

И. М. ФЕЙГЕНБЕРГ

## К ВОПРОСУ О ЛОКАЛИЗАЦИИ ФОСФЕНА

*(Представлено академиком Л. А. Орбели 17 VII 1948)*

Настоящая работа посвящена вопросу о том, в каком месте нормальной оптической системы возникает первичный нервный импульс возбуждения при действии на глаз пороговым электрическим током.

Возникающий при этом фосфен, как отмечено многими авторами, не занимает всего поля зрения, а представляется в виде ограниченной вспышки, локализуемой вблизи активного электрода (катод), установленного на веке испытуемого.

Но естественно задать вопрос, насколько можно доверять субъективным ощущениям испытуемого; не является ли отнесение вспышки в сторону электрода внушенным — ведь испытуемый знает, что вспышка причинно связана с электродом, установленным на веке.

Для решения этого вопроса мы устанавливали на глазах испытуемого несколько активных электродов (катод), но в цепь включали лишь один из них. Испытуемый не знал, какой электрод включен, и должен был указать, где локализуется фосфен. Кожное ощущение при замыкании и размыкании тока отсутствовало. Индифферентный электрод (анод) был зажат в руке испытуемого. Испытуемый смотрел прямо вперед.

В первой серии опытов мы устанавливали один активный электрод у латерального края нижнего века, а другой активный электрод — у медиального края того же века; фосфен локализовался именно у того электрода, который включался в цепь — справа или слева от глаза.

Во второй серии опытов мы устанавливали один активный электрод у латерального края правого нижнего века, а другой — у медиального края левого нижнего века. В этих условиях фосфен также возникал лишь у включенного в цепь электрода — справа у правого или у левого глаза.

Отсюда можно сделать заключение, что субъективная локализация вспышки не внушена испытуемому положением электрода на глазу, а отражает реальное различие в физиологических процессах при различном расположении электродов. Об этом же говорит и факт возникновения фосфена в противоположной электроду части поля зрения, наблюдаемый при некоторых специальных условиях, о которых речь будет ниже (непрямой фосфен).

Учитывая такую локализацию фосфена, мы при решении вопроса о месте возникновения первичного импульса при электрическом раздражении глаза исходим из положения, что возбуждается в конечном счете тот же участок проекционной зрительной коры мозга (или какое-то ниже расположенное место оптической системы, проекционно

связанное с этим участком коры), который был бы возбужден реальным источником света, расположенным в направлении субъективно ощущаемого фосфена.

Из того факта, что фосфен не занимает всего поля зрения, а всегда возникает в определенном месте при определенном положении электрода, следует, что возбуждается не вся зрительная кора (или, соответственно, не все проекционно связанные с ней волокна), а лишь небольшая часть ее, связанная с ограниченным участком поля зрения. Это возможно только в том случае, если местом приложения тока является такой отрезок зрительной системы, в котором разные нервные волокна находятся в разных условиях по отношению к возбуждающему току, где зрительные элементы представлены не компактно,

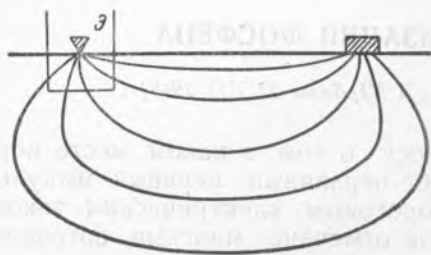


Рис. 1

как в зрительном нерве, в как бы „развернуты“ в пространстве, рассеяны. Такими отрезками могут быть: а) зрительная проекционная зона коры полушарий или пучок Грациоле, б) сетчатка.

Если бы током возбуждалась непосредственно кора или пучок Грациоле, то фосфен был бы виден обоими глазами, так как каждый участок этих звеньев оптической системы является проекцией двух корреспон-

дирующих участков обеих сетчаток. Между тем, как указано выше, испытуемые четко различали, каким глазом они видят фосфен. Да и вообще нет никаких оснований предполагать, что при установке электрода у наружного угла глаза ток идет в контрлатеральную гемисферу, а при установке электрода у внутреннего глаза — в ипсилатеральную гемисферу.

Таким образом, остается единственное допущение, что первичный импульс возникает в сетчатке, и именно, в ее части, находящейся на противоположном электроду полюсе глазного яблока.

На первый взгляд кажется непонятным, почему возбуждение возникает в части сетчатки, более удаленной от электрода и, следовательно, получающей ток меньшей плотности. Следует предположить, что возбуждение возникает в указанном участке сетчатки в силу наиболее благоприятного расположения, ориентации нервных элементов по отношению к току.

При достаточном удалении индифферентного электрода от активного можно с большей степенью точности считать, что вблизи активного электрода (рис. 1) ток распространяется в виде расходящегося пучка. На рис. 2 изображено распространение тока в области глаза. Жирной линией обозначена *pars optica retinae*. Участок А (наиболее удаленный от электрода) и Б (ближайший к электроду) представлены в кружках в увеличенном виде; пунктиром обозначено направление тока. В участке А ток проходит вдоль палочек или колбочек и биполярных клеток, а отростки ганглиозных клеток пересекает поперек. Известно, что при продольном прохождении тока возбуждение возникает значительно легче, чем при поперечном. Раштон<sup>(1)</sup> выражает зависимость между пороговой силой тока  $i$  и углом  $\alpha$  между током и нервным волокном в виде  $i = i_0 / \cos \alpha$ , где  $i_0$  — пороговая сила тока при  $\alpha = 0$ .

Таким образом, возникновение возбуждения в участке А может быть объяснено тем, что током возбуждаются в первую очередь клетки невропителлия или биполярные клетки. Если же учесть указания Бургиньона<sup>(2)</sup>, Кюне, Лазарева<sup>(3)</sup> и др. о том, что клетки палочек и

колбочек не возбуждаются электрическим током, то единственно возможным остается предположение о возникновении возбуждения в биполярных нейронах сетчатки. Возбудимость биполярного нейрона, как следует из изложенного, выше возбудимости отростков ганглиозных клеток. В противном случае возбуждение возникло бы в отростках ганглиозных клеток ближайшего к электроду участка сетчатки; фосфен при этом локализовался бы в стороне, противоположной электроду.

Уже Бургинон и Богословский<sup>(4)</sup> предполагали, что возбуждение возникает в биполярном нейроне. Однако Бургинон считал, что при непрямом фосфене (воспринимаемом в направлении, противоположном месту установки электрода) возбуждение возникает в отростках ганглиозных клеток<sup>(2)</sup>. Рассмотрение условий, при которых возникает не прямой фосфен, позволяет сохранить и для этого случая предположение о возникновении возбуждения в биполярных клетках. Непрямой фосфен возникает при максимальном отведении глаза в сторону, противоположную электроду. При этом *pars optica retinae* как бы „подводится“ под электрод (рис. 3), и ток пересекает биполярные нейроны вдоль их волокон не только в удаленной, но и в ближайшей к электроду части сетчатки.

Исходя из изложенного представления о роли пространственных соотношений при электрическом возбуждении глаза, можно понять и снижение электровозбудимости при отслойке сетчатки, неоднократно описанное в литературе<sup>(2,5)</sup>. При этом страдании у исследованных больных возбудимость нервного зрительного аппарата сохранялась, о чем свидетельствует восстановление зрительных функций после операции (электрокоагуляция). Нарушается лишь расположение отслоившейся сетчатки, и ток может пересечь биполярные нейроны не вдоль, а под углом. После операции, когда восстанавливаются нормальные пространственные соотношения, восстанавливается и нормальная электровозбудимость глаза.

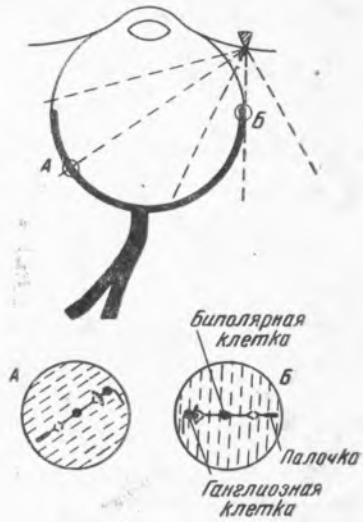


Рис. 2

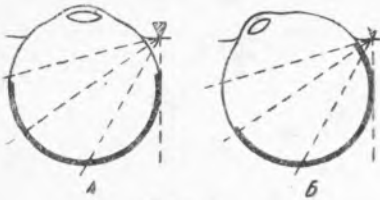


Рис. 3

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Поступило  
3 III 1948

- <sup>1</sup> W. Rushton, *J. Physiol.*, **6**, 357 (1927). <sup>2</sup> A. Kreindler u. J. Brecher, *Arch. f. Ophthalmologie*, **129**, 2, 250 (1932). <sup>3</sup> С. В. Кравков, Глаз и его работа, 1945. <sup>4</sup> А. И. Богословский, Проблемы физиологической оптики, **2**, 136 (1944). <sup>5</sup> А. И. Богословский и М. Е. Розенблюм, Вестн. офтальмологии, **16**, 5 (1940).