

*М. А. Поух*

## **ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ СВЕТОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА НА РЕАКЦИЮ ЗРАЧКА**

*Научный руководитель д-р мед. наук, проф. А. И. Кубарко,  
ассист. В. Н. Фоменко*

*Кафедра нормальной физиологии,*

*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

**Резюме.** *Получены данные о параметрах светового зрачкового рефлекса при импульсном характере воздействия: латентных периодах, наличии временной суммации, об отличиях этих характеристик от таковых при непрерывной стимуляции.*

**Ключевые слова:** *импульсная световая стимуляция, зрачковый рефлекс.*

**Resume.** *Following results of the parameters of the light pupil reflex under the pulsed nature of the effect were obtained: latency periods, the presence of temporal summation, the differences of these characteristics from those with continuous stimulation.*

**Keywords:** *impulse light stimulation, pupillary reflex.*

**Актуальность.** Основные параметры зрачковых реакций на освещение сетчатки хорошо известны, в то время как влияние импульсного светового воздействия остается малоизученным. Между тем такой характер воздействия на зрительную систему ставит ее в новые и более сложные условия функционирования, измерения параметров которого позволяет более дифференцированно изучать лежащие в основе зрачковых рефлексов нейронные механизмы.

**Цель:** исследование влияния импульсной световой стимуляции на различных частотах на реакцию зрачка.

**Материал и методы.** Проведено исследование реакции зрачка у 55 здоровых испытуемых возраста 18-20 лет на импульсную световую стимуляцию сетчатки правого глаза. Реакция зрачка регистрировалась с помощью видеозаписи после 10-минутной темновой адаптации испытуемых в положении лежа.

Частота импульсной стимуляции составляла 0,5; 1; 2; 3; 5; 8 и 12 Гц. Кроме того, глаз отдельно стимулировался светом той же интенсивности в постоянном режиме. Источником световых вспышек были маломощные светодиоды синего цвета, на которые подавался импульсный ток с электростимулятора. Видеосъемка проводилась в темноте, в условиях подсветки глаза инфракрасным светом, с использованием видеокамеры с частотой записи 50 кадров в секунду.

Видеозаписи разбивались на отдельные кадры, и на каждом из них рассчитывались латентный период зрачковой реакции, измерялся абсолютный диаметр зрачка с помощью экранной линейки в момент начала вспышки и в момент максимального его сужения.

Статистическая обработка данных проведена средствами MS Excel и Statistica10.

**Результаты и их обсуждение.** При стимуляции одиночной вспышкой 100 мс зрачок испытуемых отвечал однообразной реакцией сужения. Латентный период этой реакции составлял  $259,1 \pm 47,7$  мс, продолжительность сужения – около 700 мс, и продолжительность восстановления исходного размера около 2,5 с. Эти параметры зрачковой реакции согласуются с данными, известными из литературы [1], что

позволяет считать, что нами для исследования зрачковых реакций использован адекватный метод.

В ходе исследования получены следующие значения амплитуды реакции зрачка на импульсную световую стимуляцию различной частоты (таблица 1).

**Таблица 1.** Минимальные диаметры зрачка при различных частотах стимуляции (медианы и квантили)

Частота стимуляции, Гц	Минимальный диаметр зрачка, мм
Отсутствие стимуляции	5,3 (4,56; 6,545)
0,5	2,78 (2,66; 2,66)
1	2,55 (2,37; 2,8)
2	2,63 (2,46; 2,75)
3	2,57 (2,24; 2,92)
5	2,56 (2,24; 2,9)
8	2,46 (2,28; 2,74)
Непрерывно	2,26 (2,04; 2,44)

Из приведенных в таблице 1 данных видно, что с увеличением частоты стимуляции увеличивается амплитуда сужения зрачка, приближаясь при частоте 8 Гц к амплитуде, достигаемой при непрерывном освещении зрачка световым потоком той же яркости.

При записи зрачковых реакций в процессе импульсного воздействия светом выявилось, что его отдельные сужения суммируются (таблица 2).

**Таблица 2.** Степень сужения зрачка относительно предыдущего минимального диаметра при различных частотах световой стимуляции (по медианам значений)

Частота	Степень сужения зрачка (в %) после вспышки									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,5Гц	6,57	4,32	2,82	1,16	1,18	-1,19	1,47	8,06	-3,90	
1 Гц	10,34	4,28	3,03	3,28	-1,29	1,12	1,35	0,49	4,70	
2 Гц	23,68	6,16	9,49	3,23	1,00	2,36	0,00	4,21	3,35	
3 Гц	16,16	9,94	7,98	-0,67	0,00	-3,31	0,00	-4,17	10,46	
5 Гц	19,62	15,03	5,96	0,51	2,85	2,28	6,50	8,24	-9,56	
8 Гц	12,22	8,61	12,19	2,84	1,30	4,44	0,86	1,04	-1,23	

Из приведенных в таблице 2 данных видно, что, хотя общая амплитуда реакции сужения зрачка при импульсной стимуляции увеличивается с возрастанием частоты, от вспышки к вспышке диаметр зрачка уменьшается на меньшую величину.

В качестве возможных механизмов суммации сужений зрачка при импульсной световой стимуляции могут быть приняты во внимание процессы, которые лежат в основе суммации сокращений поперечно-полосатых мышц. Такое допущение основано на том, что гладкие мышцы, контролирующие диаметр зрачка, относятся к особому подтипу – мультиединичных мышц. Для них характерен сходный с поперечно-полосатой мускулатурой тип иннервации: к каждому мышечному волокну подходит аксон постганглионарного мотонейрона и в качестве нейромедиатора в нейроэффektorных контактах аксонов и мышечных волокон мышцы, используется ацетилхолин, вызывающий сокращение мышцы суживающей зрачок. Можно допустить, что при световой стимуляции с большей частотой в мышце суживающей зрачок, увеличение суммарной амплитуды сужения зрачка наблюдается вследствие

развития сокращения, близкое по характеру к гладкотетаническому. Его основной причиной, вероятно, является накопление в мышечных волокнах кальция. При более низких частотах световой стимуляции, когда существенная часть внутриклеточного кальция удалена из саркоплазмы, суммация развивается на фоне идущего расслабления и формируется сокращение зубчато-тетанического характера с приростом амплитуды сужения зрачка. Определенную роль в увеличении амплитуды суммирующихся сокращений может играть и увеличение тонуса преганглионарных нейронов ядра Эдингера-Вестфаля-Якубовича, вследствие поступления к ним большого числа афферентных нервных импульсов при импульсной световой стимуляции сетчатки [1].

Анализ записей зрачковых реакций в условиях 5-минутного импульсного светового воздействия выявил увеличение диаметра зрачка, при стимуляции с возрастающей частотой (таблица 3). Это несколько неожиданное явление может быть следствием реакции адаптации зрительной системы к монотонному световому воздействию, развития торможения соответствующих нервных центров, либо прямой активации симпатической системы в ответ на импульсную световую стимуляцию.

**Таблица 3.** Диаметры зрачков (медианы и квартили) при длительной световой стимуляции

Частота стимуляции, Гц	Минимальный диаметр зрачка, мм
1	2,56 (2,19; 3,39)
5	3,80 (2,86; 4,55)
12	3,91(3,17; 4,47)

**Заключение.** Применение световой стимуляции глаза сериями вспышек с различной частотой дает больший объем информации для анализа механизмов зрачковой реакции, чем при одиночном воздействии. При увеличении частоты стимуляции в условиях непродолжительного воздействия минимальный диаметр зрачка достигается раньше, а амплитуда сужения увеличивается. При импульсном воздействии с частотой от 0,5 Гц появляется суммация сокращений зрачка по типу зубчатого или гладкого тетануса.

**Информация о внедрении результатов исследования.** По результатам настоящего исследования опубликована 1 статья в сборнике материалов, 1 тезис доклада, получен 1 акт внедрения в образовательный процесс кафедры нормальной физиологии УО «Белорусский государственный медицинский университет».

*M. A. Poukh*

## **INFLUENCE OF LIGHT STIMULATION FREQUENCY ON PUPIL REACTION**

*Tutors: professor A. I. Kubarko,*

*assistant V. N. Fomenko*

*Department of Normal Physiology,*

*Belarusian State Medical University, Minsk*

### **Литература**

1. Кубарко, А. И. Зрение (нейрофизиологические и нейроофтальмологические аспекты): монография в 2 т. Т. 1 / А. И. Кубарко, Н. П. Кубарко. – Минск: БГМУ, 2007.