

Бинокулярные признаки

Монокулярные признаки дают богатую пространственную информацию, и на базе монокулярного зрения могут выполняться многие операции, успех которых зависит от зрения. Однако восприятие пространственной информации от некоторых источников требует активности обоих глаз. Некоторые функциональные и структурные аспекты бинокулярного зрения описаны нами в предыдущих главах. Сейчас мы приступаем к описанию бинокулярных признаков — тех видов пространственной информации, которые могут быть получены за счет восприятия окружающей обстановки обоими глазами.

Конвергенция

Конвергенцией называется тенденция глаз к сближению при скоординированной фиксации на объектах, расположенных вблизи от наблюдателя (рис. 9.17). Объекты, расположенные далеко от наблюдателя, напротив, рассматриваются им таким образом, что линии взглядов обоих глаз практически параллельны. Поскольку конвергенция контролируется глазодвигательными мышцами, степень их напряженности может служить признаком глубины или удаленности: чем ближе объект, тем более они напряжены. Однако, как и аккомодация, конвергентные движения глаза в качестве источника информации о глубине или удаленности полезны только в тех случаях, когда речь идет об объектах, расположенных вблизи от наблюдателя.

Бинокулярная диспаратность

Как правило, животные с фронтально расположенными глазами, и в первую очередь хищники и приматы, обоими глазами видят относительно большую часть поля зрения (т.е. у них относительно большие области бинокулярного перекрывания, см. рис. 3.16). Однако в пределах области бинокулярного перекрывания два глаза получают несколько отличные друг от друга изображения одной и той же объемной композиции. На рис. 9.18 схематиче-

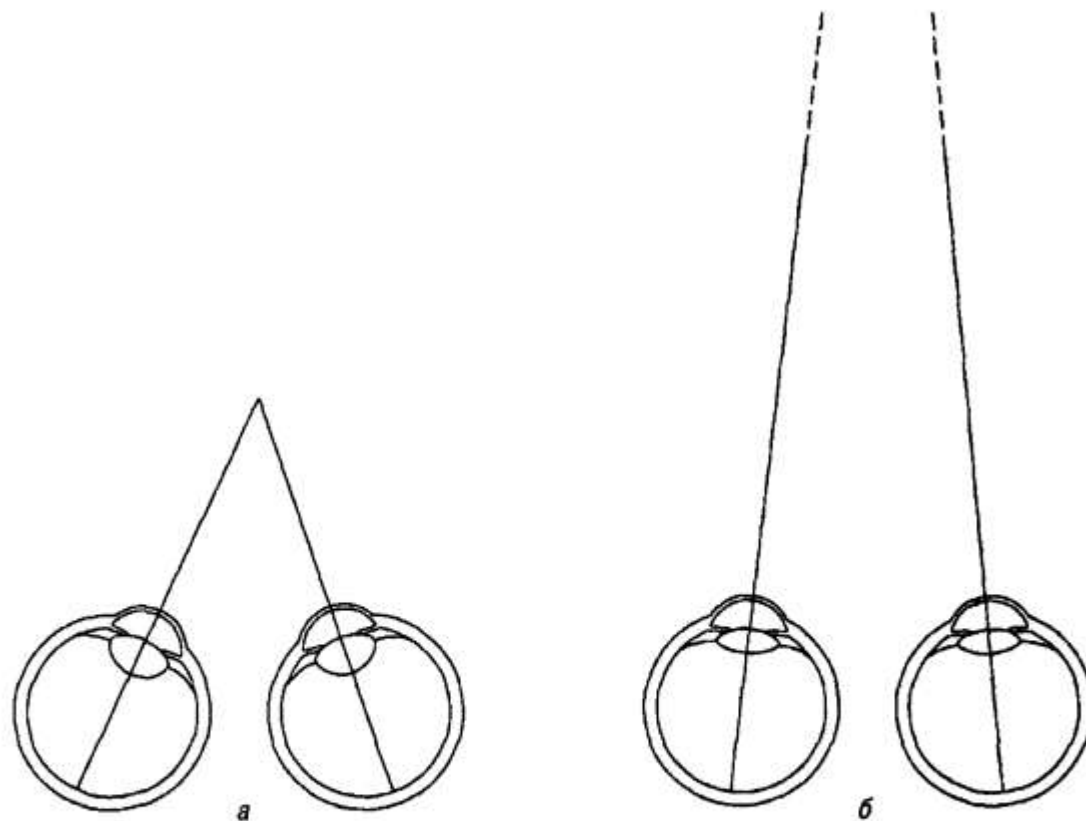


Рис. 9.17. Конвергенция глаз

а — конвергенция глаз на близко расположенном объекте. Зрительные линии обоих глаз направлены внутрь. б — конвергенция глаз на удаленном объекте. Зрительные линии обоих глаз практически параллельны. Аккомодация глаз в этих различных условиях наблюдения тоже различна. В первом случае, а, хрусталики выпуклые, что соответствует близкому зрению, во втором случае, б, — относительно плоские

ски представлено различие в восприятии одного и того же объекта двумя глазами.

У человека это происходит потому, что его глаза удалены друг от друга примерно на 2-3 дюйма (около 5-8 см). В том, что два изображения немного отличаются друг от друга, легко убедиться, если рассматривать какой-либо находящийся поблизости объект поочередно каждым глазом. В зависимости от местоположения точки фиксации взгляда поле зрения одного глаза несколько отличается от поля зрения другого (рис. 9.19).

Эта разница между двумя ретинальными изображениями называется бинокулярной диспаратностью (или иногда — бинокулярным параллаксом). На рис. 9.20 изображено возникновение диспаратности в простых условиях, заключающихся в том, что наблюдатель рассматривает две линии, лежащие на разных расстояниях друг от друга.

Способность зрительной системы использовать информацию, являющуюся следствием бинокулярной диспаратности, для определения того, насколько один объект более удален от наблюдателя, чем другой, впечатляет. По данным (Yellot, 1981), возможна идентификация такой разницы в удаленности двух объектов» которая соответствует сетчаточной диспаратности, равной 1 мк (микрон — 0,001 мм). Иными словами, обнаруживается даже равная 1 мк разница в положении образа объекта на левой и правой сетчатках. Если учесть, что ширина колбочек центральной ямки колеблется от 0,003 до 0,008 мм, это означает, что зрительная система может надежно обнаруживать сетчаточные диспаратности, которые значительно меньше диаметра большинства фоторецепторов сетчатки! Описанный ниже эксперимент доказывает, что бинокулярная диспаратность придает бинокулярному зрению необыкновенную ценность.

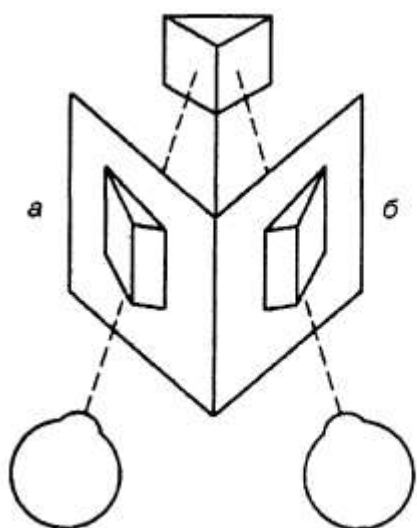


Рис. 9.18. Разное восприятие
клина двумя глазами
Изображение трехмерного клина на
сетчатке правого (а) и левого (б) глаз

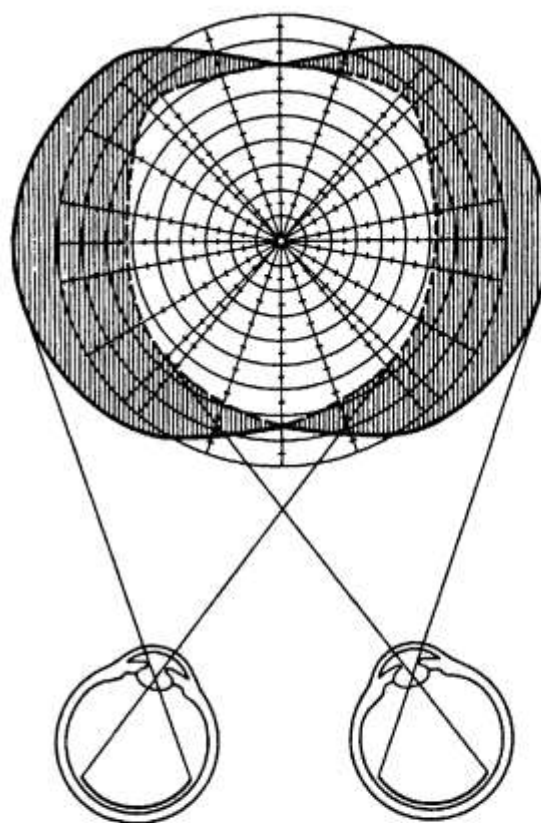


Рис. 9.19. Схематическое изображение полей зрения каждого глаза
(заштрихованные участки) и области бинокулярного перекрывания
(центральный белый участок)

Обратите внимание на то, что участок, видимый одним глазом, не совпадает полностью с участком, видимым другим глазом. Центральный белый участок – бинокулярное поле зрения

Экспериментальное подтверждение

Оценка глубины на основании бинокулярной диспаратности

Рассмотрим на практическом примере, с какой точностью можно оценить глубину на основании бинокулярной диспаратности. Если вы возьмете два каких-либо вертикальных предмета, например два карандаша, по одному в каждую руку и будете держать их на расстоянии вытянутой руки, причем один из них будет на 1 мм ближе к вам, чем другой, вы сможете определить даже такую незначительную разницу. Роль бинокулярной диспаратности станет очевидной, если, выполняя этот эксперимент, вы закроете один глаз. Вы сразу же поймете, что оставшихся в вашем распоряжении монокулярных признаков недостаточно для того, чтобы обнаружить разную удаленность от вас двух карандашей. Чтобы понять, насколько важна бинокулярная диспаратность, достаточно, прикрыв один глаз, попытаться вдеть нитку в иголку. В следующем подразделе мы продолжим рассмотрение роли бинокулярной диспаратности в восприятии пространства вообще и в восприятии глубины и удаленности в частности.

Корреспондирующие точки сетчаток и горонтер

Более глубокий анализ диспаратности как источника информации о глубине и расстоянии может быть сделан на основе некоторых фундаментальных принципов физиологической оптики. Когда взгляд зафиксирован на небольшом объекте, его изображение проецируется на центральные ямки обеих сетчаток. Однако будет виден только один объект, по-

сколькx оба глаза конвергированы и проецируют объект на идентичные, или корреспондирующие, участки обеих сетчаток. Это значит, что если можно было бы совместить две сетчатки со спроецированными на них изображениями так, чтобы совпали обе центральные ямки, то совпали бы и оба изображения объекта, на котором зафиксирован взгляд. Участки сетчаток, идентичные для обоих глаз, называются корреспондирующими точками сетчаток. Образы тех объектов, на которых взгляд не фиксируется, но которые находятся примерно на том же расстоянии от наблюдателя, что и объект, на котором зафиксирован его взгляд, тоже будут проецироваться на идентичные, или корреспондирующие, точки обеих сетчаток. Эти образы будут «слиты» друг с другом, и каждому объекту будет соответствовать сингулярное изображение. Для каждого расстояния от наблюдателя до объекта и степени конвергенции существует определенный ряд пространственных точек, проецируемых на корреспондирующие места обеих сетчаток. Объект, лежащий в любой из этих пространственных точек, виден в единственном числе и воспринимается наблюдателем как лежащий на том же расстоянии от него, что и тот объект, на котором зафиксирован его взгляд.

Если мы графически обозначим все точки пространства, соответствующие объектам, видимым при одинаковой высоте фиксации взгляда и конвергенции, и спроецируем их на соответствующие точки сетчатки, то получим поверхность, называемую гороптер (рис. 9.21). Гороптер — это воображаемая, или виртуальная, проходящая через точку фиксации взгляда искривленная поверхность, проекции всех точек которой попадают на корреспондирующие точки сетчаток обоих глаз и вызывают ощущение единичного объекта. Однако объекты, не лежащие на гороптере, соответствующем определенному положению глаз, вызывают диплопию, или двойное видение, поскольку они стимулируют диспаратные, или некорреспондирующие, точки сетчатки.

Иными словами, объекты, расположенные ближе или дальше точки фиксации взгляда, проецируются на не соответствующие друг другу участки двух сетчаток, что и приводит к диспаратности и двойному видению. Исключением из этого общего правила являются те некорреспондирующие точки сетчаток, которые представляют собой образы точек пространства, лежащих в пределах узкой горизонтальной полосы, окружающей гороптер. Этот участок, показанный на рис. 9.21, называется фузионной зоной Панума (ФЗП) (по имени датского физиолога, который первым указал на его важность). Пространственные точки, стимулирующие несоответствующие точки сетчаток, но лежащие внутри ФЗП, тоже сливаются в сингулярное изображение. Иными словами, ФЗП представляет собой небольшую зону, окружающую гороптер, соответствующий совершенно определенному расстоянию между объектом и наблюдателем, ретинальные изображения точек которой сливаются, хотя им и присуща некоторая диспаратность. Пространственные стимулы, располагающиеся внутри ФЗП, воспринимаются как единичные объекты, которые кажутся наблюдателю лежащими на несколько ином расстоянии от него, чем объект, на котором зафиксирован его взгляд.

Обобщая изложенное выше, можно сказать, что для данного расстояния от наблюдателя до объекта, на котором зафиксирован его взгляд, существует область пространства, дающая слитные, сингулярные изображения и окруженная участками двойного видения. На каком бы объекте ни был бы зафиксирован наш взгляд, образы других объектов, находящихся на одинаковом с ним расстоянии, проецируются на соответствующие точки обеих сетчаток, и каждый из этих образов создает впечатление сингулярного объекта; объекты, находящиеся на другом расстоянии от наблюдателя (и лежащие вне ФЗП), проецируются на некорреспондирующие точки сетчаток, в результате чего возникает эффект двойного видения. Каждой точке фиксации взгляда соответствует свой гороптер: только объекты, расположенные на одном и том же расстоянии от наблюдателя и требующие одинаковой конвергенции, дают сливающиеся образы и воспринимаются наблюдателем как сингулярные. Иными словами, для каждого расстояния от наблюдателя до объекта существует отдельный и определенный набор соответствующих точек сетчатки и свой собственный го-

роптер (наряду с примыкающей к нему ФЗП), и только объекты, изображения которых проецируются на эти корреспондирующие точки, дают сингулярные изображения.

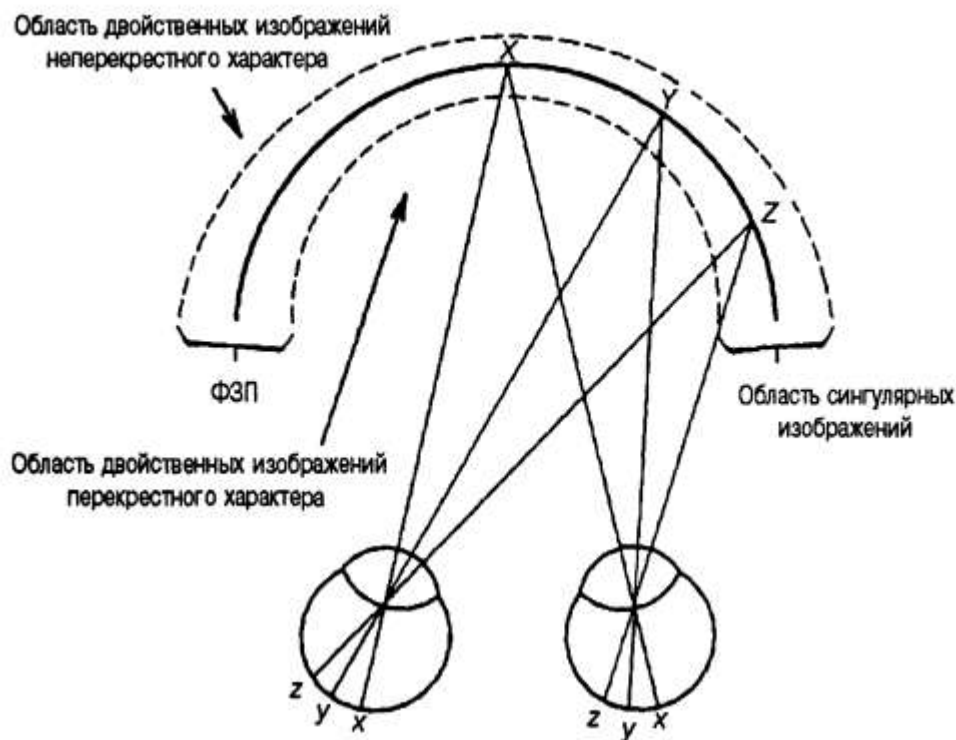


Рис. 9.21. Гороптер и фузионная зона Панума (ФЗП), соответствующие определенному положению глаз

Гороптер представляет собой воображаемую поверхность, являющуюся совокупностью точек пространства, изображения которых проецируются на корреспондирующие точки сетчаток и вызывают впечатление единичного объекта. Так, изображения точек X , Y и Z проецируются на корреспондирующие точки обеих сетчаток, и каждая из них воспринимается как сингулярный объект. Несмотря на то что образы пространственных точек, лежащих внутри ФЗП, не попадают на корреспондирующие точки сетчаток, эти образы тоже будут сливаться и точки будут восприниматься как единичные объекты. Пространственные точки, не лежащие на гороптере (и не вписывающиеся в границы ФЗП), будут вызывать двойное видение (двоение). Объекты, расположенные дальше точки фиксации взгляда (т. е. дальше, чем гороптер и ФЗП), воспринимаются в виде двойственных изображений неперекрестного характера (см. ниже), а объекты, расположенные ближе гороптера и ФЗП, – в виде двойственных изображений перекрестного характера. Гороптер и связанная с ним ФЗП зависят от расстояния фиксации взгляда и от окулярной конвергенции, так что разным положениям глаз соответствуют разные гороптеры и разные ФЗП