

УДК 612.842.3

Б. А. АРУТЮНЯН-КОЗАК, А. А. ЭКИМЯН, Г. Е. ГРИГОРЯН

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ РЕЦЕПТИВНЫХ ПОЛЕЙ НЕЙРОНОВ ПОДУШЕЧНО-ЗАДНЕЛАТЕРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ТАЛАМУСА В УСЛОВИЯХ СВЕТОВОЙ АДАПТАЦИИ

В условиях темновой и световой адаптации изучалась структура рецептивных полей нейронов подушечно-заднелатерального комплекса таламуса. Размеры всех рецептивных полей, измеренные светлым стимулом в темноте, были гораздо больше по сравнению с размерами, измеренными светлым стимулом в условиях световой адаптации. Размеры рецептивных полей, измеренные черным стимулом в темноте и в условиях световой адаптации, остаются неизменными. Сделано заключение, что изменение размеров рецептивных полей при различных уровнях фонового освещения обусловлено рассеянным светом.

Известно, что световая адаптация производит перестройку в организации рецептивных полей центральных нейронов и эта перестройка, в свою очередь, приводит к дальнейшему изменению функциональной организации ответов нейронов [1—3, 5, 7—9]. Единого мнения относительно механизма этих перестроек пока нет. Гипотеза, предложенная И. А. Шевелевым с соавт. [1—3], объясняет процессы перестройки рецептивных полей корковых зрительных нейронов усилением тормозных процессов в условиях световой адаптации.

Опыты, проведенные нами, показали, что во время световой адаптации у нейронов подушечно-заднелатерального комплекса таламуса тормозные процессы действительно усиливаются, однако в ряде случаев нами наблюдалось также и ослабление торможения. Для выяснения этой проблемы необходимы были дальнейшие исследования и, в частности, подробное изучение закономерностей изменения размеров рецептивных полей нейронов подушечно-заднелатерального комплекса таламуса во время световой адаптации. Настоящая работа представляет результаты этих исследований.

Материал и методика

Исследование проведено на 25 кошках весом 2,5—3,5 кг. Техника операции и методика регистрации подробно описаны ранее [4].

Регистрацию активности потенциалов действия нейронов производили вольфрамовыми электродами [6]. Биопотенциалы подавались

на анализатор межимпульсных интервалов, постстимульные гистограммы ответов нейронов составлялись на 15 повторений стимула.

Рецептивные поля исследовались точечным тестированием всей поверхности при темновой и разных уровнях световой адаптации. Светлые пятна ($2-5^\circ$) проецировались на экран периметра, центр которого находился на расстоянии 78 см от задней нодальной точки глаза. Для каждой точки высчитывалось количество импульсов на стационарное вспыхивающее светлое пятно в фазах света и темноты. На основе этого анализа составлялись карты рецептивных полей с распределением ответов по всей поверхности. Разные уровни световой адаптации устанавливались путем изменения фонового освещения экрана. Величина интенсивности освещения как фона, так и стимула определялась люксометром Ю-16. Помимо светлых стимулов, размеры рецептивных полей определялись также черным объектом как при темновой, так и при световой адаптации. Для определения размеров рецептивного поля черным объектом в темноте пользовались той минимальной освещенностью, которая оставалась после затемнения (сумеречное освещение). Интенсивность такого освещения была ниже пределов чувствительности применяемого нами люксметра и условно оценивалась в 0,05 люкс. Оказалось, что в этих условиях кошка хорошо видит движение черного объекта: нейрон дает четкий интенсивный ответ. В таких же условиях темновой (сумеречной) адаптации применялись светлые стимулы. Таким образом, можно было довольно точно определить размеры рецептивных полей в условиях темновой адаптации при помощи черного стимула и сравнить полученные размеры рецептивных полей с размерами, измеренными светлым пятном. Несмотря на некоторую асимметрию в изменении площади рецептивного поля по вертикальной и горизонтальной осям, на рисунках для упрощения представлены реконструкции только горизонтальных осей.

После каждого опыта производили перфузию мозга 10% раствором формалина. Локализацию кончика электрода проверяли гистологически.

Результаты

При определении типов ответов нейронов на вспыхивающее светлое пятно в рецептивном поле в условиях темноты оказалось, что в темноте преобладают ON-OFF нейроны (44%). OFF нейроны составили 37%, а ON нейроны—19%. Во время фонового освещения (1,5 люкс) процент ON-OFF нейронов резко снизился (13), OFF составили 26, а ON нейроны 30%. Активность 31% клеток полностью угнеталась при световой адаптации.

Нейрон, ответы которого представлены на рис. 1А, имеет рецептивное поле, дающее интенсивный OFF ответ со всей поверхности, лишь центральная зона при темновой адаптации имеет слабый ON от-

вет. После световой адаптации область ON реакции расширяется, количество импульсов возрастает, а OFF зона, наоборот, сужается, сохраняясь только в центральной области (рис. 1, А, 2, 3). Таким образом, у некоторых нейронов фоновое освещение приводит как бы к облегчению ON ответов.

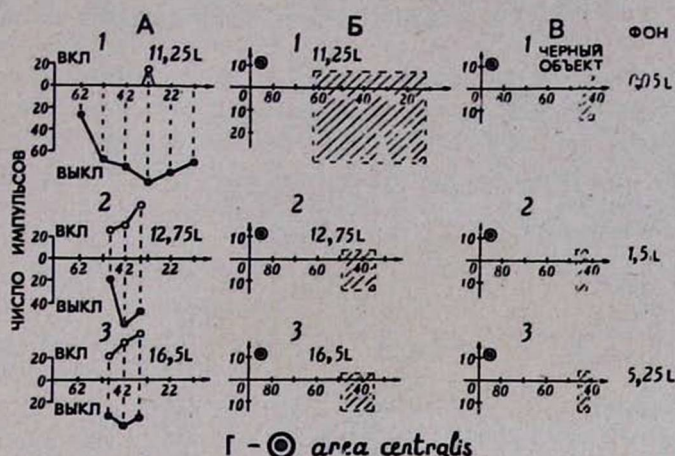


Рис. 1. Изменение характера и интенсивности ответов OFF нейрона, имеющего в темноте только одну точку с ON реакцией. А 1, 2, 3—распределение числа импульсов при разных уровнях фонового освещения, Б и В—изменение размеров рецептивных полей, измеренных светлым пятном и черным объектом. На оси абсцисс—горизонтальная ось рецептивного поля в градусах, на оси ординат—число импульсов нейрона на включение и выключение света. Цифры справа указывают освещенность фона. Освещенность стимула указана в середине рис. А, 1—3 и Б, 1—3.

Рецептивное поле имеет в темноте большие размеры при измерении светлым стимулом (рис. 1, Б, 1) и сужается при повышении интенсивности фонового освещения (рис. 1, Б, 2, 3). Надо полагать, что этот эффект обусловлен влиянием рассеянного света. Размеры рецептивного поля, определенные черным стимулом (рассеянный свет сведен к минимуму), остаются константными и не зависят от уровня фонового освещения (рис. 1, В, 1—3).

Рецептивное поле нейрона на рис. 2 имеет ON реакцию как в центре, так и на периферии, а OFF ответ в условиях темновой адаптации вызывается только из центральной области (рис. 2, А, 1). При световой адаптации OFF ответ вообще исчезает, а ON ответ вызывается только в центральной области (рис. 2, А, 2, 3). Размеры рецептивного поля, установленные черным стимулом в темноте и при разных уровнях фонового освещения, имеют стабильные границы (рис. 2, В, 1—3), а измеренные светлым стимулом претерпевают определенные изменения. В темноте в результате присутствия рассеянного света размеры рецептивного поля велики (рис. 2, Б, 1), при фоновом освещении рас-

сеянный свет резко снижается и, соответственно, размеры поля сужаются (рис. 2, Б, 2, 3).

Надо отметить, что у большинства нейронов наблюдалось несоответствие в размерах рецептивных полей, измеренных светлым и черным стимулами. Такой факт более четко представлен на рис. 3, где нейрон имеет ON-OFF ответ со всей поверхности рецептивного поля в темноте (рис. 3, А, 1). ON-OFF ответ в темноте превращается в чистый ON

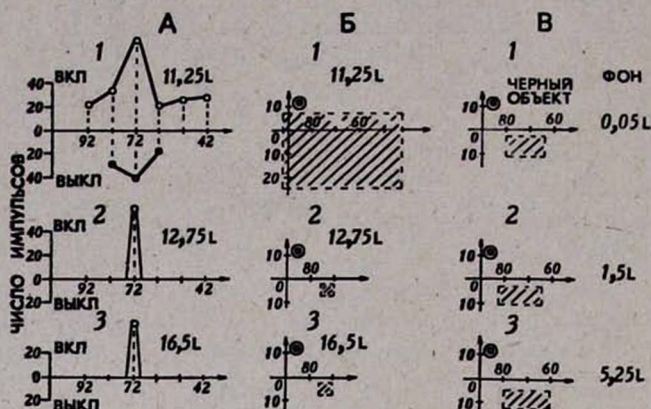


Рис. 2. Распределение числа импульсов (А), размеры рецептивных полей ON—OFF нейрона, измеренные светлым пятном (Б) и черным объектом (В) при разных уровнях фонового освещения (объяснения, как на рис. 1).

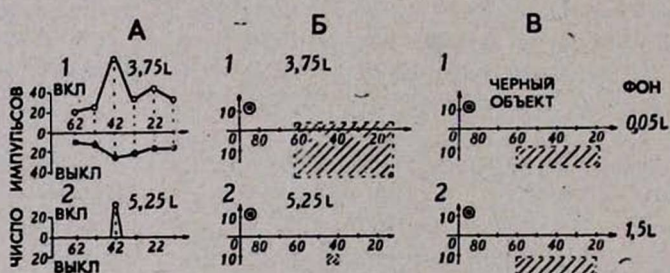


Рис. 3. Изменение характера ответа ON—OFF нейрона при повышении уровня фонового освещения (обозначения, как на рис. 1).

ответ в условиях световой адаптации (рис. 3, А, 2). Размеры рецептивного поля, определенные черным стимулом при световой адаптации (рис. 3, В, 2), гораздо больше величины рецептивного поля, измеренного светлым пятном (рис. 3, Б, 2).

Обсуждение

Согласно данным ряда авторов [1—3, 8, 9], темновая и световая адаптации имеют существенное значение в процессах обработки зрительной информации и приводят к качественным и количественным из-

менениям в структуре рецептивных полей нейронов зрительной коры. Вышеуказанные авторы установили резкое сужение размеров рецептивных полей в условиях световой адаптации по сравнению с размерами в темновой адаптации. И. А. Шевелев [2] объясняет механизм этого явления включением в действие при световой адаптации высокоспециализированной пространственной тормозной системы, блокирующей периферические входы нейрона и тем самым формирующей локальное рецептивное поле.

На первый взгляд, такое объяснение можно было бы дать и нашим данным относительно нейронов таламуса, однако, как показали опыты, размеры рецептивных полей постоянны и не зависят от уровня световой адаптации, если их измерять черным стимулом. Возникает вопрос: если общее освещение активирует и вводит в действие мощную пространственную систему торможения, то почему она не эффективна при воздействии черными стимулами? Таким образом, наши данные не позволяют пользоваться гипотезой И. А. Шевелева в объяснении фактов, полученных на уровне таламуса.

Можно предположить, что в условиях нашего опыта рассеянный свет вносит искажение при измерении размеров рецептивных полей светлым стимулом в условиях сумеречной адаптации. Таким образом, представленные данные не подтверждают наблюдений ряда авторов [1—3, 7—9] о существенных перестройках рецептивных полей центральных зрительных нейронов под влиянием разных уровней световой адаптации.

Институт физиологии
им. Л. А. Орбели АН Арм. ССР

Поступила 11/X 1979 г.

Р. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ-ԿՈՉԱԿ, Ա. Ա. ՀԵՔԻՄՅԱՆ, Գ. Ե. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

**ՏԵՍԱԹՄԲԻ ԵՏԻՆ ԿՈՐԻՉՆԵՐԻ ՆԵՅՐՈՆՆԵՐԻ ՌԵՑԵՊՏԻՎ ԴԱՇՏՆԵՐԻ
ԿԱՌՈՒՅՎԱԾՔԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԸ ԼՈՒՅՍԱՅԻՆ ԱԴԱՊՏԱՑԻԱՅԻ
ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ**

Ուսումնասիրվել են տեսաթմբի հտին կորիզների նեյրոնների ռեցեպտիվ դաշտերի կառուցվածքը լույսային և մթնային ադապտացիայի պայմաններում: Պարզվել է, որ ռեցեպտիվ դաշտերի չափերը համեմատած երկու (մթնային և լույսային) ադապտացիաների պայմաններում տարբեր են՝ դաշտերի սահմանները չափված լույսային գրգռիչներով մթնային պայմաններում մեծ են: Այդ նույն դաշտերի սահմանները մնում են հաստատուն մթնային և լույսային ադապտացիաների ժամանակ, երբ չափվում են սև գրգռիչներով: Կարելի է եզրակացնել, որ ռեցեպտիվ դաշտերի սահմանների փոփոխությունը լույսային գրգռիչների օգտագործման դեպքում գլխավորապես պայմանավորված է ցրված լույսի առկայությամբ:

CHANGES IN THE STRUCTURE OF RECEPTIVE FIELDS OF PULVINAR-LP NEURONS IN LIGHT ADAPTATION CONDITIONS

The structure of receptive fields in pulvinar-LP neurons was investigated during dark and light adaptations. All receptive fields measured by light stimuli in dark revealed greater dimensions in comparison with those, measured in light adaptation. The receptive fields determined by black stimuli in the dark and light adaptations had constant sizes. A suggestion was put forward that the changes in the sizes of receptive fields (measured by light stimuli) at different levels of background illumination were conditioned by scattered light.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевелев И. А., Вердеревская Н. Н., Марченко В. Г. ДАН СССР, 1974, 217, 2, стр. 493.
2. Шевелев И. А. Сенсорные системы. М., 1977, стр. 20.
3. Шевелев И. А., Вердеревская Н. Н., Марченко В. Г., Максимова И. В. Ж. высш. нервн. деят., 1977, 27, 6, стр. 1159.
4. Экимян А. А., Арутюнян-Козак Б. А., Григорян Г. Е. Нейрофизиология, 1978, 10, 4, стр. 348.
5. Harutiunian-Kozak B., Wrobel A., Dec K. Acta Neurobiol. Exp., 1975, 35, 2, 105.
6. Hubel D. H. Science, 1957, 125, 3247, 549.
7. Nunokawa S. Jap. J. Physiol., 1973, 23, 1, 13.
8. Sasaki H., Bear D. M., Ervin F. R. Exp. Brain Res., 1971, 13, 3, 272.
9. Sasaki H., Salto J., Bear D. M., Ervin F. R. Exp. Brain Res., 1971, 13, 3, 272.