

Уважаемые читатели! Мы продолжаем публикацию учебных материалов из руководства «Handbook of Ophthalmic Optics», подготовленного компанией Carl Zeiss. В указанном руководстве в конспективном виде изложены практически все необходимые для работы врача-офтальмолога и оптика вопросы.

«Заочная школа Carl Zeiss» была уже напечатана в следующих номерах: №6, №7 2005 г., №1, №2, №4-7 2006 г., №1-7, 2007 г., №1 2008

Публикация 17 Очковая оптика: Система линза-глаз

Термины

Подбор линз

При подборе линз различают анатомический и оптический подбор. Анатомический подбор линз — это вся совокупность действий, с помощью которых определяются размеры и форма очковой оправы, которые обеспечивают пациенту комфортное ношение, удовлетворяют его вкусам и одновременно соответствуют требованиям оптической коррекции.

Оптический подбор линз — это совокупность действий, с помощью которых определяется положение линз в анатомически подобранной оправе таким образом, чтобы последующая установка линз в оправу обеспечивала ту степень коррекции, которая была определена в ходе исследования рефракции.

Угол наклона плоскости оправы

Плоскость, проходящая через фаяет в оправе, в которую устанавливается линза, называется плоскостью оправы (рис.17.1). При анатомическом подборе линзы плоскость оправы располагается под определенным углом к вертикальной плоскости (угол α , рис.17.1), и этот наклон плоскости оправы зависит от положения головы пациента и его позы. Угол α называется углом наклона оправы. Его нельзя путать с углом наклона к заушнику — углом между плоскостью оправы и перпендикуляром к линии заушника. Угол наклона оправы к заушнику не зависит от положения головы и в процессе подбора может быть изменен так, чтобы его величина соответствовала наклону, обеспечивающему естественное положение головы и тела пациента.

Главное зрительное направление

Точка на плоскости оправы, через которую проходит линия фиксации глаза при нулевом направлении взгляда (прямо вперед), называется нулевой зритель-

ной точкой O_B . Ее положение зависит от положения головы. Расстояние от правой или левой нулевой зрительной точки до середины мостика оправы (рис.18.1, см. публикацию в след. номере) называется монокулярным межцентровым расстоянием оправы (p_R или p_L , $p = p_R + p_L$).

Для различных зрительных задач определенная область линзы используется наиболее часто. Центр этой области называется главной зрительной точкой P_B . Направление линии фиксации, проходящей через главную зрительную точку, называется главным направлением взгляда. При зрении вдаль главное направление взгляда наклонено на 5° - 10° вниз относительно нулевого направления взгляда. Различные главные зрительные точки соответствуют наиболее часто выполняемым зрительным задачам (зрение вдаль, зрение на промежуточных расстояниях, зрение вблизи). При оптическом подборе линз оптические точ-



Рис. 17.1. Вертикальное центрирование и угол наклона оправы

ки центрирования должны соответствовать главным зрительным точкам таким образом, чтобы получить оптимальное зрение на всех расстояниях. Точка центрирования и главная зрительная точка не всегда совпадают; часто приходится идти на компромисс, чтобы удовлетворить различным требованиям оптической коррекции.

Расстояние между линзой и глазом

Заднее (роговичное) вертексное расстояние d – это расстояние между задней поверхностью линзы (со стороны глаза) и передней поверхностью роговицы, измеренное в направлении взгляда, под правильным углом к плоскости оправы. Расстояние между задней поверхностью линзы (со стороны глаза) и главной точкой глаза P_{eye} (со стороны объекта) называется вертексным расстоянием линза-главная точка d^* . Расстояние между главной точкой P'_{sp} линзы (со стороны глаза) и главной точкой глаза P_{eye} (со стороны объекта) известно как расстояние между главными точками системы линза-глаз \underline{d} .

Расстояние между задней поверхностью линзы и оптическим центром вращения глаза Z' , измеренное в направлении взгляда через главную ссылочную точку, называется вертексным расстоянием линза-центр вращения s' . Это расстояние равно сумме заднего вертексного расстояния (зависящего от выбранной оправы) и расстояния от оптического центра вращения глаза до передней поверхности роговицы. Последнее в случае осевой аметропии зависит от типа имеющейся аметропии. Все перечисленные выше расстояния указаны на рис.17.2.

Монокулярное центрирование

Точка оптического центрирования

Точка в глазу, которая стремится стать сопряженной с главной ссылочной точкой линзы, через которую глаз смотрит, называется точкой оптического центрирования Z_B . Положение этой точки определяется в ходе оптического подбора линзы.

Требование центра вращения

Если желательно полностью реализовать свойство линзы «пунктального» дизайна формировать точное изображение,

то линза должна быть центрирована относительно глаза таким образом, чтобы главный луч от объекта, проходящий через главную ссылочную точку линзы, был перпендикулярен выпуклой поверхности линзы. В линзах со сферической или призматической оптической силой оптическая ось при этом будет проходить через оптический центр вращения глаза. Поэтому это условие называется «требованием центра вращения».

В однофокальной «пунктальной» линзе с задней вершинной силой в диапазоне от $-4 D$ до $+4 D$ оптический центр вращения глаза может отклоняться на расстояние до 3 мм от оптической оси линзы без какого-либо заметного ухудшения качества изображения. Чем выше задняя вершинная оптическая сила линзы, тем более точно должно выполняться «требование центра вращения». В бифокальных и прогрессивных линзах большее внимание следует уделять достижению максимально широких полей зрения, чем «требованию центра вращения».

Если требование центра вращения выполняется не в линзах «пунктального» дизайна, тогда при взгляде через оптический центр линзы не будет астигматизма наклонных пучков.

Вертикальное центрирование

При оптическом подборе линз в оправе устанавливается также высота точки оптического центрирования. Вертикальное центрирование непосредственно связано с наклоном плоскости оправы как следствие «требования центра вращения». Если оправа наклонена под углом α , то «требование центра вращения» будет выполняться, если главная ссылочная точка линзы расположена на расстоянии h ниже нулевой зрительной точки. Как следует из рис. 17.1, имеет место следующая приближенная формула:

$$(17.1) \quad h = \alpha \times 0,5,$$

применяемая для угла наклона оправы до 20° и заднего вертексного расстояния $d = 15$ мм ($s'=28$ мм). Угол выражен в градусах ($^\circ$), а расстояние h в мм. Следовательно, для удовлетворения «требования центра вращения» точка центрирования должна быть ниже нулевой зрительной точки на 0,5 мм на каждый градус наклона.

Заднее вертексное расстояние

Рефракция линзы обеспечивает заднюю вершинную оптическую силу F'_{sp} , которая обеспечивает полную коррекцию на определенном заднем вертексном расстоянии d . Это вместе с эффектом увеличения за счет формы очковой линзы («Вестник оптометрии», 2005, №7, формула 2.8) это и определяет рефракционную силу линзы F'_{sp} . Расстояние \underline{d} между главными точками системы глаз/линза может быть определено исходя из заднего вертексного расстояния, расстояния от задней главной точки линзы до вершины задней поверхности линзы (определяется по формуле 2.10 «Вестник оптометрии», 2005, №7) и расстояния между передней поверхностью роговицы и главной точкой глаза со стороны объекта.

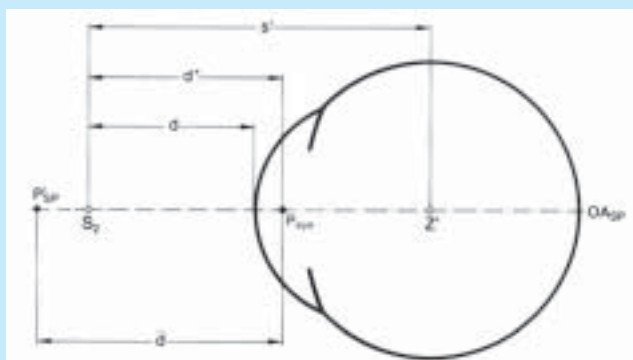


Рис.17.2. Расстояния системы линза-глаз (объяснения в тексте)

F' _{VSP1} (D)	With reduction of CVD for positive F' _{VSP1} by With increase of CVD for negative F' _{VSP1} by								
	F' _{VSP2} (D) 2 mm	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	18 mm
± 3.0	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.25	3.25
± 3.5	3.50	3.50	3.50	3.50	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
± 4.0	4.00	4.00	4.00	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25
± 4.5	4.50	4.50	4.50	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	5.00
± 5.0	5.00	5.00	5.25	5.25	5.25	5.25	5.50	5.50	5.50
± 5.5	5.50	5.50	5.75	5.75	5.75	6.00	6.00	6.00	6.00
± 6.0	6.00	6.25	6.25	6.25	6.50	6.50	6.50	6.75	6.75
± 6.5	6.50	6.75	6.75	6.75	7.00	7.00	7.25	7.25	7.25
± 7.0	7.00	7.25	7.25	7.50	7.50	7.75	7.75	8.00	8.00
± 7.5	7.50	7.75	7.75	8.00	8.00	8.25	8.50	8.50	8.75
± 8.0	8.25	8.25	8.50	8.50	8.75	8.75	9.00	9.25	9.25
± 8.5	8.75	8.75	9.00	9.00	9.25	9.50	9.75	9.75	10.00
± 9.0	9.25	9.25	9.50	9.75	10.00	10.00	10.25	10.50	10.75
± 9.5	9.75	10.00	10.00	10.25	10.50	10.75	11.00	11.25	11.50
± 10.0	10.25	10.50	10.75	10.75	11.00	11.25	11.75	12.00	12.25
± 10.5	10.75	11.00	11.25	11.50	11.75	12.00	12.25	12.50	13.00
± 11.0	11.25	11.50	11.75	12.00	12.25	12.75	13.00	13.25	13.75
± 11.5	11.75	12.00	12.25	12.75	13.00	13.25	13.75	14.00	14.50
± 12.0	12.25	12.50	13.00	13.25	13.75	14.00	14.50	14.75	15.25
± 12.5	12.75	13.25	13.50	14.00	14.25	14.75	15.25	15.75	16.25
± 13.0	13.25	13.75	14.00	14.50	15.00	15.50	16.00	16.50	17.00
± 13.5	13.75	14.25	14.75	15.25	15.50	16.00	16.75	17.25	17.75
± 14.0	14.50	14.75	15.25	15.75	16.25	16.75	17.50	18.00	18.75
± 14.5	15.00	15.50	16.00	16.50	17.00	17.50	18.25	19.00	19.50
± 15.0	15.50	16.00	16.50	17.00	17.75	18.25	19.00	19.75	20.50
± 15.5	16.00	16.50	17.00	17.75	18.25	19.00	19.75	20.50	21.50
± 16.0	16.50	17.00	17.75	18.25	19.00	19.75	20.50	21.50	22.50
± 16.5	17.00	17.75	18.25	19.00	19.75	20.50	21.50	22.50	23.50
± 17.0	17.50	18.25	19.00	19.75	20.50	21.25	22.25	23.25	24.50
± 17.5	18.25	18.75	19.50	20.25	21.25	22.25	23.25	24.25	25.50
± 18.0	18.75	19.50	20.25	21.00	22.00	23.00	24.00	25.25	26.75
± 18.5	19.25	20.00	20.75	21.75	22.75	23.75	25.00	26.25	27.75
± 19.0	19.75	20.50	21.50	22.50	23.50	24.50	26.00	27.25	29.00
± 19.5	20.25	21.25	22.00	23.00	24.25	25.50	26.75	28.25	30.00
± 20.0	20.75	21.75	22.75	23.75	25.00	26.25	27.75	29.50	31.25

Таблица 17.1. Изменение задней вершинной рефракции линзы при уменьшении заднего вертексного расстояния (на величину x) для “+” линз или при его увеличении для “-” линз

Рефракция дальнейшей точки ясного видения тогда будет:

$$(17.2) \quad K = F_{sp} / (1 - d F_{sp})$$

Если заднее вертексное расстояние готовой линзы не соответствует тому, что было для пробной оправы (или фороптора), то задняя вершинная сила, определенная при исследовании рефракции, должна быть при заказе линз (большой силы) несколько подправлена.

Если разница между новым d₂ и старым d₁ задними вертексными расстояниями равно x:

$$(17.3) \quad x = d_2 - d_1,$$

а F'_{VSP1} – старая задняя вершинная рефракция, то новая задняя вершинная рефракция F'_{VSP2} будет:

$$(17.4) \quad F'_{VSP2} = F'_{VSP1} / (1 + x F'_{VSP1}).$$

F'_{VSP1} (D)	With increase of CVD for positive F'_{VSP1} by With reduction of CVD for negative F'_{VSP1} by								
	F'_{VSP2} (D)	2 mm	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm
± 3.0	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.75	2.75
± 3.5	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.25	3.25	3.25
± 4.0	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.75	3.75	3.75	3.75
± 4.5	4.50	4.50	4.50	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25
± 5.0	5.00	5.00	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.50
± 5.5	5.50	5.50	5.25	5.25	5.25	5.25	5.00	5.00	5.00
± 6.0	6.00	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.50	5.00	5.50
± 6.5	6.50	6.25	6.25	6.25	6.00	6.00	6.00	6.00	5.75
± 7.0	7.00	6.75	6.75	6.75	6.50	6.50	6.25	6.25	6.25
± 7.5	7.50	7.25	7.25	7.00	7.00	7.00	6.75	6.75	6.50
± 8.0	7.75	7.75	7.75	7.50	7.50	7.25	7.25	7.00	7.00
± 8.5	8.25	8.25	8.00	8.00	7.75	7.75	7.50	7.50	7.25
± 9.0	8.75	8.75	8.50	8.50	8.25	8.00	8.00	7.75	7.75
± 9.5	9.25	9.25	9.00	8.75	8.75	8.50	8.50	8.25	8.00
± 10.0	9.75	9.50	9.50	9.25	9.00	9.00	8.75	8.50	8.50
± 10.5	10.25	10.00	10.00	9.75	9.50	9.25	9.25	9.00	8.75
± 11.0	10.75	10.50	10.25	10.00	10.00	9.75	9.50	9.25	9.25
± 11.5	11.25	11.00	10.75	10.50	10.25	10.00	10.00	9.75	9.50
± 12.0	11.75	11.50	11.25	11.00	10.75	10.50	10.25	10.00	9.75
± 12.5	12.25	12.00	11.75	11.25	11.00	10.75	10.75	10.50	10.25
± 13.0	12.75	12.25	12.00	11.75	11.50	11.25	11.00	10.75	10.50
± 13.5	13.25	12.75	12.50	12.25	12.00	11.50	11.25	11.00	10.75
± 14.0	13.50	13.25	13.00	12.50	12.25	12.00	11.75	11.50	11.25
± 14.5	14.00	13.75	13.25	13.00	12.75	12.25	12.00	11.75	11.50
± 15.0	14.50	14.25	13.75	13.50	13.00	12.75	12.50	12.00	11.75
± 15.5	15.00	14.50	14.25	13.75	13.50	13.00	12.75	12.50	12.00
± 16.0	15.50	15.00	14.50	14.25	13.75	13.50	13.00	12.75	12.50
± 16.5	16.00	15.50	15.00	14.50	14.25	13.75	13.50	13.00	12.75
± 17.0	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.00	13.75	13.25	13.00
± 17.5	17.00	16.25	15.75	15.25	15.00	14.50	14.00	13.75	13.25
± 18.0	17.50	16.75	16.25	15.75	15.25	14.75	14.50	14.00	13.50
± 18.5	17.75	17.25	16.75	16.00	15.50	15.25	14.00	14.25	14.00
± 19.0	18.25	17.75	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	14.50	14.25
± 19.5	18.75	18.00	17.50	16.75	16.25	15.75	15.25	14.75	14.50
± 20.0	19.25	18.50	17.75	17.25	16.75	16.25	15.50	15.25	14.75

Таблица 17.2. Изменение задней вершинной рефракции линзы при увеличении заднего вертексного расстояния (на величину x) для “+” линз или при его уменьшении для “-” линз

Расстояние x задается в метрах. Оно положительное, если заднее вертексное расстояние увеличивается, и отрицательное, если уменьшается.

Если заднее вертексное расстояние изменяется у линзы с астигматической силой, то необходимо подправить оптическую силу по каждому меридиану.

Коррекционные подправки при уменьшении заднего вертексного расстояния в случае положительных рефракций и при увеличении в случае отрицательных

рефракций приведены в табл. 17.1, а при увеличении для положительных рефракций и уменьшении для отрицательных рефракций в табл. 17.2. Если заднее вертексное расстояние изменилось, а оптическая сила не была скорректирована, то результатом действия системы глаз/линза будет миопия, если расстояние увеличилось, и гиперметропия – если уменьшилось, независимо от знака задней вершинной силы.