



## **ВЛИЯНИЕ ВИТРЕОРЕТИНАЛЬНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА ОПТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ ГЛАЗА**

© Л. И. Балашевич<sup>1</sup>, С. В. Анкудинова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургская медицинская академия последипломного образования

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский филиал ГУ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова

✧ Витреоретинальные операции сопровождаются нарушением формы глазного яблока и анатомо-топографических взаимоотношений элементов оптической системы глаза. Эти изменения чаще транзиторны. В зависимости от вида и техники операции, от расположения пломбы изменяются кривизна роговицы, ПЗО, глубина передней камеры. Применение силиконового масла может проводиться совместно с фактоэмульсификацией, что требует поправки при расчете ИОЛ. В литературе очень малое количество работ посвящено изучению тонких изменений, характеризующих качество оптической системы глаза. Аберрации высших порядков коррелируют с локализацией склерального пломбирования или локализацией склеральных швов при витрэктомии. Но даже фокальные нарушения могут приводить к ухудшению зрительных функций.

✧ **Ключевые слова:** Аберрации высшего порядка, оптическая система глаза, рефракция, витреоретинальная хирургия, витрэктомия

Оптическая система глаза после любой витреоретинальной операции претерпевает изменения, что является одним из факторов, оказывающих влияние на функциональный исход лечения. Выраженность и значимость таких изменений зависят от типа и техники операции, возраста пациента и использования тампонирующих веществ, таких как силиконовое масло [47]. Совершенствование методов диагностики позволило в настоящее время измерять даже небольшие изменения оптической системы.

### **ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРЕДНЕЗАДНЕЙ ОСИ ГЛАЗА**

Ранние исследования были посвящены изменению переднезадней оси глаза (ПЗО), спровоцированному операциями при отслойке сетчатки. Сначала это были резекция склеры и рифление, а затем склеральное пломбирование. При операции рифления склеры отмечена прямая зависимость между протяженностью рифления и степенью укорочения ПЗО [4]. Резекция склеры уменьшает длину глаза, и происходит сдвиг в сторону гиперметропии [3, 13, 48, 51]. М. Rosenthal в своей работе сообщил о значительной гиперметропии и астигматизме, вплоть до 5,0 дптр, в первую неделю после резекции склеры, однако постепенно, к шестому месяцу после резекции, рефракционная кривая возвращалась к исходному состоянию [3, 48]. Э. В. Коваль отметила, что после операции локального вдавления склеры происходит укорочение ПЗО на 0,41 мм, затем эффект укорочения уменьшается; размеры глаз у 23,3 % пациентов пришли к исходным параметрам [4, 5].

Теоретически склеральное пломбирование должно приводить к миопизации глаза. Однако на практике полученные результаты вариабельны [5, 6, 14, 58]. По данным литературы может наблюдаться как укорочение глазного яблока по ПЗО [4, 22], так и удлинение [24, 57]. S. Grupposo (1965 год) наблюдал значительные сферические изменения более чем в 5 дптр [29]. В 1977 году Т. С. Burton с соавт. опубликовали результаты склерального пломбирования на 12 афакичных и 18 факичных глазах [14]. В первые 6 недель после операции в 60 % наблюдалось значительное изменение ПЗО глаза, однако эти изменения были непредсказуемыми. Приблизительно в половине случаев наблюдалось значительное удлинение, и в половине случаев значительное укорочение оси глаза после операции. Л. Л. Устименко (1972), определяя изменение размеров глаз при помощи одномерной ультразвуковой эхографии, отмечает укорочение длины глаза [4].

При морфологическом исследовании глаз, которые ранее подверглись операции склерального пломбирования, М. L. Rubin определил корреляцию между сдвигом в сторону миопии и высотой пломбы, однако слишком сильное вдавление приводило к сдвигу в сторону гиперметропии [49].

Э. В. Коваль получила данные, что склеропластические операции не оказывают существенного влияния на состояние переднего отдела глаза. Удлинение ПЗО происходит за счет заднего отдела. Горизонтальный и вертикальный диаметры глаза

удлинялись незначительно. Степень укорочения ПЗО и диаметров глаз не превышала 2,06 мм и чаще всего изменялась при циркляже по Арруга. Наибольшая разница в объеме глаз наблюдалась после огневого вдавления склеры [4].

J. S. Larsen и P. Syrdalen выявили стойкое удлинение оси глаза на 1 мм во всех исследованиях, результирующее в сдвиге рефракции на  $-2,5$  дптр [37]. Удлинение происходило в заднем отрезке глаза (витреальной полости), с минимальными изменениями глубины передней камеры и толщины хрусталика. Они сделали вывод, что послеоперационная рефракция зависит от вида использованной хирургической техники.

M. J. Harris et al. подтвердили эти данные морфологическими исследованиями. Они обнаружили, что тип пломбы и техника прямо влияют на послеоперационную рефракцию [30]. Чем больше было горизонтальное вдавление с помощью тонкой твердой силиконовой ленты, тем выше высота пломбы и длина глаза. Более толстые элементы увеличивают длину при горизонтальном укорочении, но уменьшают длину при применении техники инвагинации.

A. A. Юмашева с соавт. определили прямую зависимость между силой стяжения, высотой вала и удлинением оси [11]. По их данным при использовании силиконовых пломб увеличение вала вдавления происходило в сроки от 24 часов до 14 суток с последующим его уплощением; соответственно изменялась и длина оси.

W. E. Smiddy et al. также определили корреляцию между типом пломбы и удлинением оси глаза [54]. Циркляж увеличивает длину глаза приблизительно на 0,99 мм, что приводит к сдвигу на  $-2,75$  дптр, в то время как операции без применения циркляжа изменяют ПЗО лишь на 0,26 мм, соответственно  $-0,31$  дптр [1, 9].

### **ИНДУЦИРОВАННЫЙ АСТИГМАТИЗМ ПОСЛЕ РЕТИНАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ**

Склеральное пломбирование приводит к непредсказуемому изменению кривизны роговицы и данных кератометрии. В литературе нет четких данных о том, преходящий ли это астигматизм или постоянный. В 1958 году I. Givner и D. Karlin [27] описали случай возникновения астигматизма 3,0 дптр сразу после операции, который уменьшился до 0,5 дптр через 7 месяцев. Другие исследователи также описывали незначительные преходящие нарушения и возникновение послеоперационного роговичного астигматизма [35, 60]. Ю. Е. Горячев наблюдал уменьшение астигматизма через 6 месяцев после операции [2].

T. C. Burton наблюдал индуцированный тяжелый персистирующий нерегулярный астигматизм после операций склерального пломбирования с эписклеральными силиконовыми пломбами [15]. R. Goel et al. сравнили радиальное и меридиональное пломбирование [28]. Их данные свидетельствуют о том, что радиальное пломбирование статистически достоверно вызывает больше астигматических нарушений (больше 2 дптр). Более того, они показали, что хотя небольшой астигматизм является временным, значительный астигматизм (более 3,0 дптр), как правило, стойкий. W. E. Smiddy et al. обнаружили умеренный индуцированный астигматизм, но не нашли корреляции между положением пломбы (радиальная или нерадиальная ориентация) и величиной астигматизма [54].

M. M. Slusher et al. проанализировали 7 случаев тяжелого астигматизма после pars plana витректомии (PPV) [53]. В большинстве случаев для уменьшения астигматизма требовалось ослабление шва. Они установили, что повторная PPV и полная тампонада воздухом или газом являются факторами риска для развития астигматизма вследствие тугого затягивания швов на операционной ране. Как правило, индуцированный астигматизм является незначительным и транзиторным, но могут наблюдаться и значительные изменения, особенно при PPV с полной тампонадой газом или воздухом.

### **ИЗМЕНЕНИЕ КЕРАТОТОПОГРАФИИ ПОСЛЕ РЕТИНАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ**

Недавно потенциально более значимые отклонения формы роговицы были оценены при помощи кератотопографии. Несмотря на то что кератотопография измеряет общие изменения формы роговицы, может быть диагностирован неправильный астигматизм — фокальные отклонения кривизны роговицы, которые не могут быть интерпретированы одним лишь меридианом роговицы, но могут снижать остроту зрения. Дополнительные параметры помогли провести количественную оценку неправильного астигматизма. Эти параметры включают в себя SRI, или surface regularity index, и SAI, surface asymmetry index [62]. Индекс SRI характеризует правильность и оптическое качество центра роговицы и коррелирует с показателем остроты зрения с коррекцией [62]. Индекс SAI характеризует асимметрию поверхности, эта величина менее значима, но все же важна в определении оптических характеристик роговицы.

Согласно данным D. Weinberger et al., циркулярное пломбирование само по себе вызывает увеличение кривизны роговицы только на 0,4 дптр

по сравнению со всей роговицей, но более 2,0 дптр в центральной части роговицы в первую неделю после операции [61]. дополнительное вдавление отдельными пломбами кривизну роговицы в целом, но не оказывает влияния на кривизну центральной части роговицы. В целом витрэктомия оказывает незначительный эффект на топографию роговицы, однако она приводит к увеличению кривизны роговицы в центральной части от 1 до 1,5 дптр, что коррелирует с локализацией входного порта. Эти изменения преходящи; они явственно существуют на первой послеоперационной неделе, но на 12-й неделе у всех пациентов происходит восстановление до нормальных величин [61]. K. Ornek et al. также обнаружили преходящее повышение кривизны роговицы в центре и рекомендовали воздержаться от выписывания очков пациентам в течение 6 или более месяцев после операции. Средняя величина индуцированного астигматизма составила 0,7 дптр [45].

Топографический анализ показал две модели увеличения кривизны роговицы после склерального пломбирования. Циркляж вызывает как однородное увеличение центральной кривизны, так и сочетание увеличения кривизны и уплощения ее в противоположных областях, в то время как локальное или сегментарное пломбирование вызывает увеличение кривизны роговицы в соответствующих меридианах [12, 21, 31]. Величины SRI и SAI повышаются, свидетельствуя об увеличении неправильности поверхности и асимметрии [31].

Диаметр шва, герметизация раны и коагуляция влияют на кривизну роговицы после PPV (C. Wirbelaue et al.): происходит астигматический сдвиг оси в меридианах, соответствующих области склеротомии [63]. C. Wirbelaue с соавт. рекомендует использовать малый диаметр рассасывающихся швов, избегая чрезмерного затягивания швов во время герметизации, и применять минимальную коагуляцию для уменьшения этого эффекта.

Сравнение результатов трансконъюнктивальной бесшовной 25G-витрэктомии и 20G-витрэктомии [43] показало, что после 20G-витрэктомии статистически достоверно более выражен правильный астигматизм, асимметрия и уровень аберраций высшего порядка в течение двух недель после операции. Трансконъюнктивальная 25G-витрэктомия не вызывает значительных изменений кератотопографии.

Некоторое снижение максимальной остроты зрения с коррекцией после склерального пломбирования или PPV, раньше относимое к макулярной дисфункции, на самом деле может быть связано с неправильным роговичным астигматизмом [47].

## ИЗМЕНЕНИЕ АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ ПЕРЕДНЕЙ КАМЕРЫ ГЛАЗА

Изменения передней камеры после PPV были изучены как в раннем, так и позднем послеоперационном периоде. В раннем послеоперационном периоде изменения могут приводить к осложнениям. Такие изменения включают уменьшение глубины передней камеры [32], сужение угла передней камеры [32] и отслойку цилиарного тела [16, 32, 38, 40]. Эти изменения могут обуславливать преходящие изменения, такие как глаукома [25] или гипотония [40]. J. V. Fiore, J. C. Newton (1970) кроме уменьшения глубины передней камеры обнаружили утолщение роговицы [23].

F. A. Marigo et al. [39] проанализировали морфологические изменения передней камеры после pars plana витрэктомии (PPV) у 20 пациентов. Для количественного анализа определялись пять стандартных ультрабиомикроскопических морфометрических параметров (измерения в мкм): центральная глубина передней камеры (ACD); открытие угла на расстоянии 500 мкм от склеральной шпоры (AOD), дистанция трабекула-цилиарные отростки (TCPD), толщина цилиарного тела (CBT) 1,2 и 3 мм от склеральной шпоры (CBT1, CBT2, CBT3) и толщина (перпендикулярно к склере) супрацилиарной жидкости (SF), если она обнаруживалась.

Статистически значимых различий в параметрах до и после витрэктомии обнаружено не было. Только на одном глазу присутствовала предположительная отслойка цилиарного тела. Максимальная толщина супрацилиарного пространства у этого пациента была 142 мкм и наблюдалась только в одном квадранте. У этого пациента было ВГД 7 мм рт. ст., и отсутствовали клинические признаки гипотонии.

## ИЗМЕНЕНИЕ РЕФРАКЦИИ У ДЕТЕЙ ПОСЛЕ РЕТИНАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ

В литературе в основном концентрируется внимание на рефракционных изменениях у взрослых, в то время как дети наиболее чувствительны к значительным варьирующимся послеоперационным изменениям рефракции, влияющим на дальнейшее развитие глаза. Склеральное пломбирование значительно влияет на развитие глаза у детей [18] и подростков [50]. Это было показано также и при изучении глаз молодых кроликов [17, 41]. На модели глаза кролика M. Y. Choi с соавт. [17] определили, что склеральное пломбирование провоцирует осевую миопию. T. Sato et al. [50] обнаружили, что у 7- и 15-летних пациентов склеральное пломбирование уменьшает прогрессирование миопии в сравнении с парным неоперированным глазом.

## ИЗМЕНЕНИЕ РЕФРАКЦИИ И БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, СВЯЗАННОЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИЛИКОНОВОГО МАСЛА

Использование силиконового масла в качестве дополнительного агента в витрэктомии обеспечивает уникальную совокупность факторов, влияющих на послеоперационную остроту зрения. Силиконовое масло было впервые использовано для замещения стекловидного тела человека в 1962 году для тампонады разрывов и отслойки сетчатки [19]. До появления современной техники витрэктомии эффективность подобных операций была мала. С появлением этой техники его использование стало популярным в случаях осложненной отслойки сетчатки, в том числе с пролиферативной витреоретинопатией. Силиконовое масло было выбрано для тампонады благодаря его высокому поверхностному натяжению, прозрачности, стабильности, относительно низкой токсичности; однако оно вызывает рефракционные изменения, когда занимает витреальную полость [20, 55, 56], и это создает трудности в получении точных показателей для расчета ИОЛ после введения его в глаз [7, 33, 42]. Влияние силиконового масла на рефракцию варьирует в зависимости от состояния хрусталика или его отсутствия. Афакичные глаза становятся менее гиперметропичными в среднем на 6,0–7,0 дптр, в то время как факичные глаза становятся более гиперметропичными в среднем на 5,5–7,6 дптр [55, 56]. Описан случай, когда миопия в 7,5 диоптрий перешла в гиперметропию в 3 диоптрии [10]. Индекс рефракции силиконового масла составляет 1,405, что сравнимо со стекловидным телом (1,336). При афакии силикон формирует выпуклую переднюю поверхность относительно эндотелия роговицы. Поверхность уменьшает общую гиперметропию, действуя как положительная линза. И наоборот, в факичных глазах силиконовое масло имеет вогнутую поверхность позади хрусталика, что действует как минусовая линза и увеличивает гиперметропию. В псевдофакичных глазах силикон нивелирует силу ИОЛ (если рефрактивный индекс близок к индексу силикона), вызывая сдвиг в сторону миопии, как и в случае афакии [55].

Влияние силиконового масла на рефракцию также связано с позицией головы [20, 55]. Этот эффект более отчетливо проявляется при афакии, что может объясняться увеличением объема, в котором силикон может перемещаться. При измерении рефракции в положении пациента лежа на спине и повторном измерении при положении головой вниз в глазах с афакией сферический эквивалент повышался приблизительно на 6,0 дптр. Различие в основном было связано с перемещением пузыря

масла. При положении головой вниз передняя поверхность менее выпуклая, чем в положении лежа на спине, что приводит к увеличению гиперметропии в положении головой вниз. В этом же исследовании наблюдался сдвиг цилиндрической оси на 11,5 градуса в среднем при афакии и 10,1 градуса в среднем на факичных глазах при изменении позиции головы, но сила цилиндра не изменялась. Эти изменения могут беспокоить пациентов и провоцировать жалобы на изменение зрения при различной активности.

Кроме того, изменения рефракции могут наблюдаться при незавершенной тампонаде витреальной полости в связи с преломлением света на границе масло-вода. При завершении тампонады происходит сдвиг в сторону миопической рефракции, что связано с выпуклой передней поверхностью масляного пузыря и увеличением силы положительной линзы на границе раздела. Также замечено, что силиконовое масло ухудшает аккомодацию на факичных глазах, и как правило, требуются бифокальные очки от +2,0 до +2,5 дптр, в то время как на парном глазу такой потребности нет [55].

Чтобы определить ПЗО и провести расчет ИОЛ на авитреальных глазах с силиконовым маслом, при проведении А-сканирования требуется поправка на снижение скорости звука в масле. Звуковые волны распространяются со скоростью 987 м/с в силиконе при вязкости 1000 сS и 1532 м/с в стекловидном теле [33]. Силикон также препятствует проникновению звуковой волны, осложняя измерения [26]. В режиме А-scan измерение «роговица-сетчатка» проводится в микросекундах, и если не производить поправку на масло, то создается псевдудлинение ПЗО, в результате чего рассчитывается ИОЛ с меньше силой, и все это приводит к послеоперационной гиперметропии. Чтобы учесть этот эффект, полученное значение ПЗО такого глаза нужно умножить на 0,71 [42]. Если при А-scan глубина витреальной полости измеряется отдельно, то это значение должно быть умножено на 0,64 и прибавлено к величинам глубины передней камеры и толщины хрусталика, чтобы получить истинное значение ПЗО [36, 42].

Другой метод основан на уравнении измерения скорости, которое обеспечивает коррекцию ошибочного результата, вызванного неверными установками скорости. Чтобы установить истинный переднезадний размер глаза (TAL), откорректированную скорость звука требуется разделить на некорректированную скорость звука и умножить на первоначальную (некорректированную) ПЗО (AAL) [34].

$$TAL = V_c/V_m \times AAL$$



Учитывая, что пузырь масла перемещается, следует проводить измерение в вертикальном положении, с тем, чтобы масло заполняло ось по всей длине от хрусталика до макулы. Датчик должен быть ориентирован строго перпендикулярно главному яблоку [26, 52].

В исследовании, в котором измерение ПЗО было проведено до экстракции катаракты или удаления силиконового масла, конечная рефракция варьировала в пределах  $1,81 \pm 2,16$  дптр, с максимальной амплитудой от  $+3,25$  до  $-9,0$  дптр [26]. Из этих измерений 51,9 % отличались от расчетных менее чем на 1,0 дптр и 74,1 % отличались на 2,0 дптр и менее. У пациентов, у которых расчетный результат значительно отличался от истинного, были обнаружены задние стафиломы. Было внесено предложение, что такие глаза лучше первоначально планировать оставлять афакичными.

М. Paragvano с соавт. (2007) сравнил данные ПЗО, полученные на IOLMaster (Carl Zeiss Meditec AG, Германия) до и после удаления силикона и фактоэмульсификации с имплантацией ИОЛ. Он сделал вывод, что наличие или отсутствие тампонады силиконовым маслом, так же как факичный или артифакичный статус у пациентов, которым было проведено склеральное пломбирование и витрэктомия, не влияет на измерение ПЗО средствами неконтактной оптической биометрии, при условии, что удаление силикона и хирургия катаракты будут одномоментными.

В будущем новые технологии могут устранить необходимость использования А-scan для определения ПЗО и могут позволить более точно проводить измерение [59].

### АБЕРРАЦИИ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ ПОСЛЕ РЕТИНАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ

Проведена только одна работа, изучающая аберрации высших порядков (АВП) после операции склерального пломбирования при отслойках сетчатки. F. Okamoto et al. [44] определили, что сегментарное склеральное пломбирование значительно повышает АВП и на более длительный срок, чем круговое вдавление склеры. Направление комы соответствует локализации пломбы. Вертикальная кома ( $Z_3^{-1}$ ) становится отрицательной после операции у пациентов со склеральным пломбированием, произведенным в верхнем квадранте.

Витреоретинальная хирургия может значительно изменять оптическую систему глаза, вызывать выраженные изменения рефракции. Эти изменения включают сдвиг фокуса (сферические изменения), вызванные изменением ПЗО после склерального пломбирования и астигматическими изменениями, спровоцированными склеральным пломбированием или PPV. Локальные изменения кривизны роговицы

могут провоцировать значительное снижение остроты зрения при относительно нормальных значениях ПЗО и кератометрии. Хирургическая техника может также индуцировать неправильность поверхности роговицы, эти изменения обычно транзиторны. У детей ретинальная хирургия оказывает влияние не только на рефракцию, но и на развитие главного яблока в целом. Силикон может также вызывать нарушения непосредственно, взаимодействуя с другими элементами рефракции глаза, и косвенно, через влияние на расчет силы ИОЛ.

Таким образом, накоплено достаточно данных, показывающих, что витреоретинальные вмешательства нарушают форму главного яблока, в результате чего меняется сила рефракции. Однако только единичные работы проведены по изучению более тонких изменений, характеризующих качество оптической системы глаза, к которым относятся в том числе, и аберрации высших порядков.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балашевич Л. И., Джусоев Т. М., Байбородов Я. В. и др. Изменение визометрических показателей после экстрасклеральных вмешательств // Лазерная рефракционная и интраокулярная хирургия: Сборник материалов. — М., 2002. — С. 83.
2. Горячев Ю. Е. Сравнительная оценка ближайших и отдаленных результатов хирургического лечения отслойки сетчатки // Вестн. офтальмологии. — 1975. — № 1. — С. 68–70.
3. Ерошевский Т. И. По поводу послойной резекции склеры с инвагинацией при отслойке сетчатки // Офтальмологический журнал. — 1965. — № 8. — С. 596–603.
4. Коваль Э. Б. Изменение размеров глаз после склеропластических операций по поводу отслойки сетчатки // Вопросы этиологии, патогенеза, клиники, диагностики, профилактики и лечения отслойки сетчатой оболочки: Научные труды. — М., 1976. — С. 37–40.
5. Коваль Э. Б. Сочетание операций по поводу отслойки сетчатки с эписклеральной имплантацией склеральной ткани на глазах с высокой близорукостью: Автореф. дис... канд. мед. наук. — Одесса, 1989. — 24 с.
6. Кравченко А. И. Сравнительная оценка операций послойной резекции и рифления склеры при ригидной отслойке сетчатой оболочки // Офтальмологический журнал. — 1965. — № 3. — С. 191–194.
7. Пантелеев Е. Н., Бессарабов А. Н., Исаева И. Ш. Расчет оптической силы ИОЛ при тампонаде витреальной полости силиконовым маслом. Выбор методики расчета // Офтальмохирургия. — 2006. — № 2. — С. 47–51.
8. Розенблюм М. Е. Оперативное лечение отслойки сетчатки. — М.: Издательство Академии медицинских наук, 1952. — 236 с.
9. Синегубов В. Н., Темиров Н. Э., Ануфриев С. И., Нестерова Е. А. Изменение передне-задней оси и рефракции после циркулярного вдавления по поводу отслойки сетчатки // 53-я итоговая научная конференция: Материалы. — Ростов-на-Дону, 1999. — С. 251.

10. Федоров С. Н., Бедило В. Я., Захаров В. Д. Применение силиконовой жидкости при отслойках сетчатой оболочки глаза // Офтальмологический журнал. — 1965. — № 7. — С. 527–532.
11. Юмашева А. А., Вит В. В., Филатов С. В. Биометрические и морфометрические изменения глаз при циркуляже различными материалами // Офтальмологический журнал. — 1979. — № 1. — С. 45–49.
12. Azar-Arevalo O., Arevalo J. F. Corneal topography changes after vitreoretinal surgery // Ophthalmic Surg Lasers. — 2001. — Vol. 32, N 2. — P. 168–172.
13. Borley W. The scleral resection (eyeball shortening) operation // Trans Am Ophthalmol Soc. — 1949. — Vol. 47. — P. 462.
14. Burton T. C., Herron B. E., Ossoinig K. C. Axial length changes after retinal detachment surgery // Am. J. Ophthalmol. — 1977. — Vol. 83, N 1. — P. 59–62.
15. Burton T. C. Irregular astigmatism following episcleral buckling procedure with the use of silicone rubber sponges // Arch. Ophthalmol. — 1973. — Vol. 90, N 6. — P. 447–448.
16. Chen W. L., Yang C. M., Chen Y. E., Yang C. H., et al. Ciliary detachment after pars plana vitrectomy: an ultrasound biomicroscopic study // Retina. — 2002. — Vol. 22, N 1. — P. 53–58.
17. Choi M. Y., Yu Y. S. Effects of scleral buckling on refraction and ocular growth in young rabbits // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. — 2000. — Vol. 238, N 9. — P. 774–778.
18. Chow D. R., Ferrone P. J., Trese M. T. Refractive changes associated with scleral buckling and division in retinopathy of prematurity // Arch Ophthalmol. — 1998. — Vol. 116, N 11. — P. 1446–1448.
19. Cibis P. B., Okun E. et al. The use of liquid silicone in retinal detachment surgery // Arch Ophthalmol. — 1962. — Vol. 68. — P. 590–599.
20. Dick H. B. Effect of head position on refraction in aphakic and phakic silicone-filled eyes // Retina. — 1997. — Vol. 17, N 5. — P. 397–402.
21. Domniz Y. Y., Cahana M., Avni I. Corneal surface changes after pars plana vitrectomy and scleral buckling surgery // J. Cataract. Refract. Surg. — 2001. — Vol. 27, N 6. — P. 868–872.
22. Dyszynska-Rosciszewska Br., Szreterowa M. // Klin. Oczna. — 1972. — Vol. 42. — P. 37–44.
23. Fiore J. V. Jr., Newton J. C. Anterior segment changes following the scleral buckling procedure // Arch. Ophthalmol. — 1970. — Vol. 84. — P. 284–287.
24. Flament J., Gerhard J. P. Influence biometrique respective et comparative de quelques techniques de la chirurgie chorio-retinienne // Bibl. Ophthalmol. — 1975. — Vol. 83. — P. 328–336.
25. Genovesi-Ebert F., Rizzo S., Chiellini S. et al. Ultrasound biomicroscopy in the assessment of secondary glaucoma after vitreoretinal surgery and silicone oil injection // Ophthalmologica. — 1998. — Vol. 212, Suppl. — P. 4–5.
26. Ghoraba H. H. The problems of biometry in combined silicone oil removal and cataract extraction: a clinical trial // Retina. — 2002. — Vol. 22, N 5. — P. 589–596.
27. Givner I., Karlin D. Alterations in refraction and their clinical significance. // Ear Nose Throat J. — 1958. — Vol. 37, N 10. — P. 676–678.
28. Goel R., Crewdson J., Chignell A. H. Astigmatism following retinal detachment surgery // Br. J. Ophthalmol. — 1983. — Vol. 67, N 5. — P. 327–329.
29. Gruppiso S. Visual results after scleral buckling with silicone implant // Controversial aspects of the management of retinal detachment. — Boston: Little Brown, 1965. — P. 354–363.
30. Harris M. J. Geometric alterations produced by encircling scleral buckles: biometric and clinical considerations // Retina. — 1987. — Vol. 7, N 1. — P. 14–19.
31. Hayashi H. Corneal shape changes after scleral buckling surgery // Ophthalmology. — 1997. — Vol. 104, N 5. — P. 831–837.
32. Hikichi T., Ohnishi M., Hasegawa T. Transient shallow anterior chamber induced by supraciliary fluid after vitreous surgery // Am. J. Ophthalmol. — 1997. — Vol. 124, N 5. — P. 696–698.
33. Hoffer K. J. Ultrasound velocities for axial eye length measurement // J. Cataract. Refract. Surg. — 1994. — Vol. 20, N 5. — P. 554–562.
34. Hoffer K. J. Ultrasound axial length measurement in biphakic eyes // J. Cataract. Refract. Surg. — 2003. — Vol. 29, N 5. — P. 961–965.
35. Jampel H. D. et al. Corneal astigmatic changes after pars plana vitrectomy // Retina. — 1987. — Vol. 7, N 4. — P. 223–226.
36. Larkin G. F., Leaver P. K. Phacoemulsification and silicone oil removal through a single corneal incision // Ophthalmology. — 1998. — Vol. 105. — P. 2023–2027.
37. Larsen J. S., Syrdalen P. Ultrasonographic study on changes in axial eye dimensions after encircling procedure in retinal detachment surgery // Acta Ophthalmol. (Copenh). — 1979. — Vol. 57, N 3. — P. 337–343.
38. Liu W., Wu Q., Huang S., Tang S. Ultrasound biomicroscopic features of anterior proliferative vitreoretinopathy // Retina. — 1999. — Vol. 19, N 3. — P. 204–212.
39. Marigo F. de A., Zisman M., Nehemy M. B., Marigo P. V. Ultrasound biomicroscopy in the comparison of the anterior segment morphometry before and after pars plana vitrectomy // Eur. J. Ophthalmol. — 2007. — Vol. 17, N 4. — P. 601–604.
40. Minamoto A., Nakano K. E., Tanimoto S. et al. Ultrasound biomicroscopy in the diagnosis of persistent hypotony after vitrectomy // Am. J. Ophthalmol. — 1997. — Vol. 123, N 5. — P. 711–713.
41. Moshfeghi A. A. et al. The effects of scleral buckling on young rabbit eyes // Arch. Ophthalmol. — 2004. — Vol. 122, N 4. — P. 473–476.
42. Murray D. C. et al. Biometry of the silicone oil-filled eye // Eye. — 1999. — Vol. 13 (Pt 3a). — P. 319–324.
43. Okamoto F., Okamoto C., Sakata N., Hiratsuka K. et al. Changes in corneal topography after 25-gauge transconjunctival sutureless vitrectomy versus after 20-gauge standard vitrectomy // Ophthalmology. — 2007. — Vol. 114, N 12. — P. 2138–2141.
44. Okamoto F., Yamane N., Okamoto C. et al. Changes in Higher-Order Aberrations after Scleral Buckling Surgery for Rhegmatogenous Retinal Detachment // Ophthalmology. — 2007. — Vol. 114, N 11. — P. 2061–2069.
45. Ornek K. et al. Corneal topographic changes after retinal detachment surgery // Cornea. — 2002. — Vol. 21, N 8. — P. 803–806.
46. Parravano M. Reliability of the IOLMaster in axial length evaluation in silicone oil-filled eyes // Eye. — 2007. — Vol. 21, N 7. — P. 909–911.

47. Randleman J. B., Hewitt S. M., Stulting R. D. Refractive changes after posterior segment surgery // *Ophthalmol. Clin. North. Am.* — 2004. — Vol. 17, N 4. — P. 521–526.
48. Rosenthal M. A method of scleral resection for retinal detachment // Importance of the vitreous body in retina surgery with special emphasis on re-operation. — St. Louis: CV Mosby., 1960. — P. 165–166.
49. Rubin M. L. The induction of refractive errors by retinal detachment surgery // *Trans. Am. Ophthalmol. Soc.* — 1975. — Vol. 73. — P. 452–490.
50. Sato T. *et al.* Refractive changes following scleral buckling surgery in juvenile retinal detachment // *Retina.* — 2003. — Vol. 23, N 5. — P. 629–635.
51. Shaplund C. Changes in the refraction of the eye following the operation of lamellar scleral resection // *Trans. Ophthalmol. Soc. UK.* — 1953. — Vol. 73. — P. 205.
52. Shugar J. K. *et al.* Ultrasonic examination of the silicone-filled eye: theoretical and practical considerations // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* — 1986. — Vol. 224, N 4. — P. 361–367.
53. Slusher M. M., Ford J. G., Busbee B. Clinically significant corneal astigmatism and pars plana vitrectomy // *Ophthalmic Surg Lasers.* — 2002. — Vol. 33, N 1. — P. 5–8.
54. Smiddy W. E. *et al.* Refractive changes after scleral buckling surgery // *Arch. Ophthalmol.* — 1989. — Vol. 107, N 10. — P. 1469–1471.
55. Smith R. C., Smith G. T., Wong D. Refractive changes in silicone filled eyes // *Eye.* — 1990. — Vol. 4 (Pt 1). — P. 230–234.
56. Stefansson E. *et al.* Refractive changes from use of silicone oil in vitreous surgery // *Retina.* — 1988. — Vol. 8, N 1. — P. 20–23.
57. Szczypinski J. Ultrasonometria w operacjach skracających gałkę oczną. I. Badania wczesne // *Klin. Oczna.* — 1974. — Vol. 1. — P. 27–32.
58. Tanihara H., Negi A., Kawano S. *et al.* Axial length of eyes with rhegmatogenous retinal detachment // *Ophthalmologica.* — 1993. — Vol. 206. — P. 76–82.
59. Tehrani M. *et al.* Evaluation of the practicality of optical biometry and applanation ultrasound in 253 eyes // *J. Cataract. Refract. Surg.* — 2003. — Vol. 29, N 4. — P. 741–746.
60. Tomidokoro A., Oshika T., Kojima T. Corneal astigmatism after scleral buckling surgery assessed by Fourier analysis of videokeratography data // *Cornea.* — 1998. — Vol. 17, N 5. — P. 517–521.
61. Weinberger D. *et al.* Corneal topographic changes after retinal and vitreous surgery // *Ophthalmology.* — 1999. — Vol. 106, N 8. — P. 1521–1524.
62. Wilson S. E., Klyce S. D. Quantitative descriptors of corneal topography: a clinical study // *Arch. Ophthalmol.* — 1991. — Vol. 109, N 3. — P. 349–353.
63. Wirbelauer C. *et al.* Corneal shape changes after pars plana vitrectomy // *Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* — 1998. — Vol. 236, N 11. — P. 822–828.

## THE EFFECT OF VITREORETINAL SURGERY ON THE OPTICAL SYSTEM OF THE EYE

Balashevich L. I., Ankudinova S. V.

✧ **Summary.** Vitreoretinal surgery causes geometric alterations of human eye globe and of morphometry of its optical system. These changes are usually transient. Different procedures and surgical techniques influence corneal curvature, axial length and anterior chamber depth. Silicone oil injection combined with cataract phacoemulsification and intraocular lens (IOL) implantation requires a conversion factor to calculate IOL optic power. Only few reports have addressed fine changes, with characterize the optical system quality. High order aberrations correlate with the localization of the scleral buckle or that of scleral sutures after vitrectomy. But even focal alterations are known to be related to the deterioration of visual function.

✧ **Key words:** high order aberrations, optical system of the eye, refraction, vitreoretinal surgery, vitrectomy