

УДК 617.735–007.281–089–073.7

Влияние тридцатидневной тампонады витреальной полости перфторорганическими соединениями на биоэлектрическую активность сетчатки глаза кролика

Д. В. Жмурик¹, канд. мед. наук, Н. И. Храменко², канд. мед. наук, С. Б. Слободяник², канд. мед. наук, М. В. Милюенко¹, 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: milienko@yandex.ru

Вступ. Використання перфторорганічних сполук (ПФОС) для короткочасної тампонади могло би розширити покази до оперативного лікування відшарування сітківки, і покращити результати. Проте однозначної думки відносно дії ПФОС на функціональний стан сітківки не існує. Актуально порівняти дію ПФОС і «легкого» силікону.

Мета — виявлення особливостей впливу тампонади ПФОС (30 днів) на біоелектричну функціональну активність сітківки в експерименті, порівняти дію ПФОС і «легкого силікону» в динаміці шляхом виконання електроретинографії (ЕРГ) на різних строках після завершення тампонади — 7 і 30 днів.

Матеріал і методи. Дослідження виконано на 6 кроликах (12 очей) породи шиншила. Всім тваринам була проведена задня закрита субтотальна вітректомія з наступною тампонадою (30 днів) ПФОС (праве око) і «легким» силіконом (ліве око). ЕРГ була проведена всім тваринам перед оперативним втручанням та через 7 і 30 днів після завершення тампонади.

Результати. Через 7 днів після завершення тампонади ПФОС латентність і амплітуда хвилі «а» максимальної ЕРГ суттєво не змінилися в порівнянні з контролем. При аналізі ритмічної ЕРГ: амплітуда колбочкової відповіді підвищилась до $47,0 \pm 3,0$ (μV) і подовжився час латентності до $(63,2 \pm 2,1)$ мс. Через 30 днів спостережень час хвилі «а» максимальної ЕРГ скоротився на 22 %, амплітуда зменшилась на 29,6 %, що нижче норми на 23 %. Активність середніх шарів сітківки по амплітуді хвилі «в» нормалізувалась. При проведенні порівняльного аналізу після виведення речовин ПФОС і «легкого» силікона виявлено збереження явища гіпервідповіді в усі терміни спостережень після тампонади силіконовим маслом.

Висновки. Виявлені особливості впливу ПФОС зі строком тампонади 30 днів на функціональну активність сітківки ока кролика в експерименті в динаміці через 1 місяць після його виведення. Встановлена дисфункція нейронів першого порядку периферичної і центральної сітківки, яка проявляється в зниженні амплітуди біоелектричної відповіді на спалах на 23–100 % відповідно при нормалізації стану на дію ПФОС нейронів другого порядку. При порівняльному аналізі впливу тампонади ПФОС і «легкого» силіконового масла строком 30 днів виявлено, що силікон викликає більшу реактивність відповіді (в 1,4–2,5 рази) шарів центральної і периферичної сітківки. В клінічній практиці ми б не рекомендували використовувати тривалу (30 днів) тампонаду ПФОС.

Ключевые слова: отслойка сетчатки, перфторорганических соединений, «легкое» силиконовое масло, электроретинография

Ключові слова: відшарування сітківки, перфторорганічні сполуки, «легка» силіконова олія, електроретинографія

Influence of thirty day tamponade of vitreal cavity with perfluorineorganic compounds on bioelectrical activity of the rabbit retina

Zhmurik D. V., Khramenko N. I., Slobodyanik S. B., Milienko M. V.

State Institution «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of National Medical Academy of Ukraine»; Odessa (Ukraine)

Introduction. Using perfluorine organic compounds (PFOC) for tamponade could expand the indications for surgical treatment of retinal detachments and improve results. However, there is no a clear opinion on the effect of PFOC on the functional state of the retina. It is important to compare the effect of PFOC and «light» silicone.

© Д. В. Жмурик, Н. И. Храменко, С. Б. Слободяник, М. В. Милюенко, 2014

The aim of this study is to determine the characteristics of the influence of tamponade with PFOC (30 days) on the bioelectrical activity of retinal function in the experiment, comparing the actions of PFOC and «light» silicone in the dynamics through electroretinography (ERG) at various times after the completion of tamponade — 7 to 30 days.

Material and methods. The study was performed on 6 chinchilla rabbits (12 eyes). All animals were performed posterior closed subtotal vitrectomy with subsequent tamponade (30 days) of PFOS (right eye) and «light» silicone (left eye). ERG was conducted for all animals before surgery and after tamponade in 7 and 30 days.

Results. 7 days after the completion of tamponade with PFOC latency and amplitude of the wave «a» of maximum ERG did not change significantly compared with the control. The response of the middle layers of the retina was characterized by elongation of the latency time of the wave «b» (48.8 ± 5.8 ms) and the increased amplitude to 215.5 ± 7.5 (μV). In rhythmical ERG the amplitude of the cone response increased to 47.0 ± 3.0 (μV) and the latency time prolonged to (63.2 ± 2.1) ms. On the 30th day of the observation period wave «a» of maximum ERG decreased by 22 %, the amplitude decreased by 29.6 %, which was below the norm by 23 %. Activity of the middle layers of the retina in the amplitude of the wave «b» normalized. In a comparative analysis after removal of PFOS substances and «light» silicone there was found retention hyperresponse phenomena during all periods of the follow-up after silicone oil tamponade.

Conclusions: There were determined peculiarities of the influence of PFOC with tamponade of 30 days on the functional activity of the retina of the rabbit in the experiment in the dynamics within 1 month after its conclusion. Dysfunction of neurons of the first order (photoreceptor layer) of the peripheral and central retina was revealed expressed in reduction of the amplitude of the bioelectric response to flashes by 23–100 %, respectively, in normalization of the PFOC effect on the second order neurons. Comparative analysis of the influence of retinal tamponade with PFOS and «light» of silicone oil for 30 days showed that silicone causes a greater reactivity of the response (1.4 -2.5) in the layers of the central and peripheral retina. In clinical practice we would not recommend using long-term (30 days) tamponade with PFOS.

Key words: retinal detachment, perfluorine organic compounds, electroretinography, «light» silicone oil.

Актуальность. Перфторорганические соединения (ПФОС) в офтальмохирургии начали применять с начала 80-х годов прошлого века [8]. Основные свойства ПФОС, привлекающие к себе внимание офтальмологов:

- химическая и метаболическая инертность;
- прозрачность;
- высокий удельный вес ($\approx 1,9$ г/см³);
- низкие вязкость и поверхностное натяжение (8,03 сСт);
- высокая относительная плотность (1,94–2,03);
- близкие к оптическим средам глаза коэффициенты преломления.

Биологическая инертность позволяет безопасно использовать физические и оптические свойства ПФОС с лечебной и хирургической целью.

Использование для послеоперационной тампонады веществ с высоким удельным весом при хирургическом лечении регматогенных (осложненных передней пролиферативной витреоретинопатией) и далеко зашедших тракционных диабетических отслоек сетчатой оболочки (ОСО), могло бы расширить показания к оперативному лечению

[4, 6, 10]. Однако отношение витреоретинальных хирургов к тампонаде витреальной полости ПФОС двойное, остается открытым вопрос о возможном повреждающем действии ПФОС [3, 5].

В связи с тем, что современные ПФОС, применяемые в офтальмохирургии, представляют собой высокочистые инертные химические соединения, процесс их узнавания защитной системой организма можно объяснить физическим и биологическим взаимодействием с интраокулярными структурами. Физическое воздействие реализуется через давление на подлежащие структуры (высокий удельный вес). Другим физическим раздражающим фактором может быть инерционное движение ПФОС внутри полости глаза. Биологическое взаимодействие ПФОС с тканями глаза предположительно происходит вследствие высокого содержания в ПФОС кислорода и в результате их растворения в липидах клеточных мембран.

Различные исследователи изучали действие ПФОС на сетчатку глаза экспериментальных животных с помощью электроретинографии (ЭРГ), световой и электронной микроскопии, которые

проводилась без завершения тампонады, либо на различных сроках после выведения ПФОС из витреальной полости с одним определенным сроком тампонады [3, 5, 7, 9, 11, 12], что, по нашему мнению, не дает возможности оценить обратимость изменений сетчатки после тампонады ПФОС и операционной травмы. Объективным методом, позволяющим изучить функциональное состояние различных слоёв и нейронов сетчатки, оценить степень повреждения и сроки восстановления сетчатки, является ЭРГ.

Актуально было бы изучить влияние на функциональное состояние сетчатки глаза кроликов 30-суточной тампонады в условиях, максимально приближенных к клиническим, с проведением задней закрытой субтотальной витрэктомии, а также изучить данные ЭРГ в разные сроки после завершения тампонады ПФОС и сравнить эти данные с результатами, полученными после тампонады стандартным, широко используемым тампонирующим веществом — «легким» силиконовым маслом.

Целью нашего исследования является определение особенностей влияния тампонады ПФОС (30 суток) на биоэлектрическую функциональную активность сетчатки в эксперименте и сравнение действия ПФОС и силикона вязкостью 5700 сСт в динамике путем проведения ЭРГ на разных сроках после завершения тампонады (7 и 30 суток).

Материал и методы

Все оперативные вмешательства, а также выведение животных из эксперимента выполняли в соответствии с «Требованиями биоэтики Хельсинской декларации об этическом регулировании медицинских исследований»

Экспериментальное исследование проведено на 6 кроликах-самцах (12 глаз) породы шиншилла массой (3,5±0,5) килограмм, в возрасте (6,5±0,5) месяцев. Тампонада ПФОС составляла 30 дней.

ЭРГ проводилась всем животным перед началом эксперимента, а также в различные сроки после завершения тампонады витреальной полости ПФОС (7 и 30 дней). Во всех случаях второй глаз (левый) был контрольным. На контрольных глазах мы проводили тампонаду «легким» силиконовым маслом вязкостью 5700 сСт.

Методика оперативного вмешательства. Подготовка. Анестезия: в/м раствор тиопентала натрия в дозе 2 мг/кг. Эпibuльбарно: 0,5 % раствор проксиметакаина. Мидриаз: эпibuльбарно 1 % раствор атропина сульфата и 2,5 % фенилэфрина. Перед проведением оперативного вмешательства эпibuльбарно 0,3 % раствор офлоксацина.

Задняя закрытая субтотальная витрэктомия (ЗЗСВ) проводилась под контролем операционного микроскопа OPTON ОрМи-8 аппаратом КФЭ-01-«МЕДА-НН» (частота 1200 уд/мин, аспирация 150 мм рт. ст.) инструментами 23G и 20G. В полость правого глаза вводили 1,5 мл ПФОС (перфторпергидронафталин). В полость левого глаза (контроль) вводили 1–1,5 мл «легкого» силиконового масла вязкостью 5700 сСт. После завершения витрэктомии в конъюнктивную полость закладывали мазь 0,3 % офлоксацина.

Завершение тампонады осуществлялось с проведением подготовки, описанной выше. Выведение ПФОС выпол-

няли под контролем операционного микроскопа OPTON: ОрМи-8 аппаратом КФЭ-01-«МЕДА-НН» (аспирация 150 мм рт. ст.). Выведение силиконового масла выполняли активно под контролем операционного микроскопа.

Методика проведения ЭРГ. Подготовка: эпibuльбарно: 0,5 % раствор проксиметакаина. Мидриаз: эпibuльбарно 1 % раствор атропина сульфата и 2,5 % фенилэфрина. Исследования ганцфельд-ЭРГ проводились на компьютерном электрофизиологическом комплексе «Retiscan» по стандартному протоколу, рекомендованному ISCEV, который включает скотопический палочковый ответ, скотопический комбинированный ответ палочек и колбочек, скотопические осцилляторные потенциалы, фотопический колбочковый ответ, фотопический колбочковый ответ на мигающую вспышку 30 Гц. Электроретинограмма полного поля отражает суммарный электрический ответ сетчатки, вызванный световой вспышкой от чашеобразной поверхности. Использовали контактную линзу-электрод, которую в качестве датчика помещали на роговицу кролика, референтный электрод фиксировали к коже лба по средней линии, заземляющий — к коже уха.

Результаты и их обсуждение

В период наблюдения через 7 и 30 дней после оперативного вмешательства по удалению тампонирующего вещества ПФОС и «легкого» силиконового масла были изучены показатели Ганцфельд-электроретинограммы, включающие скотопический комбинированный ответ палочек и колбочек (максимальная ЭРГ), фотопический колбочковый ответ (фотопическая ЭРГ) и фотопический колбочковый ответ на мигающую вспышку 30 Гц (ритмическая ЭРГ).

Через 7 дней после удаления ПФОС максимальная ЭРГ показала, что латентность и амплитуда волны «а» существенно не изменились в сравнении с контролем, что свидетельствует о стабилизации ответа на световой стимул фоторецепторного слоя периферического отдела сетчатки. Ответ средних слоев сетчатки на стимул характеризовался удлинением времени латентности волны «в» фактически вдвое, что составило 48,8±5,8 (мс) (p=0,001), и повышение ее амплитуды до 215,5±7,5 (µV), то есть на 68 % выше, чем в исходном состоянии (p=0,001) (табл. 1, 2).

Показатели активности фоторецепторного слоя центральной зоны сетчатки по фотопической ЭРГ существенно не изменились. Существенно не изменилась также активность средних слоев сетчатки (по показателям волны «в»): значимого повышения ее амплитуды, которое равнялось 80,5±7,5 (µV) в сравнении с исходной не выявлено, однако удлинилось время латентности на 51,7 % (p=0,001), что составило 40,2±2,2 (мс). При проведении ритмической ЭРГ выявлено, что амплитуда колбочкового ответа по волне N1-P1 повысилась на 38,2 % — до 47,0±3,0 (µV) (p=0,07) и удлинилось время латентности на 33 % — до 63,2±2,1 мс (p=0,01) (табл. 1, 2)

Таким образом, через неделю после удаления тампонирующего вещества ПФОС, выявлена реак-

Экспериментальные исследования

Таблица 1. Показатели максимальной, фотопической и ритмической электроретинограмм (ЭРГ) ($M \pm m$) у интактных кроликов ($N=12$).

Максимальная ЭРГ				Фотопическая ЭРГ				Ритмическая (30 Гц) ЭРГ	
Волна «а» (мс)	Волна «а» (μV)	Волна «в» (мс)	Волна «в» (μV)	Волна «а» (мс)	Волна «а» (μV)	Волна «в» (мс)	Волна «в» (μV)	P1 (мс)	N1- P1(μV)
13 \pm 0,4	42,6 \pm 2,7	24,3 \pm 3,5	128,3 \pm 9,7	14,3 \pm 1,1	34,8 \pm 4,5	26,5 \pm 1,8	68,1 \pm 6,9	47,5 \pm 3,1	34,3 \pm 7,6

Таблица 2. Сравнительный анализ показателей ЭРГ у кроликов после удаления ПФОС (п) и силикона 5700 (с) в разные сроки после операции ($M \pm m$).

Максимальная ЭРГ				Фотопическая ЭРГ				Ритмическая (30 Гц) ЭРГ		
Через 7 дней после удаления тампонирующего вещества (n=12)										
В-во	Волна «а» (мс)	Волна «а» (μV)	Волна «в» (мс)	Волна «в» (μV)	Волна «а» (мс)	Волна «а» (μV)	Волна «в» (мс)	Волна «в» (μV)	P1 (мс)	N1- P1(μV)
П	14,5 \pm 1,5	46,6 \pm 1,5	48,8 \pm 5,8	215,5 \pm 7,5	15,5 \pm 0,5	40,0 \pm 5,0	40,2 \pm 3,2	90,5 \pm 7,5	63,2 \pm 2,1	47,0 \pm 4,0
С	14,0 \pm 1,5	99,2 \pm 2,0*	43,7 \pm 16,3	273,5 \pm 27,0*	15,5 \pm 1,0	43,0 \pm 5,5	37,2 \pm 8,0	105,5 \pm 7,5	64,5 \pm 6,5	53,5 \pm 0,5
Через 30 дней после удаления тампонирующего вещества (N=12)										
В-во	Волна «а» (мс)	Волна «а» (μV)	Волна «в» (мс)	Волна «в» (μV)	Волна «а» (мс)	Волна «а» (μV)	Волна «в» (мс)	Волна «в» (μV)	P1 (мс)	N1- P1(μV)
П	11,3 \pm 1,4	32,8 \pm 0,5	35,0 \pm 4,2	117,0 \pm 10,1	11,0 \pm 1,0	15,3 \pm 3,5	34,2 \pm 3,8	66,5 \pm 8,0	65,0 \pm 5,6	15,8 \pm 6,0
С	14,5 \pm 2,5	83,6 \pm 1,5*	39,0 \pm 8,5	258,2 \pm 10,1*	14,0 \pm 3,0	31,9 \pm 1,5*	30,5 \pm 1,8	91,1 \pm 10,5*	62,5 \pm 10,5	31,4 \pm 2,5*

* — уровень значимости различий $p < 0,05$

ция активации ответа на световое воздействие средних слоев периферической сетчатки, а также колбочкового аппарата, что проявляется в замедлении проведения потенциала и повышении амплитуды ЭРГ (явление супернормальной ЭРГ). Таким образом, определяется явление повышенной раздражимости периферической сетчатки, т.е. изменение текущих значений физиологических параметров, превышающих их сдвиги без предварительного внешнего воздействия.

На 30 день после удаления ПФОС время волны «а» максимальной ЭРГ сократилось на 22 % ($p=0,01$) в сравнении с аналогичным параметром предыдущего периода с 14,5 \pm 1,5 (мс) до 11,3 \pm 1,4 (мс). Амплитуда данной волны за этот срок уменьшилась на 29,6 % ($p=0,01$), достигнув значения 32,8 \pm 0,5 (μV), что ниже нормы на 23 % ($p=0,01$) и подтверждает дисфункцию фоторецепторного слоя периферии сетчатки на 30 день послеоперационного наблюдения.

Активность средних слоев сетчатки этой зоны по амплитуде волны «в» практически вернулась к нормальным значениям — 117,1 \pm 10,1 (μV) ($p=0,01$), снизившись за 2 недели наблюдения на 45,5 % ($p=0,001$), что характеризует сохранность нейронов второго порядка.

Фотопическая система сетчатки на 30-й день характеризовалась сокращением времени проведения потенциала в фоторецепторном слое на 29 % ($p=0,01$), а также значимым уменьшением ее амплитуды (в 2,6 раз) в сравнении с предыдущим этапом наблюдения (2 недели), значения которой составили 15,3 \pm 3,5 (μV) и были в вдвое меньше, чем в группе

контроля. Это позволяет судить о дисфункции нейронов первого порядка центральной зоны сетчатки.

Активность средних слоев сетчатки уменьшилась на 17,4 % ($p=0,01$), принимая нормальные значения, что указывает на угасание излишнего раздражения в ответ на химическое воздействие ПФОС нейронов второго порядка.

Таким образом, в периоде отдаленного наблюдения за функциональным состоянием сетчатки после выведения тампонирующего вещества ПФОС, находившегося в полости глаза в течение одного месяца, сохраняется дисфункция нейронов первого порядка (уменьшение амплитуды ответа в 2 раза в центральной зоне и на 23 % по периферии) при нормализации функционального состояния нейронов второго порядка.

При проведении сравнительного анализа биоэлектрической активности сетчатки после удаления тампонирующих витреальную полость веществ ПФОС и «легкого» силиконового масла установлено, что показатель амплитуды волны «а» максимальной ЭРГ в группе с силиконом на 7-й день наблюдения был вдвое выше ($p=0,001$) (таб.2), и в 2 раза превышал норму ($p=0,001$). Биоэлектрическая активность средних слоев периферии сетчатки характеризовалась повышенной реактивностью по амплитуде волны «в» — на 26 % выше нормы (табл. 2). В группе с силиконом в центральной зоне сетчатки выявлена также повышенная активность средних слоев, как и в группе с ПФОС — на 54 % ($p=0,001$) от нормы (табл. 1, 2).

На 30 день наблюдения после выведения силикона реактивность фоторецепторного слоя перифе-

рии сетчатки снизилась незначительно (на 15,5 %) ($p=0,01$), превышая норму на 80,1 % ($p=0,001$). Активность средних слоев периферии сетчатки по максимальной ЭРГ оставалась высокой, и превышала норму в 2 раза ($p=0,001$). В этой же группе была отмечена положительная динамика, которая выражалась в нормализации биоэлектрической активности фоторецепторного слоя центральной зоны сетчатки, однако сохранялась повышенная реактивность средних слоев — $91,5 \pm 10,5 (\mu V)$, что на 33,8 % выше нормы ($p=0,001$). В сравнении с группой ПФОС после удаления силикона определяется более высокая реактивность фоторецепторных (в 2,1–2,5 раза) и средних слоев (в 1,37–2,2 раза) центральных и периферических отделов сетчатки соответственно.

Через 30 дней после завершения месячной тампонады ПФОС отмечена субнормальная ЭРГ (характеризующаяся снижением амплитуды волны «а»), что, по нашему мнению, может свидетельствовать о начале дистрофических процессов в фоторецепторном слое, а после месячной тампонады силиконовым маслом в том же сроке наблюдения сохранялись явления супернормальной ЭРГ (по амплитуде волны «в» фоторецепторного и средних слоев центральной и периферической сетчатки), что указывает на недостаточное восстановление биоэлектрической ее активности — ее высокую раздражимость.

По данным наших предыдущих экспериментальных исследований, где анализировалась функциональная активность сетчатки при различной длительности тампонады, после проведения 7-суточной тампонады ПФОС и легкого силиконового масла наблюдалось явление супернормальной ЭРГ, что, по нашему мнению, было реакцией на оперативное вмешательство и введение вещества, а через 1 месяц активность сетчатки практически возвращалась к норме [1]. При проведении 2-недельной тампонады ПФОС и «тяжелого» силиконового масла также наблюдалось явление супернормальной ЭРГ, однако показатели не возвращались к нормальному в течение 1 месяца после завершения тампонады [2]. После месячной тампонады ПФОС к концу 30-дневного срока наблюдения выявили дисфункцию фоторецепторных слоев периферии

сетчатки (начальную дистрофию) и после месячной тампонады легкого силиконового масла — явления гиперреактивности (дисфункции) сетчатки.

Сравнить наши данные с данными публикаций других авторов не представляется возможным, поскольку в экспериментальных работах использовались вещества с разным удельным весом и отличались условия проведения эксперимента, а также в связи с наличием тампонирующего вещества в глазу. Так, по данным Zeana D. и соавторов, после 14-недельной тампонады ПФОС наблюдалось некоторое снижение амплитуды ЭРГ [12]. По данным Flores-Aguilar M. и соавторов, после 3-месячной тампонады также наблюдалось снижение амплитуды ЭРГ, что объяснялось экранирующими свойствами ПФОС, которые описаны также и для силиконового масла [7]. Mackiewicz J. и соавторы выявили отсутствие изменений показателей ЭРГ после 3-месячной тампонады [9]. Перечисленные экспериментальные работы проводились без завершения тампонады и не могут быть сравнимы с нашими данными.

Ссылаясь на полученные нами результаты, мы бы не рекомендовали использовать длительную тампонаду ПФОС (30 дней) в клинической практике.

Выводы

1. Определены особенности влияния ПФОС со сроком тампонады 30 дней на функциональную активность сетчатки глаза кролика в эксперименте в динамике на протяжении одного месяца после его выведения. Выявлена дисфункция нейронов первого порядка (фоторецепторного слоя) периферической и центральной зон сетчатки, выражающаяся в снижении амплитуды биоэлектрического ответа на вспышку на 23–100 % соответственно при нормализации состояния на воздействие ПФОС нейронов второго порядка (средних слоев).

2. При сравнительном анализе влияния на сетчатку тампонады ПФОС и «легкого» силиконового масла сроком 30 дней установлено, что силикон вызывает большую реактивность ответа (в 1,4–2,5 раза) слоев центральной и периферической сетчатки.

3. В связи с полученными данными, нами не рекомендуется длительная тампонада (30 дней) ПФОС в клинической практике.

Литература

1. **Жмурик Д. В.** Экспериментальное исследование влияния семидневной тампонады перфторорганическими соединениями на биоэлектрическую функциональную активность сетчатки глаза кролика / Д. В. Жмурик, Н. И. Храменко, М. В. Милюченко // Офтальмол. журн. — 2014. — № 1. — С.86–92.
2. **Жмурик Д. В.** Экспериментальное исследование влияния двухнедельной тампонады перфторорганическими

соединениями на биоэлектрическую функциональную активность сетчатки глаза кролика / Д. В. Жмурик, М. В. Милюченко // Офтальмол. журн. — 2014. — № 4. — С.80–87.

3. **Шкворченко Д. О.** Комплексное хирургическое лечение отслоек сетчатки, осложненных гигантскими разрывами и отрывами от зубчатой линии, с применением жидких перфторорганических соединений:

- дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.08 / Д. О. Шкворченко — М., 1995. — 132 с.
4. **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.
 5. **Chang S.** Experimental studies of tolerance to intravitreal perfluoro-n-octane liquid / S. Chang, J. R. Sparrow, T. Iwamoto, A. Gershbein, R. Ross, R. Ortiz // Retina. — 1991. — № 4. — P. 367–374.
 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, J. A. Crapotta, C. Vuong, S. Shakiba, G. Bergeron-Lynn, C. A. Wiley, J. Weers, W. R. Freeman // Retina. — 1995. — № 1. — P.3–13.
 8. **Haidt S. J.** Liquid perfluorocarbon replacement of the eye / S. J. Haidt, L. C. Clark, J. Ginsberg // Invest Ophthalmol Vis Sci. — 1982. — № 22. — P.233.
 9. **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.
 10. **Sirimaharaj M.** Vitrectomy with short term post operative 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. **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 06.10.2014

References

1. **Zhmurik D. V., Hramenko N., Slobodjanik S. B., Milienko M. V.** Experimental study of the influence of short-term tamponade with perfluorine organic compounds on the bioelectric functional activity of the retina of the rabbit eye. Ophthalmol Zh. 2014;1:86–92. Russian.
2. **Zhmurik D. V., Milienko M. V.** Experimental study of the influence the two-week tamponade with perfluorine organic compounds on the bioelectric functional activity of the retina of the rabbit eye. Ophthalmol Zh. 2014;4:80–7. Russian.
3. **Shkvorchenko DO.** Complex surgical treatment of retinal detachment complicated by giant tears and detachment from the dentate line, using liquid perfluororganic compounds: thesis for Candidate of Med. Science: 14.00.08. M.; 1995. 132 p.
4. **Shkvorchenko DO, Levina LV.** On the tactic of surgical treatment of proliferative diabetic retinopathy, complicated by anterior proliferative vitreoretinopathy. Oftalmokhirurgiia. 2006;1:29–32. Russian.
5. **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.
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, Crapotta JA, Vuong C, Shakiba S, Bergeron-Lynn G, Wiley CA, Weers J, Freeman WR.** Intraocular tolerance of perfluorooctylbromide (perflubron). Retina. 1995;1:3–13.
8. **Haidt SJ, Clark LC, Ginsberg J.** Liquid perfluorocarbon replacement of the eye. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1982;22:233.
9. **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.
10. **Sirimaharaj M, Balachandran C, Chan WC, Hunyor AP, Chang AA, Gregory-Roberts J, Hunyor AB, Playfair TJ.** Vitrectomy with short term post operative 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. **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 06.10.2014