Linnik L.F., Ioyleva E.E., Bogush V.P., Persits Z.M., Volkov D.A., Tesler M.E. New computer automated system for diagnosing diseases of the optic nerve. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2001;2(2): 45-52. (in Russ.)]

16. Иойлева Е.Э. Возможности компьютерного колориметрического анализа диска зрительного нерва в ранней диагностике глаукомы. *Офтальмохирургия и терапия*. 2002;1(2): 25-28. [Ioyleva E.E. Possibilities of computerized colorimetric analysis of the optic nerve head in the early diagnosis of glaucoma. *Oftalmokhirurgiya i terapiya*. 2002;1(2): 25-28. (in Russ.)]

17. Иойлева Е.Э., Гаврилова Н.А. Особенности колориметрической картины диска зрительного нерва при диабетической оптической нейропатии. *Офтальмохирургия и терапия*. 2005;1: 34-37. [Ioyleva E.E., Gavrilova N.A. Features of the colorimetric picture of the optic nerve in diabetic optic neuropathy. *Oftalmokhirurgiya i terapiya*. 2005;1: 34-37. (in Russ.)]

18. Иойлева Е.Э., Волков Д.А., Теслер М.Э., Сталь А.Н. Диагностика патологии зрительного нерва на основе метода колориметрического анализа с применением нейросетевых технологий. *Таврический медицинско-биологический вестник*. 2013;3(2): 86-90. [Ioyleva E.E., Volkov D.A., Tesler M.E., Stal A.N. Diagnosis of the pathology of the optic nerve based on the method of colorimetric analysis using neural network technologies. *Tavricheskii mediko-biologicheskii vestnik*. 2013;3(2): 86-90. (in Russ.)]

19. Henrich P.B., Priglinger S.G., Haritoglou C. et al. Quantification of Contrast Recognizability during Brilliant Blue G- and Indocyanine Green-Assisted Chromovitrectomy Investigative Ophthalmology & Visual Science. 2011;52(7): 4345-9. Available from: doi.org/10.1167/jovs.10-6972.

20. Henrich P.B., Valmaggia C., Lang C., Cattin P.C. The price for reduced light toxicity: Do endoillumination spectral filters decrease color contrast during Brilliant Blue G-assisted chromovitrectomy? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2014;252(3): 367-374. Available from: doi.org/10.1007/s00417-013-2461-x.

21. Henrich P.B., Priglinger S.G., Haritoglou C. et al. Quantification of contrast recognizability in sequential epiretinal membrane removal and internal limiting membrane peeling in trypan blue-assisted macular surgery. *Retina*. 33(4): 818-824. Available from: doi.org/10.1097/IAE.0b013e318271f25.

Поступила 14.01.2019 г.