

Л. И. ЛЕУШИНА, А. А. НЕВСКАЯ

ОСОБЕННОСТИ МОНОКУЛЯРНОЙ ОЦЕНКИ ОРИЕНТАЦИИ ЛИНИИ ПРАВЫМ И ЛЕВЫМ ГЛАЗОМ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ

(Представлено академиком В. Н. Черниговским 15 III 1976)

Исследуя у человека монокулярное восприятие местоположения объекта в поле зрения, авторы выявили существование систематических ошибок в оценке, причем направление их оказалось противоположным для наблюдения правым и левым глазом: одним глазом объект чаще воспринимался смещенным по часовой стрелке, другим — против часовой стрелки (¹⁻³). Мы объяснили это противоположное направление систематических ошибок тем, что местоположение объекта описывается в зрительной системе сразу в трех измерениях по отношению к точке фиксации взора, и в этом описании принимают участие бинокулярные нейроны, выделяющие ту или иную степень диспаратности; тогда при предъявлении объекта на один левый или правый глаз его описания в виде распределений нейрональных активностей оказываются неидентичны.

Представляло интерес выяснить, существует ли подобный феномен противоположного направления систематических ошибок при восприятии других свойств изображения. Его можно было ожидать при монокулярном восприятии ориентации линии или края, поскольку в зрительной системе имеются бинокулярные нейроны, выделяющие разный наклон линии в трехмерном пространстве (⁴).

Исследование выполнено на монокулярной тахистоскопической установке (⁵) с круглым полем зрения 12° в диаметре. Установка сконструирована так, что наблюдатель не имел сведений об удаленности стимула: реально изображение помещалось в 20–21 см от зрачка наблюдателя, но оптически оно было удалено на 200–300 м. Стимулами служили линии длиной в 4°, экспонируемые на светлом поле. При кратких экспозициях, обеспечивавших 60–80% правильного опознавания, наблюдателю предъявляли линию в одной из четырех известных ему ориентаций — вертикальной, горизонтальной и наклонной под углом 45° вправо и влево от вертикали. Исследование проводили в условиях принудительного выбора: ответы «не знаю» не разрешали. В работе участвовало 3 наблюдателя, каждый из которых обследовался при монокулярном восприятии ориентации линии правым и левым глазом.

Для выявления систематических ошибок использованы два приема: 1) разложение экспериментального распределения ответов на два — матрицу случайных ответов и матрицу ответов, обусловленных стимулом (метод разложения описан в работах (¹⁻³)); 2) перегруппировка экспериментальной матрицы.

В случае перегруппировки матрицы все ответы — отдельно для наблюдения правым и левым глазом — были разбиты на четыре группы: правильные ответы и три типа ошибочных ответов — смещение ориентации стимула на 45° по часовой стрелке, на 90° и на 45° против часовой стрелки. При такой перегруппировке в каждой группе представлены все стимулы и все ответы, поэтому случайные ответы должны распределиться между всеми четырьмя группами равномерно, но в тех группах, где имеются от-

веты, обусловленные стимулом, суммарное количество ответов будет превышать уровень случайного распределения.

На рис. 1 графически представлено количество ответов в каждой группе ошибок. Распределения оказались не случайны. У двух испытуемых при наблюдении левым глазом максимальное число ошибочных ответов приходится на группу « $+45^\circ$ », т. е. преобладает смещение ориентации предъявленной линии на 45° по часовой стрелке, а при наблюдении пра-

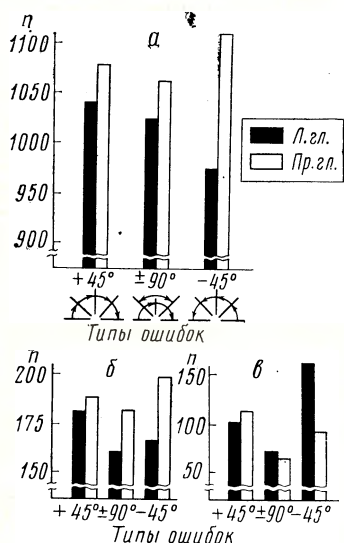


Рис. 1

Рис. 1. Распределение числа ошибок (n) разных типов в оценке ориентации линии при монокулярном наблюдении правым и левым глазом. Наблюдатели: О.М. (а), Е.Ш. (б) и А.Д. (в). На схемах типов ошибок четыре ориентации линии, использованные в эксперименте, стрелки — направление ошибки в оценке каждой ориентации.

Л. г. л. — левый глаз, П. р. г. л. — правый глаз

Рис. 2. Величина ответов бинокулярных нейронов коры на бинокулярное и монокулярное их раздражение (схема). 1, 2, 3 и 4 — типы нейронов; наклон линий вправо и влево — оптимальные стимулы для раздражения рецептивных полей нейрона в правом и левом глазу (П. р. г. л. и Л. г. л.). Бинок. — бинокулярное зрение

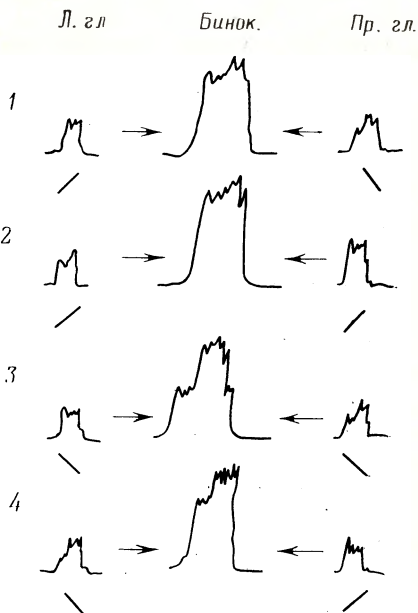


Рис. 2

вым глазом — на 45° против часовой стрелки. Третий наблюдатель обнаруживает обратные отношения.

Такое же направление систематических ошибок было выявлено и методом разложения матриц.

В литературе мы нашли две работы, в которых имеются данные о монокулярной оценке вертикальной линии правым и левым глазом (⁶, ⁷). По приведенным графикам видно, что наблюдатель за вертикальную ориентацию принимает линии, наклоненные от истинной вертикали вправо или влево в зависимости от того, каким глазом он воспринимает стимул. Таким образом, литературные данные подтверждают наш вывод о том, что систематические ошибки в оценке ориентации имеют противоположное направление при монокулярном наблюдении правым и левым глазом.

Рассмотрим возможную нейрофизиологическую основу этого феномена. Согласно существующим представлениям (⁸, ⁹), распределение ответов наблюдателя в эксперименте определяется, по крайней мере, двумя факторами: характером распределения нервной активности при описании стимула, т. е. измерительной способностью системы, и положением критериев, разграничивающих отдельные классы стимулов на шкале нервной актив-

ности, т. е. закономерностями принятия решения о том, какой стимул был предъявлен. Мы склонны считать, что различия в оценке одной и той же ориентации линии при монокулярном наблюдении правым и левым глазом обусловлены какими-то особенностями в описании стимула, а правила принятия решения остаются неизменными.

Следует ожидать, что первичные описания ориентации линии, видимой правым и левым глазами, смещены по шкале нервной активности в противоположных направлениях по отношению к границам данного класса. Такое описание могут дать обнаруженные сравнительно недавно корковые бинокулярные нейроны, реагирующие на определенный наклон линии относительно фронтальной плоскости, т. е. на определенные различия в ориентации проекций линии на двух сетчатках (⁴).

На рис. 2 приведены схемы реакции некоторых типов корковых бинокулярных нейронов на бинокулярное и монокулярное их раздражение, отмечены оптимальные стимулы для раздражения их рецептивных полей в левом и правом глазах. (Примеры записей реальных ответов бинокулярных нейронов разных типов имеются в упомянутой работе (⁴).) Из схемы следует, что оптимальным стимулом для нейрона 1 является наклонная линия, верхний конец которой находится ближе к наблюдателю, чем нижний; для нейрона 4 — наклонная линия, верхний конец которой удален от наблюдателя; нейроны 2 и 3 реагируют на линии, лежащие во фронтальной плоскости и повернутые вправо (нейрон 2) или влево от вертикали (нейрон 3).

Рассмотрим, какое описание ориентации линии могут дать подобные нейроны в условиях моно- и бинокулярного наблюдения, будут ли отличаться описания линии одной и той же ориентации при восприятии ее монокулярно правым левым глазом.

Предположим, что предъявляемая линия наклонена в пространстве так, что ее верхний конец приближен к наблюдателю. При бинокулярном наблюдении на нееотреагирует максимальным возбуждением только нейрон 1; реакция нейронов 2 и 3 будет незначительна, так как они получают раздражение только с одного глаза.

При монокулярном наблюдении описание такой линии будет значительно менее определенным. Если наблюдение ведется левым глазом, возбудятся в равной степени нейроны 1 и 2; при наблюдении правым глазомотреагируют нейроны 1 и 3. Следовательно, в первом случае (наблюдение левым глазом) описание этой линии сблизится с описанием линии, лежащей во фронтальной плоскости и наклоненной вправо от вертикали, во втором — описание сместится в противоположную сторону — к описанию линии, наклоненной влево от вертикали.

Аналогичным образом можно рассмотреть монокулярные описания линий других ориентаций, например, случай, когда верхний конец линии удален от наблюдателя. В ее описании будет участвовать нейрон 4 — при бинокулярном наблюдении, нейроны 4 и 3 — при наблюдении левым глазом, и нейроны 4 и 2 — при наблюдении правым глазом. В этом и во всех других случаях описание ориентации линии при монокулярном наблюдении оказывается довольно неопределенным и неидентичным при восприятии правым и левым глазами — смещенным в противоположных направлениях.

Мы не можем сказать, как производится классификация этих описаний. Но, если принять, что положение критериев, разграничивающих отдельные классы стимулов на шкале нервной активности, не зависит от того, проводится ли наблюдение монокулярно правым или левым глазом или бинокулярно, то распределения ответов о местоположении стимула при монокулярном восприятии правым и левым глазом будут смещены в противоположных направлениях, что и наблюдалось в экспериментах.

Таким образом, если принять, что ориентация линии описывается в трех измерениях по отношению к месту фиксации взора, можно доволь-

но логично объяснить как сам факт существования систематических ошибок в оценке ориентации, так и противоположные направления их при монокулярном наблюдении правым и левым глазом. К сожалению, для дальнейшего обоснования этого представления пока не хватает нейрофизиологических и психофизиологических данных.

Предпринимая исследование оценки ориентации линии в двумерном поле зрения, мы исходили из того, что в зрительной системе сведения об ориентации линии в двумерном поле зрения и сведения об относительной удаленности линии обрабатываются независимо друг от друга. Описания ориентации линии в двумерном поле зрения могли бы дать известные всем рецептивные поля Хьюбеля и Визеля*. Но, предполагая описание ориентации линии с помощью нейронов только этого типа (нейроны 2 и 3 по рис. 2), мы не смогли объяснить возникновения систематических ошибок при монокулярной оценке. Видимо, более правильным будет представление, что в зрительной системе ориентация линии описывается сразу в трех измерениях по отношению к месту в пространстве, куда направлен взор наблюдателя. Думается также, что распространенное мнение об особом, самостоятельном значении двумерных изображений для зрительного восприятия, по-видимому, ошибочно.

Институт физиологии им. И. П. Павлова
Академии наук СССР
Ленинград

Поступило
4 III 1976

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. И. Леушина, ДАН, т. 190, № 2, 480 (1970) ² Л. И. Леушина, В сб.: Исследование принципов переработки информации в зрительной системе, Л., «Наука», 1970, стр. 141. ³ Л. И. Леушина, А. А. Невская, В сб.: Переработка зрительной информации и регуляции двигательной активности, БАН, София, 1971, стр. 141. ⁴ C. Blake-more, A. Fiorentini, L. Maffei, J. Physiol. (London), v. 226, № 3, 725 (1972). ⁵ А. А. Невская, Физиол. журн. СССР, т. 49, 892 (1963). ⁶ C. W. Schneider, Am. J. Psychol., v. 79, 632 (1966). ⁷ N. I. Wade, Am. J. Psychol., v. 82, 384 (1969). ⁸ Дж. Светс, В. Тэннер, Т. Бёрдзалл, В сб.: Инженерная психология, М., «Прогресс», 1964, стр. 296. ⁹ J. A. Swets, Science, v. 182, 990 (1973). ¹⁰ В. Д. Глезер, В. А. Иванов, Т. А. Щербач, Физиол. журн. СССР, т. 59, № 2, 206 (1973). ¹¹ В. Д. Глезер, Журн. эволюцион. физиол. и биохим., т. 11, № 5, 447 (1975).

* Исследования В. Д. Глезера с соавторами (¹⁰, ¹¹) показали, что эти корковые рецептивные поля выполняют более сложную функцию, чем выделение разноориентированных линий: они выделяют разные пространственные частоты, что позволяет кусочное фурье-преобразование изображений.