

Експериментальное исследование влияния кратковременной тампонады перфторорганическими соединениями на биоэлектрическую функциональную активность сетчатки глаза кролика

Д. В. Жмурик¹, к. мед. н., Н. И. Храменко², к. мед. н., С. Б. Слободяник², к. мед. н., М. В. Миленко¹, врач

¹ Киевская городская клиническая офтальмологическая больница «Центр микрохирургии глаза»
² ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В. П. Филатова НАМН Украины»

Актуальність. Перфторорганічні сполуки (ПФОС) мають цінні для вітреоретинальної хірургії властивості, а використання їх для короткострокової тампонади могло би розширити покази до оперативного лікування і покращити результати. Проте однозначної думки стосовно впливу ПФОС на функціональний стан сітківки немає.

Мета дослідження — визначення особливостей впливу короткочасної тампонади ПФОС (7 днів) на біоелектричну функціональну активність сітківки в експерименті, порівняння дії ПФОС і силіконової олії 5700 сСт в динаміці шляхом проведення ЕРГ на різних строках після завершення тампонади через 7, 14, 30 днів.

Матеріал і методи. Дослідження проведено на 6 кроликах (12 очей) породи шиншила. Всім тваринам здійснена задня закрыта субтотальна вітректомія з наступною тампонадою (7 днів) ПФОС (праве око) і силіконовою олією 5700 сСт (ліве око). ЕРГ була проведена всім тваринам перед оперативним втручанням до та через 7, 14 і 30 днів після завершення тампонади.

Результати. При аналізі скотопічної ЕРГ виявлено подовження латентності хвилі «в» в 2 рази в порівнянні з вихідними даними, що склало $(48,8 \pm 5,8)$ мс і підвищення амплітуди на 83 % $(235,5 \pm 7,5 \mu V)$. При аналізі фотопічної ЕРГ змінились показники хвилі «в» — подовжився час латентності на 52 %, що склало 40,2 мс і виявлялась тенденція підвищення її амплітуди на 27 % $(86,5 \pm 6,5 \mu V)$ на 7 день дослідження. К 14 дню відмічалася тенденція до нормалізації показників ЕРГ. Нормалізація функціонального стану центрального відділу та зниження активності фоторецепторного шару периферії сітківки на 18 % з збереженням активності середнього шару спостерігались к 30 дню. При проведенні порівняльного аналізу показників ЕРГ в групі силіконової олії і ПФОС виявлено, що показники максимальної ЕРГ в групі з силіконовою олією на 7 день спостереження були нижчими на 37 %. К 30 дню спостереження статистично значимої різниці між двома групами не було.

Висновки. Визначені особливості впливу тампонуєчої речовини ПФОС на біоелектричну функціональну активність сітківки ока кролика в експерименті в динаміці строком спостереження 1 місяць після його виведення. Виявлено подовження латентності і підвищення амплітуди середніх шарів периферичної та центральної сітківки, а також колбочкових фоторецепторів на 7 день; нормалізація функціонального стану центрального відділу і зниження активності фоторецепторного шару периферії сітківки на 18 % з збереженням активності середнього шару к 30 дню спостереження. Порівняльний аналіз ЕРГ показав, що біоелектрична активність сітківки кролика через 30 днів після завершення тампонади ПФОС і силіконовою олією 5700 сСт не мала відмінностей.

Ключові слова: сітківка, функціональна активність, перфторорганічні сполуки, електроретинографія, силіконова олія.

Ключевые слова: сетчатка, функциональная активность, перфторорганические соединения, электроретинография, силиконовое масло.

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

Zhmurik D. V., Hramenko N., Slobodjanik S. B., Milienko M. V.

Kyiv City Clinical Eye Hospital «Center of Eye Microsurgery»
SI «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of NAMS of Ukraine»

Introduction. Perfluorine organic compounds (PFOC) possess valuable qualities for vitreoretinal surgery, and their application for short-term tamponade could expand indications to surgical treatment and improve results. However, there is no unequivocal opinion concerning the effect of PFOC on the functional condition of the retina.

Purpose of the investigation is determination of peculiarities of the influence of short-term tamponade with PFOC (7 days) on the bioelectric functional activity of the retina in experiment, comparison of the PFOC effect and silicone 5700 cCm in dynamics by making ERG in different periods after the end of tamponade (7, 14, 30 days).

Material and methods. The investigation was carried out in 6 Chinchilla rabbits (12 eyes). All animals were performed posterior closed subtotal vitrectomy with the subsequent tamponade (7 days) with PFOC (the right eye) and silicone viscosity 5700 cCm (the left eye). Electroretinography was made to all animal before the surgical intervention and after the end of tamponade in 7, 14 and 30 days.

Results. While analyzing scotopic ERG there was revealed lengthening of the wave latency «B» 2 times in comparison with the initial data that made (48.8±5.8) ms and increase of the amplitude by 83 % (235.5±7.5 μV). In analysis of photopic ERG the wave «B» indices have changed — the latency time was extended by 52 %, that has made 40.2 ms and there was a tendency to increase its amplitude by 27 %, (86.5±6.5 μV) for the 7-th day of the investigation. By the 14th day there was a tendency to normalization of ERG indices. Normalization of the functional condition of the central section and reduction in the activity of the photoreceptor layer of the retinal periphery by 18 % with preservation of the activity of the middle layer was observed by the 30th day. The comparative analysis of ERG indices in the group of silicone oil and PFOC revealed that indices of the maximal ERG in the group with silicone were lower by 37 % on the 7-th day of observation. By the 30th day of observation there was no statistically significant difference in two groups.

Conclusions. There were determined peculiarities of the influence of the tamponade substances PFOC on the bioelectric functional activity of the retina of the rabbit eye in experiment in dynamics with a follow-up of 1 month after its removal. There was revealed lengthening of latency and increase of the amplitude of the middle layers of the peripheral and central retina as well as cone photoreceptors on the 7-th day; normalization of the functional condition of the central section and reduction in the activity of the photoreceptor layer of the retinal periphery by 18 % with preservation of the activity of the middle layer by the 30th day of follow-up. Comparative analysis of ERG has shown that the bioelectric activity of the retina of the rabbit had no differences in 30 days after removal of tamponade with PFOC and silicone 5700.

Key words: the retina, functional activity, Perfluorine organic compounds, silicone oil, electroretinography

Актуальность. Перфторорганические соединения (ПФОС) обладают ценными для витреоретинальной хирургии качествами, такими как химическая и метаболическая инертность, высокий удельный вес, прозрачность и низкая вязкость и активно используются интраоперационно [2, 4, 5, 7, 10, 15]. В экспериментальной работе Terauchi с соавторами с помощью электроретинографии (ЭРГ) исследовали функциональное изменение состояния сетчатки в ответ на интравитреальное введение ПФОС и пришли к выводу о безопасно-

сти интраоперационного использования ПФОС [13]. Использование ПФОС для кратковременной тампонады могло бы расширить показания к оперативному лечению и улучшить не только анатомические, но и функциональные его результаты. Поскольку кратковременная тампонада ПФОС обеспечивает интра- и межоперационную эвакуацию остаточной субретинальной жидкости, приводит к полноценной адаптации сетчатки [6, 15] и может применяться с гемостатической целью [1], это дает возможность вводить силиконовое масло

на «чистую» сетчатку [6], а также при необходимости проводить дополнительную лазерную коагуляцию [3]. Наиболее приемлемый минимальный срок тампонады по данным клинических публикаций, составляет 7 дней [6, 10]. Однако отношение витреоретинальных хирургов к кратковременной тампонаде витреальной полости ПФОС двоякое. Есть последователи разработанной технологии, но есть и ярые противники.

В экспериментальных работах посвященных этой проблеме, авторы изучали действие ПФОС на сетчатку глаза экспериментальных животных с помощью ЭРГ, световой и электронной микроскопии, которые проводились без завершения тампонады, либо на различных сроках после выведения ПФОС из витреальной полости с одним определенным сроком тампонады [2, 4, 8, 9, 11, 12], что по нашему мнению, не позволяет оценить функциональное восстановление сетчатки после кратковременной тампонады ПФОС и операционной травмы. Объективным методом, позволяющим изучить функциональное состояние различных слоёв и нейронов сетчатки, а также оценить степень повреждения и сроки восстановления сетчатки, является ЭРГ.

Целью исследования является определение особенностей влияния кратковременной тампонады ПФОС (7 дней) на биоэлектрическую функциональную активность сетчатки глаза кролика и сравнение действия ПФОС и силикона вязкостью 5700 сСт в динамике путем проведения ЭРГ в разные сроки после завершения тампонады — через 7, 14, 30 дней.

Материал и методы

Все вмешательства и выведение животных из эксперимента выполняли с соблюдением Хельсинкской декларации: «Правил обращения с лабораторными животными», в частности, с выполнением болезненных процедур под наркозом.

Экспериментальное исследование проведено на 6 кроликах самцах (12 глаз) породы шиншилла массой (3,5±0,5) килограмм, в возрасте (6,5±0,5) месяцев. Длительность тампонады ПФОС составляла 7 дней.

ЭРГ проводилась всем животным перед началом эксперимента, а также в различные сроки после завершения тампонады витреальной полости ПФОС (7, 14 дней и 1 месяц). Во всех случаях второй глаз (левый) был контрольным. На контрольных глазах проводилась тампонада силиконовым маслом вязкостью 5700 сСт.

Методика оперативного вмешательства.

Подготовка: анестезия — внутримышечно вводился раствор тиопентала натрия в дозе 2 мг/кг, эфирно — 0,5 % раствор проксиметакаина. Мидриаз: эфирно 1 % атропина сульфата и 2,5 % фенилэфрина. Перед проведением оперативного вмешательства эфирно 0,3 % раствор офлоксацина.

Задняя закрытая субтотальная витрэктомия (ЗЗСВ) проводилась инструментами 23 G и 20 G под контролем операционного микроскопа OPTON OpMi-8 аппаратом КФЭ-01-«МЕДА-НН» (частота 1200 уд/мин, аспирация 150 мм рт. ст.). В полость правого глаза вводили 1,5 мл ПФОС

(Перфтордекалин фирмы Bausch & Lomb). В полость левого глаза (контроль) вводили 1–1,5 мл силиконового масла вязкостью 5700 сСт (OXANE 5700 фирмы Bausch & Lomb). После завершения витрэктомии в конъюнктивальную полость закладывали мазь 0,3 % офлоксацина.

Завершение тампонады осуществлялось с проведением подготовки описанной выше, в различные сроки (7, 14 и 30 дней). Выведение ПФОС (Перфтордекалин фирмы Bausch & Lomb) выполняли под контролем операционного микроскопа OPTON: OpMi-8 аппаратом КФЭ-01-«МЕДА-НН» (аспирация 150 мм рт. ст.). Выведение силиконового масла выполняли активно под контролем операционного микроскопа.

Методика проведения ЭРГ.

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

Результаты и их обсуждение

Ганцфельд-электроретинограмма, включающая скотопический комбинированный ответ палочек и колбочек (максимальная ЭРГ), фотопический колбочковый ответ (фотопическая ЭРГ) и фотопический колбочковый ответ на мигающую вспышку 30Гц (ритмическая ЭРГ), была проанализирована через 7, 14 и 30 дней после завершения тампонады.

Через 7 дней после выведения ПФОС максимальная ЭРГ показала, что латентность и амплитуда волны «а» не претерпели существенных изменений в сравнении с контролем, и это указывает на сохранную функциональную активность фоторецепторного слоя периферического отдела сетчатки. Однако в средних слоях сетчатки отмечали удлинение времени латентности волны «в» в 2 раза в сравнении с исходным, что составило (48,8±5,8) мс (P=0,01), и повышение ее амплитуды на 83 % (в сравнении с нормой (128,3±9,7) μV), и имело значение (235,5±7,5) μV, (p=0,001) (табл. 1, 2).

Анализ фотопической ЭРГ показал, что существенно изменились показатели волны «в» — удлинился период латентности на 52 % (p=0,001), что составило 40,2 мс и выявлялась тенденция к повышению ее амплитуды на 27 %, значение которой (86,5±6,5) μV. Также увеличилась амплитуда колбочкового ответа на 28 % по волне N1-P1, среднее значение которой (44,0±4,0) μV при проведении ритмической ЭРГ (табл. 1, 2).

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. Показатели максимальной, фотопической и ритмической электроретинограмм (ЭРГ) ($M \pm m$) кроликов после удаления вещества ПФОС

Максимальная ЭРГ				Фотопическая ЭРГ				Ритмическая (30 Гц) ЭРГ	
Через 7 дней после удаления тампонирующего вещества (ПФос)									
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)
13,5 \pm 1,5	36,6 \pm 1,5	48,8 \pm 5,8 (100 %)	235,5 \pm 7,5 (83 %)	11,5 \pm 0,5	36,0 \pm 5,0	40,2 \pm 3,2	86,5 \pm 6,5	60,5 \pm 0,1	44,0 \pm 4,0
$p=0,8$	$p=0,2$	$p=0,01$	$p=0,001$	$p=0,8$	$p=0,8$	$p=0,001$	$p=0,1$	$p=0,07$	$p=0,01$
Через 14 дней после удаления тампонирующего вещества									
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)
12,5 \pm 1,5	35,0 \pm 0,1	37,5 \pm 13,5	198,3 \pm 17,5	15,0 \pm 2,0	31,5 \pm 0,5	27,5 \pm 2,8	87,1 \pm 16,0	47,5 \pm 11,5	38,5 \pm 0,5
$p=0,4$	$p=0,02$	$p=0,2$	$p=0,002$	$p=0,4$	$p=0,3$	$p=0,4$	$p=0,1$	$p=1,0$	$p=0,3$
Через 30 дней после удаления тампонирующего вещества									
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)
17,3 \pm 3,4	35,7 \pm 0,7	25,3 \pm 5,7	137,7 \pm 13,1	12,7 \pm 0,9	37,8 \pm 2,5	21,5 \pm 1,8	79,3 \pm 9,9	56,6 \pm 5,6	27,8 \pm 6,0
$p=0,1$	$p=0,02$	$p=0,4$	$p=0,3$	$p=0,2$	$p=0,3$	$p=0,4$	$p=0,1$	$p=0,08$	$p=0,2$

p — уровень значимости различий в сравнении с контрольной группой.

Таким образом, через 7 дней после завершения тампонады ПФОС, выявлено наличие реактивного процесса в средних слоях периферической и центральной сетчатки (биполяров и Мюллеровских клеток) и ее колбочковом аппарате, что проявляется в замедлении проведения потенциала и повышении амплитуды (явление супернормальной ЭРГ).

Через 14 дней после удаления ПФОС амплитуда волны «а» максимальной ЭРГ уменьшилась на 18 %, равняясь 35,0 \pm 0,1 (μV) ($p=0,02$) в сравнении с контролем, а амплитуда волны «в» понизилась на 15,7 % в сравнении с показателями на 7-й день после операции 198,3 \pm 17,5 (μV) ($p=0,002$), однако еще превышала норму на 54 % ($p=0,02$). Обращает на себя внимание повышение вариабельности данного показателя с 4,5 до 47 % за недельный промежуток между наблюдениями. Латентность волны «в» уменьшилась в сравнении с предыдущим периодом наблюдения (7 дней) с 48,8 до 37,5 мс, существенно не отличаясь от нормы. Показатели фотопической и ритмической ЭРГ не отличались от контроля.

Таким образом, на 14 день после завершения тампонады имеет место нормализация колбочкового ответа сетчатки, уменьшение трансудативного процесса, что выражается в снижении амплитуды ответа средних слоев периферии сетчатки на 15,7 % и нормализации времени его латентности.

Анализ максимальной ЭРГ через 30 дней после выведения ПФОС показал, что временные пара-

метры, отражающие латентность проведения потенциала фоторецепторного слоя, не изменились. Однако, как и на 14 день наблюдения, сохраняется снижение амплитуды фоторецепторного ответа по волне «в» — 35,7 \pm 0,7 (μV), что ниже нормы на 18 % ($p=0,02$). Биелектрический ответ средних слоев сетчатки изменился: амплитуда волны «в» равнялась 137,7 \pm 13,1(μV), снизившись в сравнении с амплитудой на 14 день проверки на 31 % ($p=0,02$), придя к нормальным значениям. Следует отметить, что показатели фотопической и ритмической ЭРГ на отличались от нормы.

Таким образом, на 30 день наблюдения после удаления тампонирующего вещества ПФОС функциональная активность центрального отдела сетчатки (фоторецепторного и средних слоев) соответствовала нормальным значениям. Также выявлена нормализация ответа средних слоев периферического отдела сетчатки, однако отмечается снижение функциональной активности фоторецепторного слоя этих отделов на 18 %. В динамике за этот период наиболее выражено на операционное вмешательство с удалением ПФОС отреагировали средние слои сетчатки: так, на 7-й день амплитуда волны «в» максимальной ЭРГ повысилась на 83 %, через 14 дней амплитуда снизилась, но еще была выше нормы на 54 %, на 30 день — пришла к нормальным значениям (рис.1). Ответ фоторецепторов (палочек и колбочек) соответствовал норме на 7-й день по-

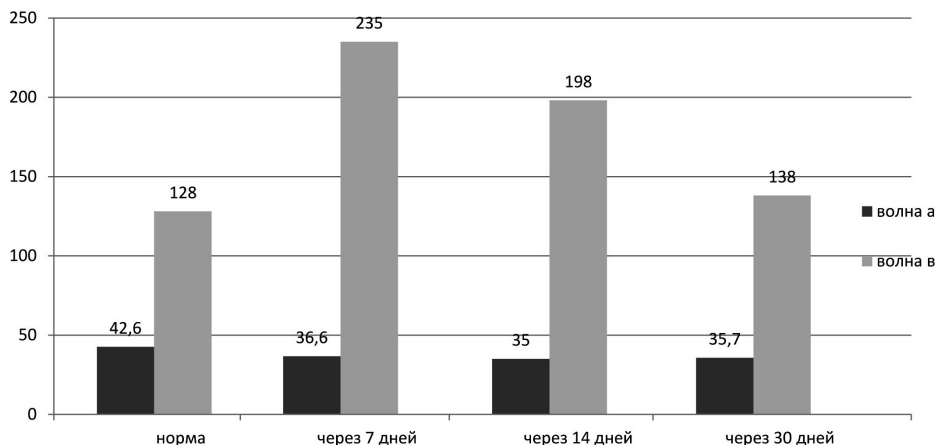


Рис. 1. Изменение амплитуды волны «а» и «в» максимальной ЭРГ после удаления тампонирующего вещества ПФОС через 7, 14 и 30 дней

сле операции, значимо снижаясь к 14 дню на 18 %, и уже не изменился к 30 дню наблюдения (рис. 1).

При проведении сравнительного анализа биоэлектрической активности сетчатки после завершения тампонады витреальной полости веществами ПФОС и силикона вязкостью 5700 сСт (контроль) выявлено, что показатели максимальной ЭРГ в группе с силиконом на 7-й день наблюдения были ниже на 37 % ($p=0,001$) (табл. 3). Биоэлектрическая активность сетчатки по фотопической ЭРГ и ритмической ЭРГ в группах, с тампонадой силиконом и ПФОС не имела существенных различий.

На 30 день наблюдения сравнительный анализ максимальной ЭРГ показал, что в группе с силиконом амплитуда волны «в» снизилась до $(128,7 \pm 10,1) \mu V$, а в группе с ПФОС снизилась до $(137,7 \pm 13,1) \mu V$, значимых различий не наблюдалось. Ритмическая ЭРГ не отличалась в обеих группах, а при анализе фотопической ЭРГ выявлено удлинение латентности фоторецепторного ответа на 23,2 % в группе с силиконом в сравнении с группой ПФОС.

Изменения периферических и центральных отделов сетчатки в ранние сроки после удаления там-

понирующих веществ ПФОС и легкого силикона могут объясняться наличием транссудативного процесса в средних слоях сетчатки — как реакция на операционную травму.

Изучению действия ПФОС на ткани сетчатки посвящен ряд работ, однако отношение витреоретинальных хирургов к тампонаде витреальной полости ПФОС неоднозначное.

Stanley Chang отмечает, что тампонада ПФОС в течение 48 часов не вызывает никаких изменений сетчатки по данным ЭРГ и гистологии. Длительность тампонады более двух недель только в 30 % случаев приводит к изменениям в плексиформном слое сетчатки, однако аналогичные изменения происходят и под действием силикона [8].

Flores-Aguilar M. пришла к выводу, что ПФОС (perflubon) не вызывает морфологических, функциональных и клинических изменений сетчатки и хрусталика на протяжении 3 месяцев наблюдения, что подтверждено данными ЭРГ [11].

Д. О. Шкворченко через 1 месяц после введения ПФОС в полость стекловидного тела кроликов отметил умеренно выраженные изменения сетчатки

Таблица 3. Сравнительный анализ показателей ЭРГ у кроликов после удаления ПФОС (П) и силикона 5700 (С) в разные сроки после операции.

Максимальная ЭРГ					Фотопическая ЭРГ				Ритмическая (30 Гц) ЭРГ	
Через 7 дней после удаления тампонирующего вещества (n=4)										
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	13,5±1,5	36,6±1,5	48,8±5,8	235,5±7,5	11,5±0,5	36,0±5,0	40,2±3,2	86,5±6,5	60,5±0,1	44,0±4,0
С	14,0±1,5	39,±2,0	43,7±16,3	146,5±7,0*	15,5±2,0	30,0±5,5	27,2±8,0*	95,5±8,5	54,5±6,5	30,5±0,5*
Через 30 дней после удаления тампонирующего вещества (n=4)										
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	17,3±3,4	35,7±0,7	25,3±5,7	137,7±13,1	12,7±0,9	37,8±2,5	21,5±1,8	79,3±9,9	56,6±5,6	27,8±6,0
С	17,5±3,5	37,5±1,5	36,5±15,5	128,7±11,0	12,5±3,0	31,8±1,5*	26,5±1,8*	75,0±10,5	41,5±10,5	34,5±2,5

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

по данным ЭРГ и на двух глазах — повышение амплитуды волн в белом и красном свете. Через 4 месяца после вмешательства все параметры ЭРГ возвращались к нормальным значениям [4, 5].

Исследования О. В. Каштана посвящены изменениям структур глаза, соответственно разным срокам нахождения тампонирующего ПФОС. Было выявлено, что за 7 суток тампонады изменения структур сетчатки сводятся к отечным послеоперационным изменениям, что сопоставимо с результатами нашего экспериментального исследования. К 14 дню отек становится максимальным, а месяц тампонады приводит к необратимым атрофическим изменениям [2]. Данные электроретинографии соответствовали результатам, полученным Д. О. Шкворченко

Однако в литературе описаны и противоположные данные. В экспериментальных работах на кроликах, согласно Devin F. и соавторам, гистологические изменения в сетчатке развиваются уже через 48 часов [9], а тампонада в течение четырех и более дней, по данным Orzalesi N. и соавторов, вызывает необратимые изменения в сетчатке [12]. Однако в этих исследованиях экспериментальным животным не проводилась ЭРГ. Возможно, такая разница в данных связана с использованием ПФОС разной степени очистки, поскольку высокоочищенные ПФОС могут находиться в витреальной полости дольше, не вызывая необратимых изменений [14], а также ис-

пользованием ПФОС с разным удельным весом. Так удельный вес перфтор-*n*-октан 1.76, перфтортрибутиламина — 1.89 а перфтордекалина — 1.94 [7]. При кратковременной тампонаде для достижения прилегания сетчатки более актуально использование ПФОС с большим удельным весом. Отсутствие повреждений, по данным эксперимента с использованием ПФОС с большим удельным весом, косвенно указывает на возможность применения других видов ПФОС с меньшим удельным весом.

Выводы

1. Определены особенности влияния тампонирующего вещества ПФОС на биоэлектрическую функциональную активность сетчатки глаза кролика в эксперименте в динамике сроком наблюдения 1 месяц после его выведения. Выявлено удлинение латентности и повышение амплитуды (явление супернормальной ЭРГ) в средних слоях периферической и центральной сетчатки, а также колбочковых фоторецепторах на 7-й день; нормализация функционального состояния центрального отдела и снижение активности фоторецепторного слоя периферии сетчатки на 18 % с сохранностью активности среднего слоя к 30 дню наблюдения.

2. Сравнительный анализ ЭРГ показал, что через 30 дней после удаления тампонады ПФОС и силиконом 5700 биоэлектрическая активность сетчатки кролика не имела различий.

Литература

1. Алиев А-Г. Д. Клинический анализ и оценка эффективности поэтапной витреоретинальной хирургии при пролиферативной диабетической ретинопатии / А-Г. Д. Алиев, Д. Н. Шаримова, Д. Ш. Таркинская // Современные технологии лечения витреоретинальной патологии. — 2011. — Сб. тезисов. — ФГУ «МНТК «Микрохирургии глаза». — М., 2011. — С.17–20.
2. Каштан О. В. Комплексное хирургическое рецидивов отслоек сетчатки, осложненных тяжелой пролиферативной витреоретинопатией с использованием перфторполиэфиров : дис...к-та. мед. наук: 14.00.08 / О. Г. Каштан — М., 1995. — 155 с.
3. Тахчиди Х. П. Особенности хирургии тракционной отслойки сетчатки при пролиферативной диабетической ретинопатии / Х. П. Тахчиди, О. А. Костин // Перфторорганические соединения в биологии и медицине: Сб. науч. тр. — Пушино. — 1999. — С.186–192
4. Шкворченко Д. О. Комплексное хирургическое лечение отслоек сетчатки, осложненных гигантскими разрывами и отрывами от зубчатой линии, с применением жидких перфторорганических соединений : дис...к-та. мед. наук: 14.00.08 / Д. О. Шкворченко. — М., 1995. — 132 с.
5. Шкворченко Д. О. Экспериментально — клиническое обоснование применения витреопресса для краткосрочного послеоперационного тампонирования в витреоретинальной хирургии / Д. О. Шкворченко, О. В. Каштан, К. Н. Макаров, Т. И. Ронкина // Перфторорганические соединения в биологии и медицине: Сб. науч. тр. — Пушино, 1999. — С.186–192.
6. 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.
7. Bourke R. D. Perfluorocarbon heavy liquids / R. D. Bourke, R. J. Cooling // Aust N Z J Ophthalmol. — 1995. — № 23(3). — P. 165–171.
8. 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. — № 11. — P. 367–374.
9. Devin F. Experimental tolerability of perfluorodecalin in prolonged intraocular tamponade / F. Devin, T. Jourdan, J. B. Saracco, A. Lucciani // J Fr Ophthalmol. — 1995. — № 18. — P.268–274.
10. Drury B. Short-term intraocular tamponade with perfluorocarbon heavy liquid / B. Drury, R. D. Bourke // Br J Ophthalmol. — 2010. — № 22. — P. 694–698.
11. 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. — № 15. — P. 3–13.

12. **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. — № 17. — P. 828–835.
13. **Terauchi H.** Experimental study on the effects of a replacement of the vitreous body with perfluorotributylamine on the rabbit eye / H. Terauchi, S. Okinami, Z. Kozaki, H. Tanihara, M. Nagata, Y. Segawa // *Nihon Ganka Gakkai Zasshi.* — 1989. — № 93. — P.294–301.
14. **Velikay M.** The effect of chemical stability and purification of perfluorocarbon liquids in experimental extended-term vitreous substitution / M. Velikay, U. Stolba, A. Wedrich, Y. Li, P. Datlinger, S. Binder // *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* — 1995. — № 233. — P. 26–30.
15. **Wafapoor H.** The adjunctive use of perfluoroperhydrophenanthrene (Vitreon) in diabetic vitrectomy / H. Wafapoor, P. J. Kertes. // *International Ophthalmology.* — 1999. — № 22. — P.89–86.
16. **Zeana D.** Perfluoroheptyloctane as a long-term vitreous tamponade in the experimental animal. Experimental perfluoroheptyloctane substitution / D. Zeana, J. Becker, R. Kuckelkorn, B. Kirchoff // *Int Ophthalmol.* — 1999. — № 23. — P. 17–24.

Посмунула 11.12.2013

References

1. **Aliev A-G, Sharimova DN, Tarkinskaya DSh.** Clinical analysis and evaluation of phase vitreoretinal surgery in proliferative diabetic retinopathy. Modern techniques of vitreoretinal pathology treatment. 2011. Theses book. FGU «MNTK «Microsurgery of the eye». M.; 2011. 17–20.
2. **Kashtan OV.** Complex surgical treatment of recurrence of retinal detachment complicated by severe proliferative vitreoretinopathy using perfluoropolyether: Author's thesis for Candidate of Medical Sciences: 14.00.08. M.; 1995. 155 p.
3. **Takhchidi KhP, Kostin OA.** Peculiarities of traction retinal detachment surgery in proliferative diabetic retinopathy. Perfluororganic compounds in biology and medicine: collection of papers. Pushchino. 1999.186–92.
4. **Shkvorchenko DO.** Complex surgical treatment of retinal detachment complicated by giant breaks and detachments from the dentate line with liquid perfluoroorganic compounds: Author's thesis for Candidate of Medical Sciences: 14.00.08.M.;1995: 132 p.
5. **Shkvorchenko DO, Kashtan OV, Makarov KN, Ronkina TI.** Experimental — clinical rationale for the use of vitreopress for short-term postoperative plugging in vitreoretinal surgery. Perfluororganic compounds in biology and medicine: collection of papers. Pushchino. 1999.186–92.
6. **Shkvorchenko DO, Levina LV.** On the surgical treatment of proliferative diabetic retinopathy, complicated by anterior proliferative vitreoretinopathy. *Oftalmokhirurgiiia.* 2006; 1:29–32.
7. **Bourke RD, Cooling RJ.** Perfluorocarbon heavy liquids. *Aust N Z J Ophthalmol.* 1995;23(3):165–71.
8. **Chang S, Sparrow JR, Iwamoto T, Gershbein A, Ross R, Ortiz R.** Experimental studies of tolerance to intravitreal perfluoro-n-octane liquid. *Retina.* 1991;11:367–74.
9. **Devin F, Jourdan T, Saracco JB, Lucciani A.** Experimental tolerability of perfluorodecalin in prolonged intraocular tamponade. *J Fr Ophtalmol.* 1995;18:268–74.
10. **Drury B, Bourke RD.** Short-term intraocular tamponade with perfluorocarbon heavy liquid. *Br J Ophthalmol.* 2010;22:694–8.
11. **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 perfluoroethylbromide (perflubron). *Retina.* 1995;15:3–13.
12. **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;17:828–35.
13. **Terauchi H, Okinami S, Kozaki Z, Tanihara H, Nagata M, Segawa Y.** Experimental study on the effects of a replacement of the vitreous body with perfluorotributylamine on the rabbit eye. *Nihon Ganka Gakkai Zasshi.* 1989;93:294–301.
14. **Velikay M, Stolba U, Wedrich A, Li Y, Datlinger P, Binder S.** The effect of chemical stability and purification of perfluorocarbon liquids in experimental extended-term vitreous substitution. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1995;233:26–30.
15. **Wafapoor H, Kertes P.** The adjunctive use of perfluoroperhydrophenanthrene (Vitreon) in diabetic vitrectomy. *International Ophthalmology.* 1999;22:89–6.
16. **Zeana D, Becker J, Kuckelkorn R, Kirchoff B.** Perfluoroheptyloctane as a long-term vitreous tamponade in the experimental animal. Experimental perfluoroheptyloctane substitution. *Int Ophthalmol.* 1999;23:17–24.

Received 11.12.2013