

М. А. Поух, В. Н. Фоменко
**ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ СВЕТОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ СЕТЧАТКИ
ГЛАЗА НА РЕАКЦИЮ ЗРАЧКА**

Научный руководитель д-р мед. наук, проф. А. И. Кубарко

Кафедра нормальной физиологии,

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

***Резюме.** Представлены результаты исследования влияния частоты импульсной световой стимуляции на реакцию зрачка. Выявлено, что при стимуляции серией вспышек с частотой 0,5 – 8 Гц происходит суммация амплитуд сужения зрачка.*

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

***Resume.** The results of the research of the influence of the frequency of light stimulation on the pupil reaction are presented. The summation of amplitudes of pupil constriction when stimulated by series of flashes with frequency 0.5 – 8 Hz was identified.*

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

Актуальность. Основные параметры зрачковых реакций на освещение сетчатки хорошо известны, в то время как влияние импульсного светового воздействия (сериями вспышек с различной частотой) остается малоизученным. Между тем оно создает более сложные условия функционирования для зрительной системы, вследствие частого изменения ее освещенности, которая зависит от реакции зрачка на импульсное световое воздействие.

Изучение зрачковых реакций широко используется в диагностике неврологических, офтальмологических и других заболеваний. При этом обычно определяют наличие или отсутствие реакции зрачков на свет, ее выраженность, симметричность, что позволяет судить о состоянии функции зрительных путей и центров, контролирующей осуществление этой реакции. Разработка методов количественной оценки реакции зрачка на импульсное световое воздействие позволит расширить возможности

использования параметров зрачковых реакций для диагностики заболеваний центральной нервной системы.

Целью работы является изучение влияния различных частот световой стимуляции на реакцию зрачка при одинаковой мощности светового потока.

Задачи:

1. Определить амплитуду реакции зрачка на действие одиночных и возрастающих по частоте вспышек света.
2. Определить наличие и характер суммации зрачковых реакций при различных частотах световой стимуляции.

Материал и методы. Исследование проведено на 35 здоровых испытуемых возраста 18-20 лет с отсутствием жалоб на нарушения зрения. Реакция зрачка регистрировалась с помощью видеозаписи после 10 минутной темновой адаптации испытуемых в положении лежа.

Правый глаз испытуемых освещался импульсами синего света сериями по 10 вспышек продолжительностью 100 мс с частотами 0,5; 1; 2; 3; 5 и 8 Гц. Источником световых вспышек были светодиоды, 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. Кроме того, глаз отдельно стимулировался светом той же интенсивности в постоянном режиме до достижения максимальной для данной яркости реакции зрачка, с целью сравнения эффектов импульсной и непрерывной стимуляции.

Статистическая обработка данных проведена средствами MS Excel и Statistica 10. Анализ достоверности различий проводился с использованием непараметрического критерия Фридмана (Friedman ANOVA and Kendall Concordance), а также критерия Вилкоксона парных сравнений (Wilcoxon Matched Pairs Test).

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 [1,3], что позволяет считать, что нами для исследования зрачковых реакций использован адекватный метод.

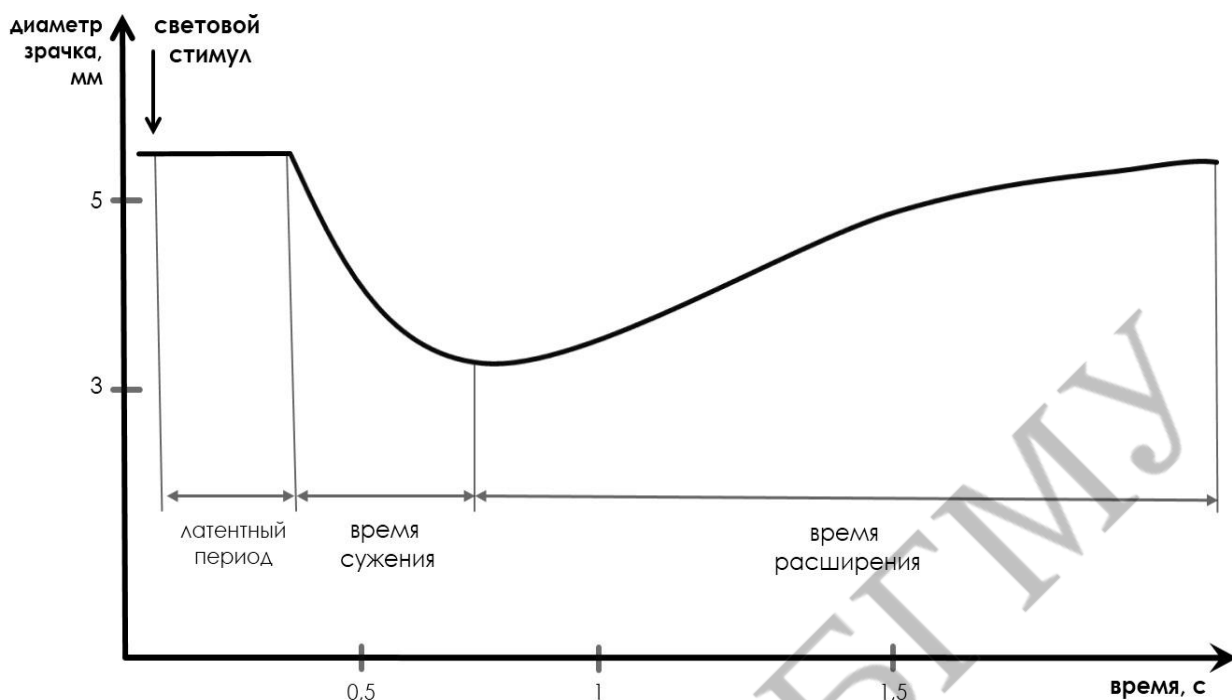


Рисунок 8 – Изменения диаметра зрачка при одиночном световом воздействии

Данные об амплитуде реакции зрачка на импульсную световую стимуляцию различной частоты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Достижение минимального диаметра на различных частотах (медианы)

Частота стимуляции, Гц	Минимальный диаметр зрачка, мм
Отсутствие стимуляции	5,52 ± 1,33
0,5	3,32 ± 0,8
1	3,01 ± 0,72
2	2,83 ± 0,7
3	2,72 ± 0,71
5	2,98 ± 0,76
8	2,86 ± 0,62
Непрерывно	2,65 ± 0,58

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 отдельные сокращения суммируются (таблица 2, рисунок 2).

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

Вспышки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,5 гц	-2,57	-3,32	-4,82	-5,16	-6,18	-7,19	-8,47	-9,06	-10,39

Гц	1	1	4	3	3	-	1	1	0	4
	0,34	,28	,03	,28	1,29	,12	,35	,49	,70	
Гц	2	2	6	9	3	1	2	0	4	3
	3,68	,16	,49	,23	,00	,36	,00	,21	,35	
Гц	3	1	9	7	-	0	-	0	-	1
	6,16	,94	,98	0,67	,00	3,31	,00	4,17	0,46	
Гц	5	1	1	5	0	2	2	6	8	-
	9,62	5,03	,96	,51	,85	,28	,50	,24	9,56	
Гц	8	1	8	1	2	1	4	0	1	-
	2,22	,61	2,19	,84	,30	,44	,86	,04	1,23	

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

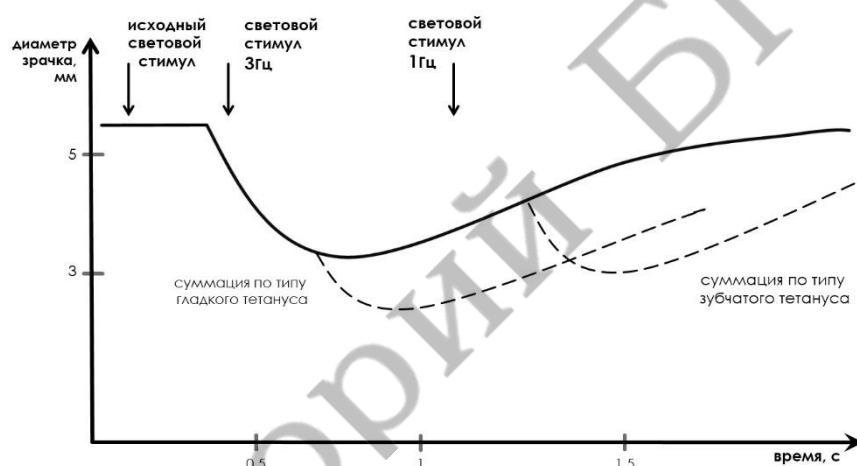


Рисунок 2 – Изменения диаметра зрачка при импульсной световой стимуляции с частотами 1 и 3 Гц (график построен по данным таблицы 1)

Характер суммирования сокращений зрачка зависит от того, в какой момент - сужение или расширение - было оказано световое воздействие. Так, на рисунке 2 видно, что если очередное воздействие световой вспышки воспринималось во время продолжающегося сужения от предыдущего воздействия, амплитуда сужения существенно возросла и суммация напоминала классическую гладкотетаническую для поперечно-полосатых мышц; если же очередная световая вспышка воспринималась в момент расширения зрачка, суммация имела вид зубчатого тетануса.

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 характерны иннервация каждого мышечного волокна аксоном постганглионарного мотонейрона и использование ацетилхолина в качестве нейромедиатора в нейроэффektorных контактах аксонов и мышечных волокон мышцы суживающей зрачок. Таким образом, можно предположить, что при световой стимуляции с большой частотой остающийся в мышечных волокнах кальций дополняется его новым поступлением, что и является основной причиной

гладкотетанического сокращения этой мышцы и увеличения суммарной амплитуда сужения зрачка. При более низких частотах световой стимуляции, когда существенная часть внутриклеточного кальция удалена из саркоплазмы, суммация развивается на фоне идущего расслабления и формируется зубчатый тетанус с приростом амплитуды сокращения зрачка. Определенную роль в увеличении амплитуды суммирующихся сокращений может играть и увеличение тонуса преганглионарных нейронов ядра Эдингера-Вестфалиа-Якубовича, вследствие поступления к ним большого числа афферентных нервных импульсов при импульсной световой стимуляции сетчатки.

Выводы:

1 Применение световой стимуляции сериями вспышек с различной частотой для изучения светового зрачкового рефлекса дает больший объем информации о состоянии механизмов зрачковой реакции, чем при одиночном воздействии.

2 При увеличении частоты стимуляции минимальный диаметр зрачка достигается при меньшем числе стимулов, а амплитуда сужения увеличивается.

3 Суммация сокращений зрачка при импульсном воздействии с частотой 0,5 – 8 Гц проявляется признаками зубчатого и гладкого тетануса.

M. A. Poukh, V. N. Fomenko

INFLUENCE OF LIGHT STIMULATION FREQUENCY ON PUPIL REACTION

Tutors: professor A. I. Kubarko

*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.

2. Черкасова, В. Г. Методы исследования вегетативной нервной системы: метод. рекомендации / В. Г. Черкасова; Пермская государственная медицинская академия имени академика Е. А. Вагнера. - Пермь: Престайм, 2010 - 24 с.

3. Learning from the pupil: Studies of basic mechanisms and clinical applications / J. L. Barbur // The Visual Neurosciences. – Cambridge, MA: MIT Press, 2004. – P. 641-656.