

УДК 617.735–007.281–089–778.317–092.9

Електронно-мікроскопічне дослідження сітчатки при тампонаді вітреальної порожнини перфторорганічними сполуками

Д. В. Жмурик¹, канд. мед. наук, Н. Е. Думброва², проф., д-р мед. наук, Н. І. Молчанюк², канд. біол. наук, М. В. Миленко¹, врач

¹ Киевская городская клиническая офтальмологическая больница «Центр микрохирургии глаза»; Киев (Украина)

² ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В. П. Филатова НАМН Украины»; Одесса (Украина)

E-mail: elmicroscop@gmail.com

Ключевые слова: сетчатка, ультраструктура, перфторорганічне сполучення (perfluorocarbonliquid), силіконове масло, фізіологічний розчин

Ключові слова: сітківка, ультраструктура, перфторорганічна сполучка (perfluorocarbonliquid), силіконове масло, фізіологічний розчин

Вступ. Перфторорганічні сполуки (ПФОС) мають цінні для вітреоретинальної хірургії якості, а використання їх для короткочасної тампонади могло б розширити показання до оперативного лікування і покращити його результати. Проте однозначної думки стосовно механічної дії ПФОС на ультраструктуру будову сітківки немає. Актуально також порівняти дію ПФОС та «легкого» силіконового масла.

Мета дослідження: вивчення впливу тампонади вітреальної порожнини ПФОС різної тривалості і «легкого» силіконового масла, а також фізіологічного розчину на ультраструктуру сітківки очей кроликів в динаміці після закінчення тампонади.

Матеріал і методи. Електронно-мікроскопічне дослідження проведено на 36 кроликах (72 ока). Всім тваринам була виконана задня закрита субтотальна вітректомія з подальшою 7-, 14-та 30-денною тампонадою ПФОС (праве око), та «легким» силіконом і фізіологічним розчином (ліве око). Вивчалась ультраструктура сітківки в динаміці після завершення тампонади через 7, 14 і 30 днів.

Результати. Усі види втручань викликають характерні однотипові зміни в ультраструктурі елементів сітківки. Це в основному гідролічні зміни гладкої ендоплазматичної сітки клітин пігментного епітелію сітківки (ПЕС), мітохондрій ПЕС і внутрішніх сегментів фоторецепторних клітин, гангліозних і мюллеровських клітин, а також внутрішньоклітинні компенсаційно-відновні процеси в них, які дозволяють нормалізувати структуру сітківки.

Висновок. Вивчений нами вплив тампонади вітреальної порожнини ПФОС на ультраструктуру сітківки показав подібність виявлених в ній змін з тими, що спостерігаються при використанні стандартної тампонуєчої речовини — «легкого» силіконового масла. Узв'язку з цим ПФОС може бути запропонований для лікування різних форм відшарування сітківки в якості короткочасної тампонади вітреальної порожнини.

Electronic-microscopic investigation of the retina in tamponade of the vitreal cavity with perfluorine organic compounds

Zhmurik D. V.¹, Dumbrova N. E.², Molchanyuk N. I.², Milienko M. V.¹

¹ Kyiv City Clinical Eye Hospital «Eye Microsurgery Center»; Kyev (Ukraine)

² State Institution The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the NAMS of Ukraine, Odessa, (Ukraine)

Introduction. Perfluorine organic compounds (PFOC) possess valuable qualities for vitreoretinal surgeries, and their use for short-term tamponade could expand indications to operative treatment and improve results. However, there is no unequivocal opinion concerning the mechanical effect of PFOC on the ultrastructure of the retina. It is also important to compare the effect of PFOC and «light» silicone oil.

The purpose of the study: investigation of the influence of tamponade of various duration of the vitreoretinal cavity by PFOC, «light» silicone oils as well as physiological solution on the ultrastructure of the retina of the rabbit eyes in dynamics after the end of tamponade.

Material and methods. Electronic-microscopic investigation (EMI) was made in 36 rabbits (72 eyes). All animals have been performed posterior closed subtotal vitrectomy with the subsequent 7, 14 30-day's tamponade with PFOC (the right

eye), «light» silicone and physiological solution (the left eye). The ultrastructure of the retina was investigated in dynamics after the end of tamponade in 7, 14 and 30 days.

Results. All three kinds of the substances used exert the characteristic, of the same type influence on the ultrastructure of the retinal elements. They mainly include hydropic changes of the smooth endoplasmic net of the cells of the pigment retinal epithelium (PRE). PRE mitochondria and internal segments of photoreceptor cells (PC), gangliac cells and muller's cells as well as intracellular compensative-restorative processes allowing to normalize the structures.

Conclusion. The changes of the retinal ultrastructure studied by us after the tamponade of the vitreal cavity with PFOC is close to changes caused the application of the standard tamponade substance — «light» silicone oil, therefore it can be proposed for treatment of different forms of the retinal detachment as a short-term tamponade of the vitreal cavity.

Key words: retina, ultrastructure, perfluorine organic compounds, silicone oil, physiological solution

Введение. Осложнение ретиальной патологии, такое как отслойка сетчатой оболочки (ОСО) различного генеза, играет лидирующую роль в структуре слепоты. Золотым стандартом лечения ОСО является проведение задней закрытой субтотальной витрэктомии. Однако поиск веществ для постоперационной тампонады витреальной полости глаза, которые могли бы обеспечить хорошее прилегание сетчатки, является актуальной проблемой во всем мире. Стандартными веществами для проведения тампонады являются силиконовые масла различной вязкости, тяжелое силиконовое масло и газо-воздушные смеси. Но, несмотря на широкое применение вышеупомянутых веществ, остается неизученной эффективность применения веществ (таких как перфторорганические соединения (ПФОС)) с высоким удельным весом для постоперационной тампонады в особо тяжелых хирургических случаях и получить возможность улучшить не только анатомические, но и функциональные результаты. ПФОС имеют высокий удельный вес, химически и метаболически инертны, прозрачны и обладают низкой вязкостью.

О первом опыте интравитреального введения ПФОС было сообщено Naidt и соавторами в 1982 году, с тех пор они активно используются интраоперационно. Ряд авторов предлагают использовать ПФОС для кратковременной тампонады [3, 6, 10]. Однако отношение витрореетинальных хирургов к кратковременной тампонаде витреальной полости ПФОС двоякое. Открытым остается вопрос о механическом повреждающем действии ПФОС [2, 4].

Изучению влияния ПФОС на структуру сетчатки посвящен ряд работ. Однако их авторы проводили исследования без завершения тампонады, либо в различные сроки после выведения ПФОС из витреальной полости с одним определенным сроком тампонады [2,4, 5,7,9, 11,12, 13], что, по нашему мнению, не дает возможности оценить степень обратимости изменений сетчатки после тампонады ПФОС и операционной травмы.

Для экспериментального исследования необходимо использовать ПФОС с высоким удельным весом, поскольку отсутствие повреждений при этом служило бы косвенным показателем безопасности использования других видов ПФОС с меньшим удельным весом. В нашем исследовании мы применяли перфторпергидронафталин (1,94 г/см³).

Следовало бы также сравнить механическое действие ПФОС и «легкого» силиконового масла (удельный вес 0,971–0,975 г/см³), поскольку «легкий» силикон рутинно используется для послеоперационной тампонады полости стекловидного тела. Также актуально было бы изучить изменение ультраструктуры сетчатки глаза кролика при различных сроках тампонады ПФОС в условиях, максимально приближенных к реальным клиническим, с проведением задней закрытой субтотальной витрэктомии.

Целью экспериментального исследования явилось изучение влияния тампонады витреальной полости ПФОС различной длительности, «легкого» силиконового масла, а также физиологического раствора на ультраструктуру сетчатки глаз кроликов в динамике после окончания тампонады.

Материал и методы

Электронно-микроскопическое исследование (ЭМИ) проведено на 36 кроликах (72 глаза) породы шиншилла массой 3,5±0,5 килограмм, в возрасте 6,5±0,5 месяцев, самцах. Животные разделены на три серии эксперимента: I серия (12 кроликов, 24 глаза) — тампонада ПФОС, «легкого» силиконового масла и физиологического раствора составляла 7 дней; II серия (12 кроликов, 24 глаза) — тампонада ПФОС, «легкого» силиконового масла и физиологического раствора составляла 14 дней; III серия (12 кроликов, 24 глаза) — тампонада ПФОС, «легкого» силиконового масла и физиологического раствора составляла 30 дней. Ультраструктура сетчатки изучалась в динамике через 7, 14 и 30 дней после завершения тампонады витреальной полости вышеуказанными веществами.

Во всех случаях второй глаз (левый) был контрольным. На контрольных глазах мы проводили тампонаду «легким» силиконовым маслом и физиологическим раствором.

Все манипуляции с животными во время операции, а также выведение животных из эксперимента выполняли в соответствии с «Правилами обращения с лабораторными животными». Детали проведения оперативного вмешательства и обработка материала для ЭМИ подробно описаны в статье [1]. Материал изучался под электронным микроскопом ПЭМ-100-01.

Результаты и их обсуждение

Реакция элементов сетчатки на 7-дневную тампонаду ПФОС, силиконовым маслом и физиологическим раствором.

При ЭМИ через 7 дней после завершения тампонады ПФОС в клетках пигментного эпителия сетчатки (ПЭС) выражена мелкая фрагментация мембран гладкой эндоплазматической сети (ГЭС) и вакуолизация митохондрий (Рис. 1).

В ряде этих клеток выявляется деструкция части ГЭС с образованием электронно-прозрачных участков в цитоплазме. В слое фоторецепторных клеток (ФК) местами отмечается межклеточный отёк до наружной пограничной мембраны (НПМ). В остальном структура ФК, в целом, сохранена. Ультраструктура клеточных и нервных элементов внутренних отделов сетчатки практически не изменена. Однако в ганглиозных клетках (ГК) встречается вакуолизация митохондрий.

Через 14–30 дней часть клеток ПЭС содержит резко вакуолизованные митохондрии, часть же по структуре близка к нормальной. Ультраструктура клеточных элементов и их отростков во внутренних слоях сетчатки без изменений, за исключением слоя

ГК, в котором цитоплазма ГК и отростки мюллеровских клеток (МЮК), окружающие ГК, характеризуются мелкой вакуолизацией. Следует отметить, что к 30 дню изменения в сетчатке были несколько менее выраженными. Необходимо также указать, что уже через 7 суток параллельно с реактивными изменениями ультраструктур сетчатки отмечаются признаки компенсаторно-восстановительных внутриклеточных процессов, заключающихся в увеличении количества митохондрий, свободных рибосом и полисом, элементов ГЭС и канальцев зернистой эндоплазматической сети (ЗЭС), в появлении двуядерных клеток.

При изучении изменений сетчатки после тампонады «легким» силиконовым маслом нами определено, что через 7 дней клетки ПЭС гипертрофированы, содержат обильную цитоплазму и большое количество органелл: элементов ГЭС, лизосом, фагосом, пероксисом, липидных включений и крупных скоплений мелких митохондрий, т.е. имеют признаки компенсаторно-восстановительного характера. В слое ФК отмечается рассоединение наружных сегментов (НС) ФК, местами их отрыв, что вероятно связано с отёком. Нервные элементы внутреннего сетчатого слоя (ВСС) и структуры ганглиозного слоя сетчатки с признаками легких гидропических изменений, заключающихся в набухании и вакуолизации части митохондрий в ГК и мелкой вакуолизации цитоплазмы части отростков МЮК в этой области.

Через 14 дней после завершения тампонады «легким» силиконовым маслом наружные отделы сетчатки, практически, без изменений. Однако в клетках ПЭС наблюдается вакуолизация части элементов ГЭС в цитоплазме. В слое ФК встречаются разрежение структур в области НС ФК, местами разрушение мембранных структур дисков НС. Остаются, как было отмечено в сроке 7 дней, гидропические изменения ультраструктур ВСС и в слое ГК. В то же время, в крупных ГК наблюдаются признаки активации белоксинтезирующей системы: в обильной цитоплазме увеличено, по сравнению с нормой, содержание элементов ЗЭС, рибосом, полисом, набухших митохондрий. Ядра клеток крупные, содержат ядрышки.

Через 30 дней ультраструктура сетчатки, практически, без изменений.

При ЭМИ через 7 дней после завершения тампонады физиологическим раствором нами выявлена некоторая неоднородность реакции клеток ПЭС. Часть клеток имеет признаки гидропических изменений внутриклеточных структур. Другая часть клеток ПЭС характеризуется обильной цитоплазмой, насыщенной органеллами, особенно митохондриями, у основания базальных складок. Остальные структуры без изменений. Через 14 и 30 дней изученные структуры сетчатки находятся, практически, в пределах нормы.

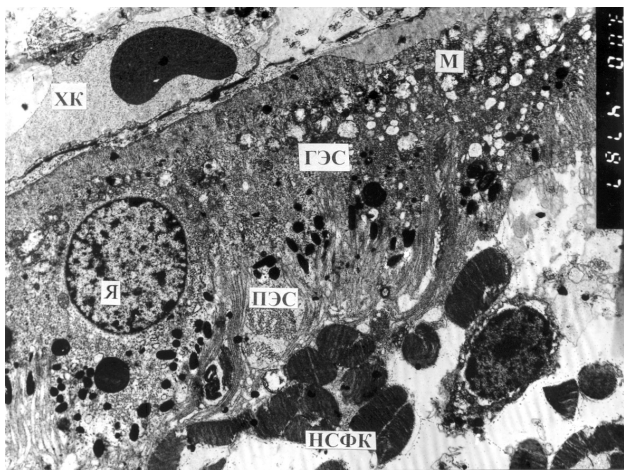


Рис. 1. Ультраструктура сетчатки через 7 дней после завершения 7-дневной тампонады ПФОС. Мелкая вакуолизация цитоплазмы пигментного эпителия. Электронная микрофотография. х 3000.

Условные обозначения: ХК — хориокапилляр, ПЭС — пигментный эпителий сетчатки, Я — ядро, М — митохондрия, ГЭС — гладкая эндоплазматическая сеть, НСФК — наружные сегменты фоторецепторных клеток.

Таким образом, на 7-дневную тампонаду витреальной полости ПФОС и силиконовым маслом ультраструктуры элементов сетчатки отвечают однотипными изменениями. Эти изменения касаются в большей степени клеток ПЭС, опосредованно — фоторецепторных клеток и клеточных элементов ВСС. Отдифференцировать различия в действии этих веществ на изучаемые структуры довольно сложно, возможно, обширность гидропических изменений в элементах сетчатки несколько меньше при применении ПФОС. Выявленные изменения в сетчатке носят обратимый характер. Контрольное введение физиологического раствора, практически, не оказывает существенного влияния на ультраструктуру сетчатки.

Реакция элементов сетчатки на 14-суточную тампонаду ПФОС, силиконовым маслом и физиологическим раствором.

Спустя 7 дней после завершения тампонады ПФОС клетки ПЭС частично фрагментированы, местами наблюдаются их деструкция и распад. При этом в клетках довольно много обычных органелл и встречаются по два ядра, т. е. параллельно с явлениями деструкции, причём, в основном, митохондрий, наблюдаются признаки активации внутриклеточной деятельности (Рис.2).

В единичных ФК отмечаются патология дисков НС и вакуолизация митохондрий во ВС. Наблюдаются гидропические изменения структур ВСС и слоя ГК.

Спустя 14 дней ультраструктура сетчатки, практически, не отличается от нормальной, за исключением мелкой вакуолизации части митохондрий,

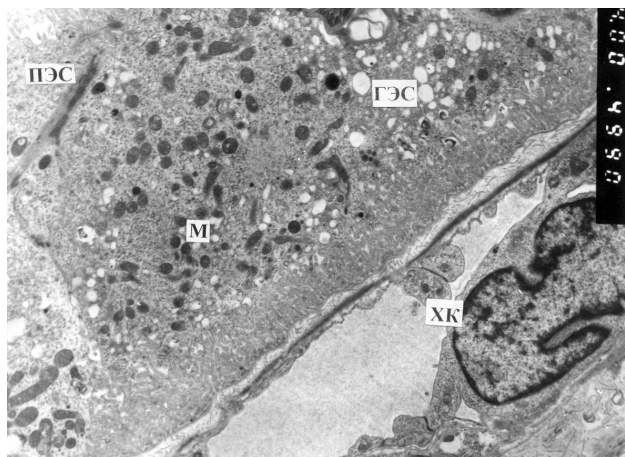


Рис. 2. Ультраструктура сетчатки через 7 дней после завершения 14-дневной тампонады ПФОС. Мелкая вакуолизация цитоплазматических структур клеток пигментного эпителия. Электронная микрофотография. х 4000. Условные обозначения: ПЭС — пигментный эпителий сетчатки, ХК — хориокапилляр, ГЭС — гладкая эндоплазматическая сеть, М — митохондрия.

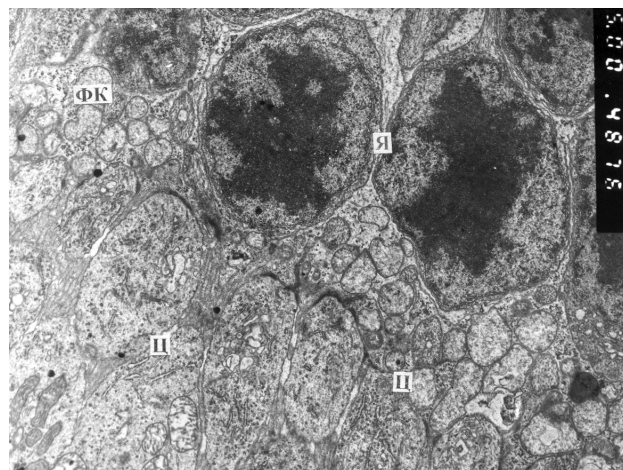


Рис. 3. Ультраструктура сетчатки через 14 дней после завершения 14-дневной тампонады ПФОС. Структура цитоплазмы и ядер фоторецепторных клеток в нормальном состоянии. Электронная микрофотография. Х 5000. Условные обозначения: ФК — фоторецепторная клетка, Ц — цитоплазма, Я — ядро.

фрагментации, разрыхления и расширения элементов ГЭС клеток ПЭС. В слое ФК часть клеток имеет внутриклеточный отёк ВС и патологию митохондрий. При этом цитоплазма и ядра ФК выглядят нормальными (Рис. 3).

Выраженные гидропические изменения элементов ВСС и отростков МЮК слоя ГК. ГК же имеют признаки активации цитоплазматических структур: ядра с крупными ядрышками, большое скопление элементов ЗЭС и мелких вакуолизованных митохондрий.

Спустя 30 дней после завершения тампонады ПФОС в изучаемых элементах сетчатки остаются те же изменения, что и в 14-дневный срок, однако в слое ПЭС выявляется больше клеток с признаками активации цитоплазматических структур.

Спустя 7 дней после завершения тампонады «легким» силиконовым маслом структура клеток ПЭС с признаками альтерации: мелкая фрагментация мембран элементов ГЭС и вакуолизация митохондрий. В ФК деструкция дисков НС и отёк ВСФК. Остальные клеточные элементы сетчатки, как нервные, так и глиальные, характеризуются гидропическими изменениями, которые отражаются в набухании внутриклеточных образований.

Через 14 дней в клетках ПЭС ещё встречаются гидропические изменения. В отдельных ФК наблюдается деструкция дисков НСФК (Рис. 4).

В нервных элементах сетчатых слоёв сетчатки видимых изменений не установлено. Небольшие гидропические изменения выявляются в ГК и отростках МЮК.

Спустя 30 дней определяются лишь легкие реактивные изменения ультраструктур отдельных нервных образований сетчатки.

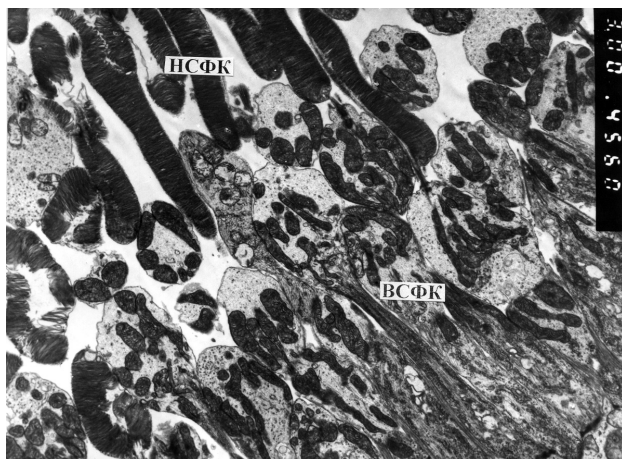


Рис. 4. Ультраструктура сетчатки через 14 дней после завершения 14-дневной тампонады «легким» силиконовым маслом. Очаговая деструкция дисков наружных сегментов фоторецепторных клеток. Электронная микрофотография. X 4 000. Условные обозначения: НСФК — наружные сегменты фоторецепторных клеток, ВСФК — внутренние сегменты фоторецепторных клеток.

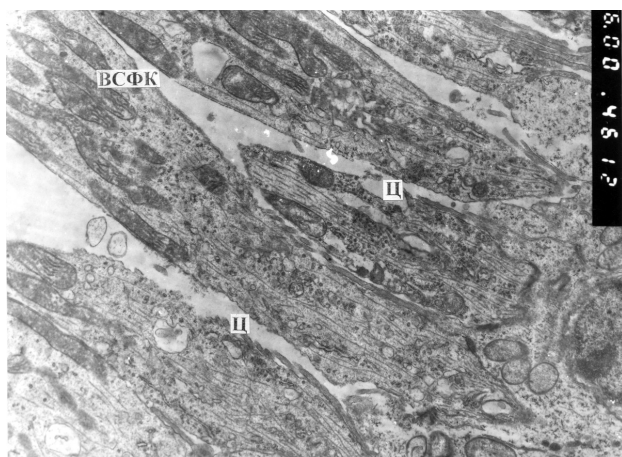


Рис. 5. Ультраструктура сетчатки через 7 дней после завершения 14-дневной тампонады физиологическим раствором. Внутренние сегменты фоторецепторных клеток в нормальном состоянии. Электронная микрофотография. x 6000. Условные обозначения: ВСФК — внутренние сегменты фоторецепторных клеток, Ц — цитоплазма.

При ЭМИ через 7 суток после 14-дневной тампонады физиологическим раствором определяются небольшие гидропические изменения элементов ГЭС цитоплазмы ПЭС и рассоединение НС и ВСФК (Рис. 5).

Остальные структуры сетчатки без видимых изменений. На 14 и 30 день ультраструктурное состояние элементов сетчатки в пределах нормы.

Таким образом, при 14-дневной тампонаде витреальной полости ПФОС и «легким» силиконовым маслом в сетчатке наблюдаются характерные однотипные изменения (как и в предыдущей се-

рии) ультраструктуры ее элементов, которые также носят, в основном, гидропический характер. Различие во влиянии ПФОС и «легкого» силикона на сетчатку заключается в том, что при ПФОС являются компенсаторно-восстановительные реакции, способствующие нормализации структуры. При этом после силиконовой тампонады остаются реактивные изменения, выражающиеся в остаточных гидропических явлениях. Тампонада витреальной полости физиологическим раствором также не оказывает существенного влияния на изучаемые структуры сетчатки.

Реакция элементов сетчатки на 30-суточную тампонаду ПФОС, силиконовым маслом, физиологическим раствором.

Через 7–14 дней после тампонады ПФОС ультраструктура ПЭС не отличается от нормальной, за исключением единичных клеток, в которых наблюдается вакуолизация цитоплазматических структур. ФК без изменений. Нейроны и нервные структуры внутренних слоёв сетчатки также без изменений. В цитоплазме отростков МЮК у ВПМ встречаются осмиофильные включения, состоящие из мелких гранул, что отличает структуру МЮК от интактной (Рис. 6).

На 30 день изучаемые структуры сетчатки не отличаются от нормальных.

Через 7–14 дней после тампонады «легким» силиконовым маслом ультраструктура большей части изученных клеток ПЭС без видимых изменений; часть же содержит в цитоплазме различных размеров везикулы и более крупные электронно-прозрачные

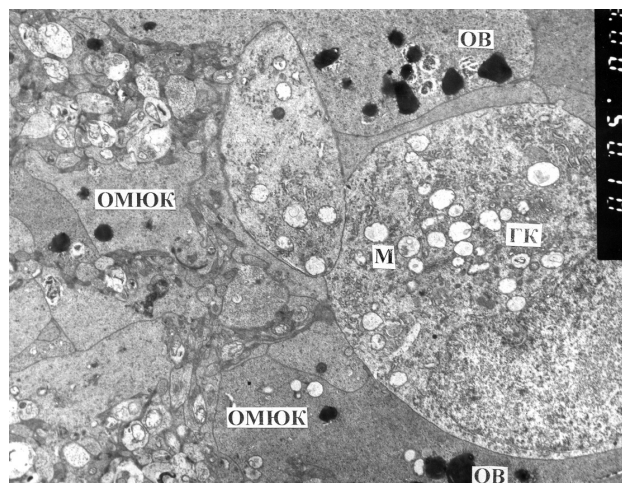


Рис. 6. Ультраструктура сетчатки через 14 дней после завершения 30-дневной тампонады ПФОС. Ганглиозные клетки с набухшими митохондриями. Осмиофильные гранулярные включения в цитоплазматических отростках мюллеровских клеток. Электронная микрофотография. x 10000. Условные обозначения: ГК — ганглиозная клетка, М — митохондрии, ОМЮК — отростки мюллеровских клеток, ОВ — осмиофильные включения.

полости, т.е. наблюдаются признаки незначительных гидропических изменений цитоплазматических структур. ФК без изменений, как и нейроны других слоёв сетчатки. В цитоплазме отростков МЮК у ВПМ наблюдаются округлые включения, состоящие из осмиофильных плотно уложенных гранул, окружённых электронно-прозрачным ободком. Эти включения часто более крупные, чем это наблюдалось в материале с тампонадой ПФОС, об их природе судить трудно

Через 30 дней ультраструктура элементов сетчатки не отличается от нормальной.

После 30-дневной тампонады физиологическим раствором все изученные элементы сетчатки через 7, 14, а также 30 дней визуально нормальны.

Таким образом, электронно-микроскопические исследования показали, что после 30-дневной интравитреальной тампонады ПФОС и «легким» силиконовым маслом через 7 дней наблюдаются лёгкие реактивные изменения гидропического характера в цитоплазме ряда клеток ПЭС. Спустя 14 и 30 дней после окончания тампонады структура изученных элементов сетчатки близка к нормальной.

Заключение. Ультраструктурные изменения, выявленные в элементах сетчатки как под влиянием ПФОС, так и силикона, довольно аналогичны друг другу. В динамике наблюдения действия ПФОС установлено его преимущественное влияние на ГЭС клеток ПЭС, которое носит гидропический характер (отёк внутриклеточных структур). Относительно ФК следует отметить неглубокие и необширные повреждения, в основном, НС ФК. Цитоплазма и ядра ФК остаются интактными, что даёт возможность сохранять и восстанавливать ультраструктуру ФК. То же можно отметить и в отношении клеточных элементов слоя биполярных клеток и нервных элементов наружного сетчатого слоя. Гидропические изменения различной степени выраженности наблюдаются в структурах ВСС. Отдельно следует отметить реакцию ГК и отростков МЮК в слое ГК. Она представляет собой гидропические изменения (от мелких везикул до крупных вакуолей) цитоплазмы МЮК, а также, преимущественно, цитоплазмы мелких ГК.

Таким образом, влияние ПФОС на ультраструктурном уровне проявляется в повреждении мембранных элементов ГЭС клеток ПЭС и НС ФК, а также нервных элементов ВСС и цитоплазмы ГК и МЮК у ВПМ. Однако после окончания 30-дневной тампонады в структурах нервных элементов сетчатки отмечаются признаки компенсаторно-восстановительных процессов, способствующие полной нормализации структуры клеток.

При изучении влияния ПФОС на сетчатку показаны более выраженные гидропические измене-

ния описанных структур через 7 суток (в 1 серии экспериментов). То же можно отметить и при применении силикона (в 1 серии эксперимента), но с более глубокими вне- и внутриклеточными отчетными изменениями, практически, тех же ультраструктур.

Контрольные введения физиологического раствора в трех сериях вызывают легкие реактивные изменения гидропического характера, в основном, в клетках ПЭС. В целом ультраструктура сетчатки не отличается от интактной. Все три вида использованных веществ для тампонады витреальной полости оказывают характерное однотипное влияние на ультраструктуру изученных элементов сетчатки. Это в основном гидропические изменения ГЭС клеток ПЭС, митохондрий ПЭС и ВС ФК, ГК и МЮК, а также внутриклеточные компенсаторно-восстановительные процессы, позволяющие нормализовать структуры.

ПФОС вызывает обратимые реакции ультраструктур изученных элементов, практически во все сроки наблюдения, о чём свидетельствуют параллельно выявляемые признаки внутриклеточных компенсаторно-восстановительных процессов. Различие во влиянии ПФОС и «лёгкого» силикона на сетчатку заключается, в основном, в диапазоне наблюдаемых ультраструктурных изменений.

Изучению действия ПФОС на ткани сетчатки посвящен ряд работ, однако полученные авторами данные разноречивы. Некоторые авторы [7, 8, 13] в своих экспериментальных работах сообщают об отсутствии значимых изменений в сетчатке кроликов после использования тампонады ПФОС витреальной полости более 1 месяца, что коррелирует с полученными нами данными. Однако часть исследователей сообщают о развитии необратимых атрофических изменений в структурах сетчатки после 48 часовой [5], 2 недельной [4] тампонады ПФОС. Очевидно, полученные этими авторами отличающиеся от наших данные можно объяснить неодинаковыми условиями проведения экспериментальных исследований. Названные исследователи использовали газовую компрессию стекловидного тела, что могло оказывать дополнительное повреждающее действие на ультраструктуру сетчатки.

Таким образом, изученное нами влияние тампонады витреальной полости ПФОС на ультраструктуру сетчатки близко по выявленным изменениям в ней со стандартным широко используемым тампонирующим веществом — «легким» силиконовым маслом. В связи с этим он может быть предложен для лечения различных форм отслойки сетчатки в качестве кратковременной тампонады витреальной полости.

Литература

1. **Жмурик Д. В.** Экспериментальное исследование влияния семидневной тампонады перфторорганическими соединениями на ультраструктуру сетчатки глаза кролика. / Д. В. Жмурик, М. В. Милиенко // Офтальмолог. журн. — 2014. — № 2. — С. 71–77.
2. **Шкворченко Д. О.** Комплексное хирургическое лечение отслоек сетчатки, осложненных гигантскими разрывами и отрывами от зубчатой линии, с применением жидких перфторорганических соединений: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.08 / Д. О. Шкворченко — М., 1995. — 132 с.
3. **Шкворченко Д. О.** К вопросу о тактике хирургического лечения пролиферативной диабетической ретинопатии, осложненной передней пролиферативной витреоретинопатией / Д. О. Шкворченко, Л. В. Левина // Офтальмохирургия. — 2006. — № 1. — С.29–32.
4. **Chang S.** Experimental studies of tolerance to intravitreal perfluoro-n-octane liquid / S. Chang, JR. Sparrow, T. Iwamoto, A. Gershbein, R. Ross, R. Ortiz // Retina. — 1991. — № 4. — P. 367–374.
5. **Devin F.** Experimental tolerability of perfluorodecalin in prolonged intraocular tamponade / F. Devin, T. Jourdan, J. B. Saracco, A. Lucciani // J. Fr. Ophtalmol. — 1995. — № 4. — P.268–274.
6. **Drury B.** Short — term intraocular tamponade with perfluorocarbon heavy liquid / B. Drury, R. D. Bourke // Br. J. Ophthalmol. — 2010. — P.694–698.
7. **Flores-Aguilar M.** Intraocular tolerance of perfluorooctylbromide (perflubron) / M. Flores-Aguilar, D. Munguia, E. Loeb et al. // Retina. — 1995. — № 1. — P. 3–13.
8. **Mackiewicz J.** Effect of gravity in long — term vitreous tamponade: in vivo investigation using perfluorocarbon liquids and semi — fluorinated alkanes / J. Mackiewicz, K. Maaijwee, C. Luke // Graefes Arch. Clin.Exp.Ophthalmol. — 2007. — № 245. — P. 665–675.
9. **Orzalesi N.** Experimental short — term tolerance to perfluorodecalin in the rabbit eye: a histopathological study / N. Orzalesi, L. Migliavacca, F. Bottoni, S. Miglior // Curr Eye Res. — 1998. — № 8. — P.828–835.
10. **Sirimaharaj M.** Vitrectomy with short term postoperative tamponade using perfluorocarbon liquid for giant retinal tears / M. Sirimaharaj, C. Balachandran, W. C. Chan, A. P. Hunyor, A. A. Chang, J. Gregory-Roberts, A. B. Hunyor, T. J. Playfair // Br. J. Ophthalmol. — 2005. — № 9. — P. 1176–1179.
11. **Stolba U.** The effect of specific gravity of perfluorocarbon liquid on the retina after experimental vitreous substitution / U. Stolba, K. Krepler, M. Velikay — Parel, S. Binder // Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. — 2004. — № 11. — P.931–936.
12. **Velikay M.** The effect of chemical stability and purification of perfluorocarbon liquids in experimental extended — term vitreous substitution / M. Velikay, U. Stolba // Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. — 1995. — № 1. — P.26–30.
13. **Zeana D.** Perfluorohexyloctane as a long — term vitreous tamponade in the experimental animal. Experimental perfluorohexyloctane substitution / D. Zeana, J. Becker, R. Kuckelkorn, B. Kirchhof // Int. Ophthalmol. — 1999. — № 23. — P.17–24.

Поступила 13.06.2014

References

1. **Zhmurik DV, Miliienko MV.** Experimental research of the influence of seven-day tamponade with perfluorine-organic compounds on the ultrastructure of the rabbit eye. Ophthalmol Zh. 2014;2:71–7. In Russian.
2. **Shkvorchenko DO.** Complex surgical treatment of retinal detachments complicated by giant breaks and tears off the dentate line using liquid perfluoro organic compounds: Thesis for Candidate of Med. Science: 14.00.08. M.; 1995. 132 p.
3. **Shkvorchenko DO, Levina LV.** On the tactic of surgical treatment of proliferative diabetic retinopathy complicated by the anterior proliferative vitreoretinopathy. Oftalmokhirurgiia. 2006;1:29–32. In Russian.
4. **Chang S, Sparrow JR, Iwamoto T, Gershbein A, Ross R, Ortiz R.** Experimental studies of tolerance to intravitreal perfluoro-n-octane liquid. Retina. 1991;4: 367–74.
5. **Devin F, Jourdan T, Saracco JB, Lucciani A.** Experimental tolerability of perfluorodecalin in prolonged intraocular tamponade. J. Fr. Ophtalmol. 1995;4:268–74.
6. **Drury B, Bourke RD.** Short — term intraocular tamponade with perfluorocarbon heavy liquid. Br. J. Ophthalmol. 2010;694–8.
7. **Flores-Aguilar M, Munguia D, Loeb E et al.** Intraocular tolerance of perfluorooctylbromide (perflubron). Retina. 1995;1:3–13.
8. **Mackiewicz J, Maaijwee K, Luke C.** Effect of gravity in long — term vitreous tamponade: in vivo investigation using perfluorocarbon liquids and semi — fluorinated alkanes. Graefes Arch. Clin.Exp.Ophthalmol. 2007;245:665–75.
9. **Orzalesi N, Migliavacca L, Bottoni F, Miglior S.** Experimental short — term tolerance to perfluorodecalin in the rabbit eye: a histopathological study. Curr Eye Res. 1998;8:828–35.
10. **Sirimaharaj M, Balachandran C, Chan WC, Hunyor AP, Chang AA, Gregory-Roberts J, Hunyor AB, Playfair TJ.** Vitrectomy with short term postoperative tamponade using perfluorocarbon liquid for giant retinal tears. Br. J. Ophthalmol. 2005;9:1176–9.
11. **Stolba U, Krepler K, Velikay — Parel M, Binder S.** The effect of specific gravity of perfluorocarbon liquid on the retina after experimental vitreous substitution. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 2004;11:931–6.
12. **Velikay M, Stolba U.** The effect of chemical stability and purification of perfluorocarbon liquids in experimental extended — term vitreous substitution. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 1995;1:26–30.
13. **Zeana D, Becker J, Kuckelkorn R, Kirchhof B.** Perfluorohexyloctane as a long — term vitreous tamponade in the experimental animal. Experimental perfluorohexyloctane substitution. Int. Ophthalmol. 1999;23:17–24.

Received 13.06.2014