

مروری بر طراحی عدسی ها

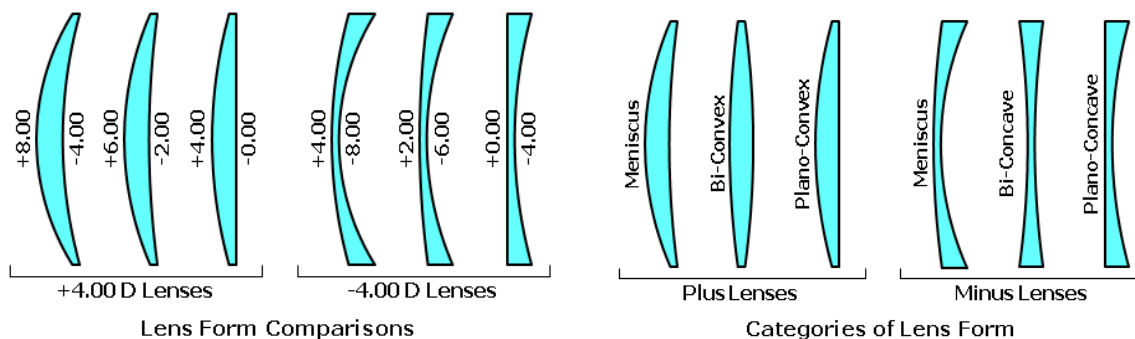
(ارایه شده در گفتگوی علمی گروه اپتومتری روشنا)

رضا ایرانی



گروه اپتومتری روشنا

در نسخه عینک علاوه بر PD تنها قدرت عدسی ثبت می گردد درحالیکه یک عدسی را می توان در قدرت یکسان ولی با اشکال متفاوت تولید کرد.



این تغییر شکل عدسی می تواند در عملکرد بینایی بیمار تاثیر بگذارد . باید یادآوری کنم که کار طراحی عدسی عملا کار مهندسان اپتیک می باشد و بیشتر با خطاها اپتیکی و محاسبات سر و کار دارد. در اینجا سعی ما آشنایی مختصر با تاریخچه طراحی لنز و کاربرد آن به دور از مسایل ریاضی و اپتیکی می باشد.

سوال: متغیرهای طراحی عدسی های افتالمیک چه مواردی می باشند؟

ضریب شکست

ضخامت عدسی

Vertex distance

Lens form یا شکل عدسی

از متغیرهای فوق ضخامت لنز و VD را خیلی نمی توان تغییر داد. در با عامل ضریب شکست نیز مطمئن هستیم که دوستان آگاهی کامل دارند و تنها مورد باقیمانده شکل لنز می باشد که در ادامه مطلب به مرور آن پرداخته می شود. مهم ترین قسمت در شکل عدسی انحنا پایه می باشد.

Base curve یا انحنا پایه:

در عدسی عینک برخلاف عدسی تماسی معمولا سطح قدامی را به عنوان انحنا پایه در نظر می گیرند و سطح خلفی عدسی را براساس سطح قدامی آن برای بدست آوردن یک نمره خاص تراش می دهند. بیس کرو عدسی عینک را با اسفرومتر (یا Lens Clock) اندازه گیری می کنند که وسیله ای برای اندازه شعاع انحنا یک کره می باشد. معمولا این ابزار براساس فرمول $F = n^2 - 1/r$ و ضریب

شکست $n = 1.523$ کالیبره شده است و عددی که روی صفحه نمایش نشان داده می شود نشان دهنده قدرت اسمی آن سطح کروی می باشد.



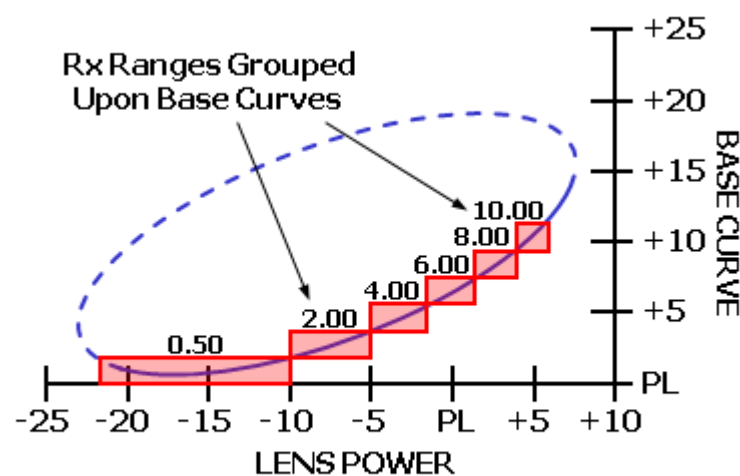
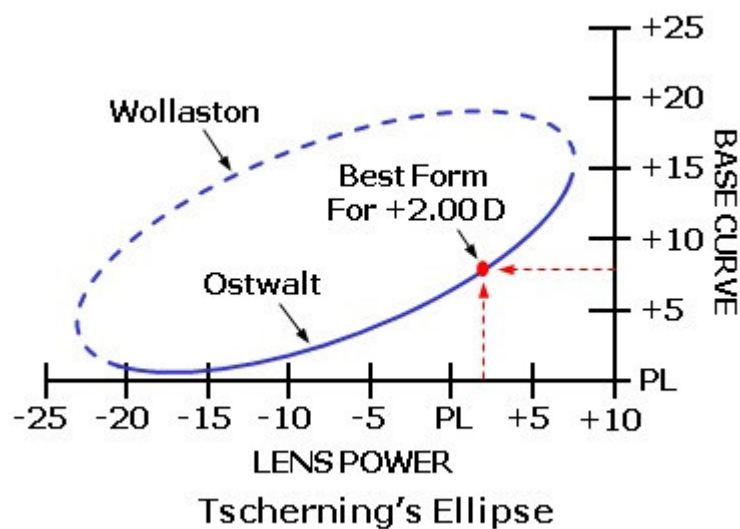
سوال : تغییر در بیس کرو چه تغییراتی در عملکرد لنز ایجاد می کند؟ تغییر در بیس کرو باعث تغییر در شکل، وزن، فیت، بزرگنمایی و خطاهای اپتیکی لنز می گردد.

هیچ لنزی عاری از خطای اپتیکی نمی باشد. این خطاها باعث پایین آمدن کیفیت اپتیکی تصویر میگرد و همان طور که همه دوستان می دانند این خطاها در اطراف لنز بیشتر از مرکز می باشد. در لنزهای اسفریک انتخاب بیس کرو مناسب یکی از مهمترین راههای کاهش خطا های اپتیکی می باشد.

در سال ۱۸۰۴ Wollaston و در سال ۱۸۹۸ Ostwalt دو سری لنز با بیس کرویهای متفاوت معرفی کردند که خطا های اپتیکی را در لنزها به کمترین مقدار خود رسانده بود. در سال ۱۹۰۴ Tschering به کمک محاسبات ریاضی نشان داد رابطه ای بین کمترین مقدار خطای اپتیکی [oblique astigmatism, power error (curvature of field)] قدرت عدسی، ضریب شکست و بیس کرو وجود دارد که به کمک آن رابطه می شد بهترین بیس کرو را برای یک عدسی مشخص کرد. این رابطه به صورت نمودار در شکل زیر نشان داده شده است.

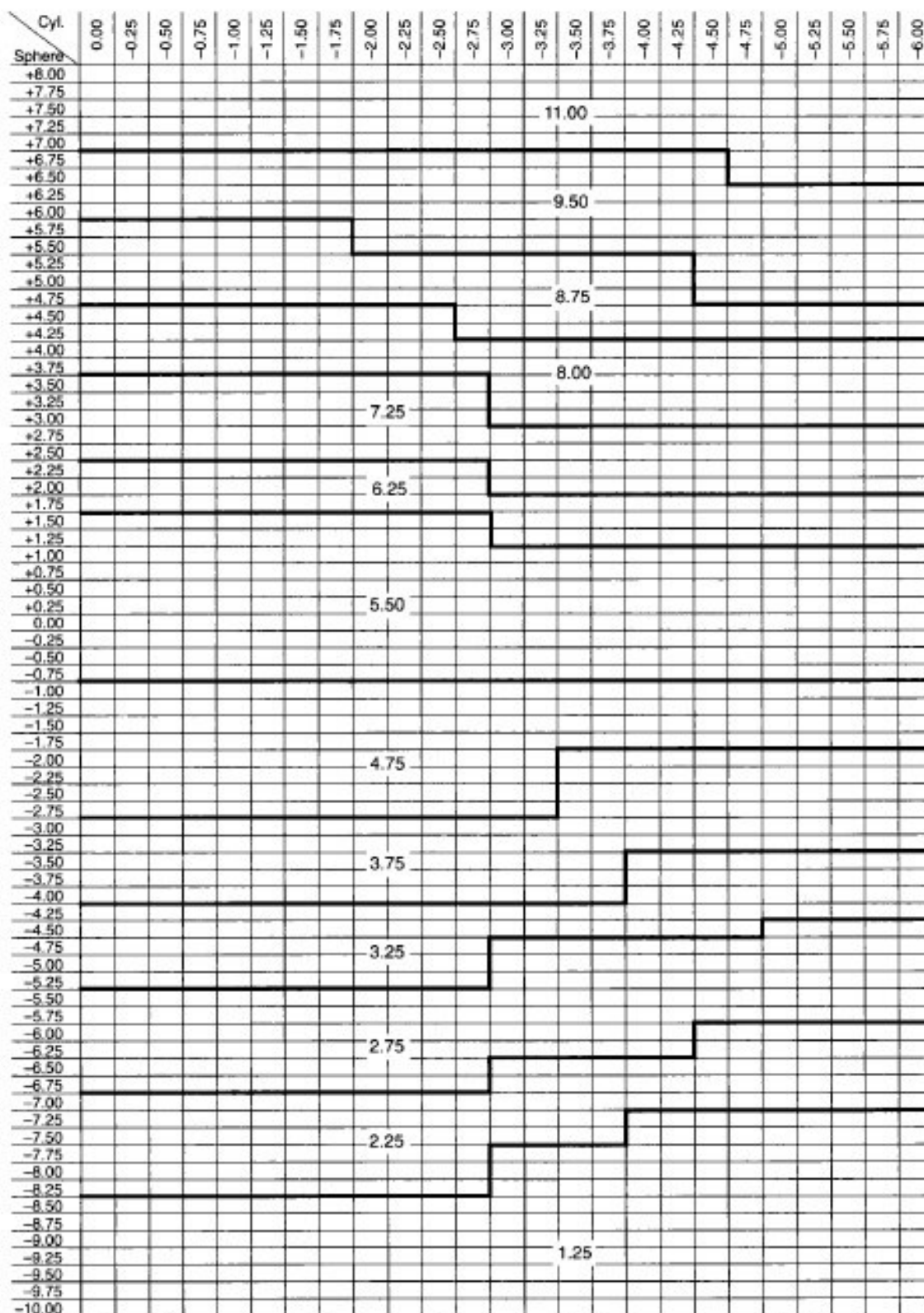
اگر به نمودار Tschering توجه کنید متوجه می شوید که او کار دو طراح قبلی را یک کاسه کرده است. بیشتر تولید کنندگان برای راحتی و صرفه اقتصادی یک دامنه خاص از عدسی ها را با یک بیس کرو خاص تولید می کنند.

گروه اپتومتری روشنا



Grouping Rx Ranges Upon Common Base Curves

به هر حال تلاش این سه طراح برای انتخاب بیس کرو عدسی در جداولی خلاصه شده است که در بعضی کتابهای مرجع دیده می شود.



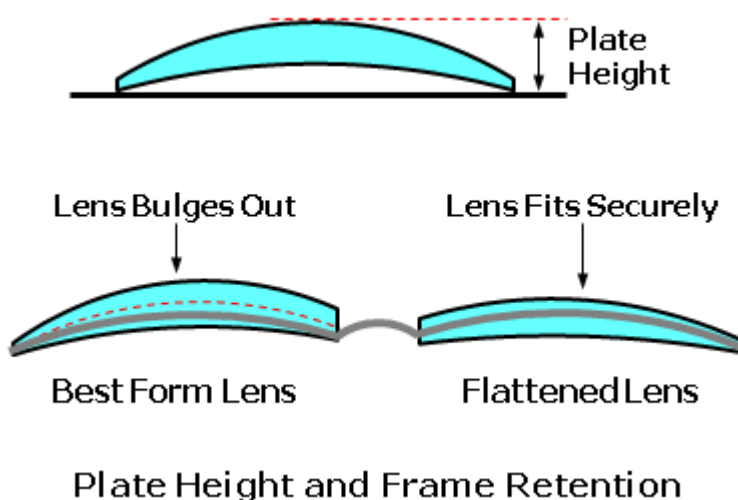
البته فرمول های دیگری نیز وجود دارد که فقط به ذکر آنها اکتفا می کنیم:

Vogel's formula

$B.C = \text{sphere Rx} + 6.00$ In the plus lenses

$B.C = \text{sphere Rx} / 2 + 6.00$ In the minus lenses

اکثر تولید کنندگان عدسی، اعداد **Ostwalt** را برای ساخت عدسی خود استفاده می کنند چون بیس کرو کمتری دارد و آنرا به عنوان **Best form** معرفی می کنند. اما این **Best form** نیز مشکلاتی دارد چون این بیس کرو نیز باز استیپ است و می شود با فلت کردن آن عدسی را سبکتر، نازکتر و فیت آن را بهتر کرد. در ضمن به دلیل نزدیک تر شدن لبه های لنز و چشم یا کمتر شدن **Vertex Distance** بزرگنمایی لنزهای مثبت و کوچک نمایی لنزهای منفی کم می گردد.



کلا عدسی ها را میتوان به ۴ دسته تقسیم بندی کرد:

اسفر: قدرت در تمام مریدین ها و از مرکز به محیط یکسان و اکسنتریسیته (تغییرات انحنای سطح با جابجایی از مرکز به محیط عدسی) صفر می باشد.

اسفروسیلندر(توریک): قدرت در یک مریدین **Max** و در مریدین دیگر **Min** می باشد ولی میزان اکسنتریسیته از مرکز به محیط در هر مریدین صفر می باشد.

آسفریک: قدرت در تمام مریدیان ها از مرکز به محیط به یک میزان ثابت تغییر می کند و یک اکسنتریسیتی مشخص دارد.

آتوریک: در یک مریدین قدرت Max و در مریدین دیگر Min می باشد که از مرکز به محیط تغییر میکند. علاوه بر این میزان اکسنتریسیتی در همه مریدین ها یکسان نمی باشد (برخلاف آسفریک) بلکه در مریدین Max بیشترین و در مریدین Min کمترین اکسنتریسیتی وجود دارد.

عدسی های آسفریک:

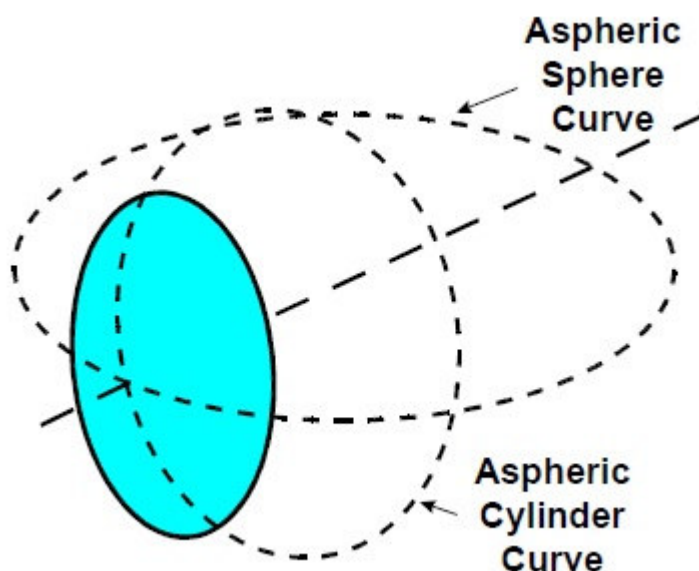
انتخاب بین خطای اپتیکی کمتر و فتنینگ بهتر طراحان را به سمت آسفریک کردن عدسی ها سوق داد. البته عامل هایی چون روشهای جدید تراش، مواد جدید پلاستیکی و روشهای محاسبه کامپیوتری نیز در این کار تاثیر داشتند. آسفریک کردن عدسی یعنی کاهش تدریجی شعاع انحنای یک عدسی از مرکز به سمت لبه های عدسی.

عدسی آسفریک علاوه بر کم کردن خطاهای (آستیگماتیسم مایل و انحنای میدان) در حد عدسی های Best form خطای کروی را نیز کم می کند و مهمتر این که طراح عدسی را از قید انتخاب یک بیس کروی خاص رها می کند و طراح عدسی می تواند با بیس کرویهای فلت تر خطاهای در حد Best form داشته باشد. این بیس کروی فلت بزرگنمایی و کوچک نمایی را به ترتیب در لنزهای مثبت و منفی کم می کند.

عدسی آتوریک:

با توجه به این که در عدسی های آستیگماتیسم دو مریدین اصلی قدرت وجود دارد و طراح فقط می تواند یک بیس کروی را انتخاب کند انتخاب بیس کروی براساس معدل گیری از بیس کروی قدرت های اصلی صورت می گیرد. با توجه به این روش انتخاب مقداری از خطاهای اپتیکی افزایش پیدا می کند و این مطلب باعث کاهش میدان دید در عدسی های آستیگمات می گردد. برای حل این مشکل می توان از عدسی های آتوریک استفاده می کنند.

عدسی آتوریک در حقیقت یک عدسی توریکی (آستیگمات) می باشد که هر دو مریدین اصلی آن حالت آسفریک دارند. البته باید این مطلب را در خاطر داشته باشید که بیس کروی این عدسی اسفریکال می باشد و این آسفریک بودن برای مریدین های مختلف در سطح خلفی عدسی اعمال می شود.



اصطلاح اکسنتریسیته تغییر انحنای سطح نسبت به حالت کره (دایره) هست. از کمیت دیگری بنام P value نیز برای ارزیابی تغییر نسبت به حالت کره استفاده می شود که برابر است با $P = e+1$ میزان اکسنتریسیته در:

دایره = 0

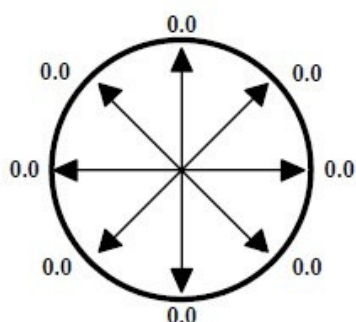
قرنیه حدود 0.4

بیضی = بین صفر و یک

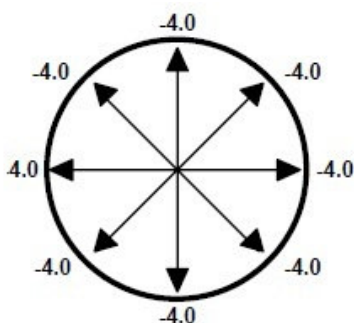
Parabola = 1

Hyperbola < 1

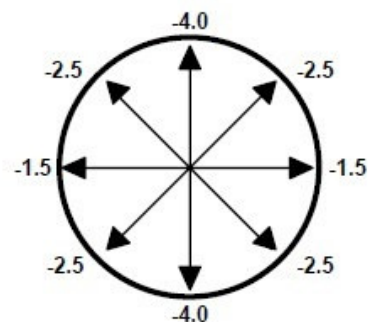
گروه اپتومتری روشنا



Spherical Surface



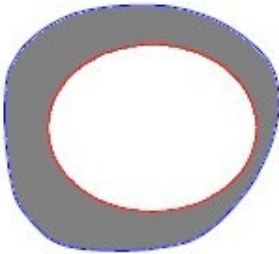
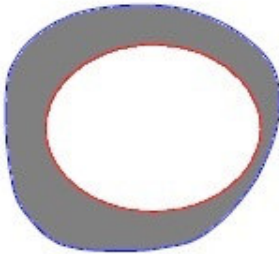
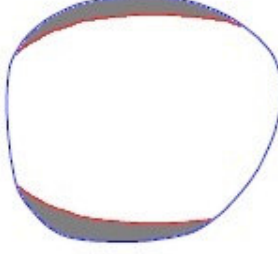
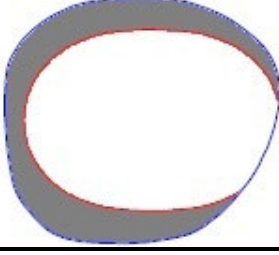
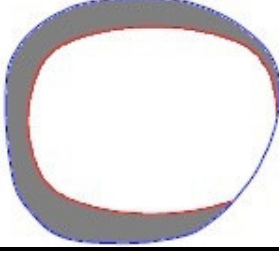
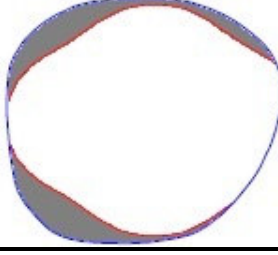
Aspheric Surface



Atoric Surface

شکل فوق نشان دهنده میزان آسفریسیته نسبی را در سه لنز اسفریک، آسفریک و اتوریک نشان می دهد. اعداد نشانگر تفاوت انحنای عدسی با انحنای یک کره فرضی میباشد. لنز اسفریکال با انحنای تعریف شده یک کره هیچ اختلافی ندارد، پس میزان تغییرات آسفریسیته آن صفر می باشد. لنز آسفریک در همه جهات شعاع انحنایش با یک کره به یک نسبت تغییر می کند ولی تغییرات شعاع انحنای یک لنز اتوریک در مردین های متفاوت تغییرات متفاوتی را به نسبت شعاع یک کره نشان می دهد.

همانطور که در شکل زیر میبینید، استفاده از لنز اتوریک باعث افزایش میدان دید در مصرف کنندگان لنز توریک (استیگمات) می گردد.

<i>Field of Perfectly Clear Vision Comparison</i>			
	Best Form	Aspheric	Atoric
Rx: +4.00 -2.00			
Rx: -6.00 -2.00			

لنزهای دابل آسفریک:

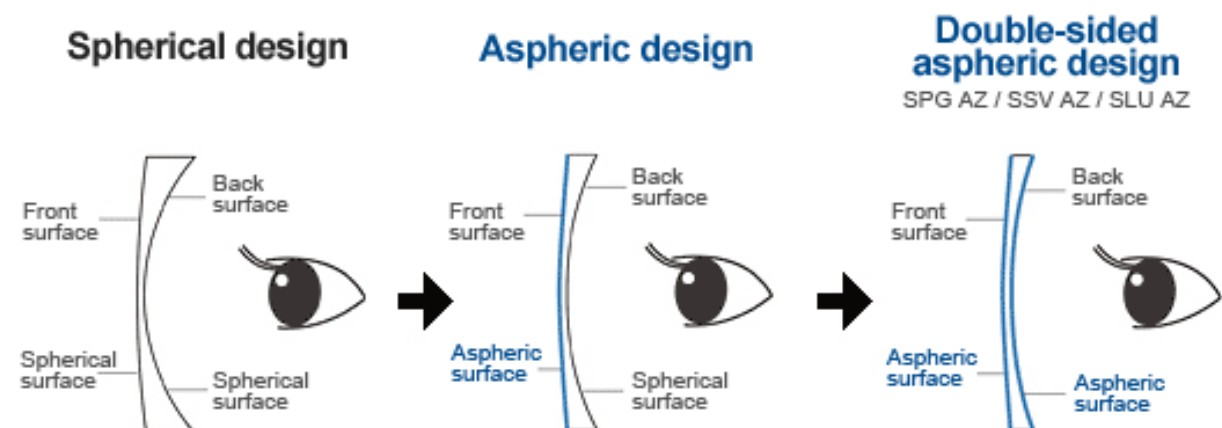
عدسی دابل آسفریک یک عدسی اتوریک می باشد که این سطح اتوریک در سطح قدامی قرار دارد و سطح خلفی آن یک سطح توریک استاندارد می باشد. چون مقدار آستیگمات سطح قدامی بسیار کم می باشد به جای به کاربردن اتوریک به آن لنز دابل آسفریک می گویند. این طراحی این مزیت را ایجاد می کند که با بیس کروه های کمتری می توان دامنه بیشتری از عدسی ها را تولید کرد. معمولاً این عدسی ها به صورت نیمه آماده وجود دارند. سطح قدامی تراش خورده و سطح خلفی را کارگاه ها می توانند تراش بزنند.

البته اصطلاح دبل آسفریک را به دو معنی بکار میبرند. باید میان دو اصطلاح Duple aspheric surface و Duple sided aspheric lens تفاوت قایل بشویم.

از نظر علمی Duple aspheric surface به سطح واحدی گفته میشود که حدود ۰.۳۳ دیوپتر سیلندر دارد و در هر دو مریدین آسفریک هست. به دلیل سیلندر کم به آن اتوریک گفته نمیشود بلکه دبل آسفریک نامیده میشود. یعنی چیزی مابین یک سطح آسفریک و یک سطح اتوریک. نه فقط آسفریک هست که آسفریک نامیده شود و نه آنقدر توریک که بشود آنرا اتوریک نامید.

این سیلندر ناچیز کمک میکند کیفیت تصویر در خارج از محور بینایی (پریفر عدسی) بهبود پیدا بکند. خوبی فنی استفاده از این دیزاین این هست که عدسی خام با انحنا قدامی دابل آسفریک مثلاً در کارخانه اصلی در رودنشتوک آلمان تولید میشود و در ایران در کارخانه آذر لنز بدون نیاز به دستگاه های تراش فری فرم، سطح خلفی به شماره لازم برای بیمار تراش داده میشود.

اما آنچه که در بازار عدسی، بازاریابان عدسی بعنوان دبل آسفریک تبلیغ میکنند در واقع لنزهای Duple sided aspheric هست. در این عدسیها هر دو سطح قدامی و خلفی آسفریک هستند و باعث بهبود کیفیت اپتیکی عدسی و نازکتر و ظریفتر شدن آن میشوند.

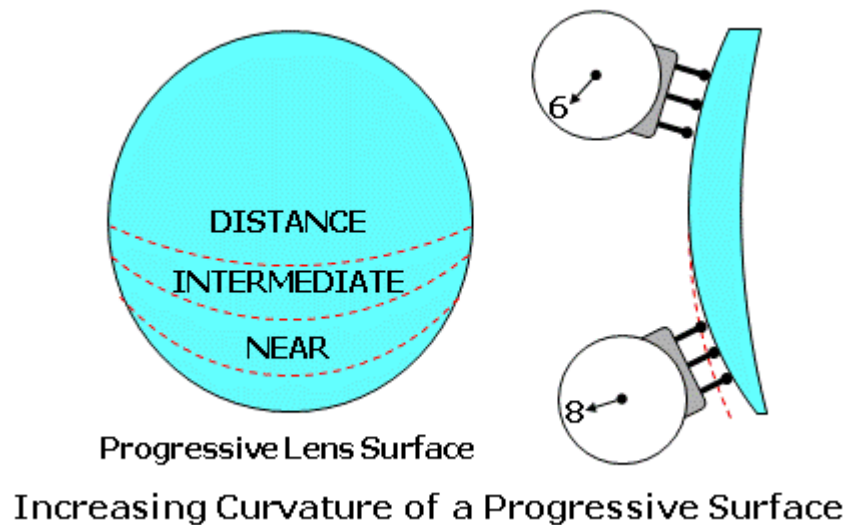


فیتینگ:

فیتینگ عدسی های آسفریک و آتوریک و دابل آسفریک همانند عدسی های تدریجی براساس PD تک چشمی و ارتفاع مردمک میباشد.

طراحی و اپتیک عدسی های تدریجی:

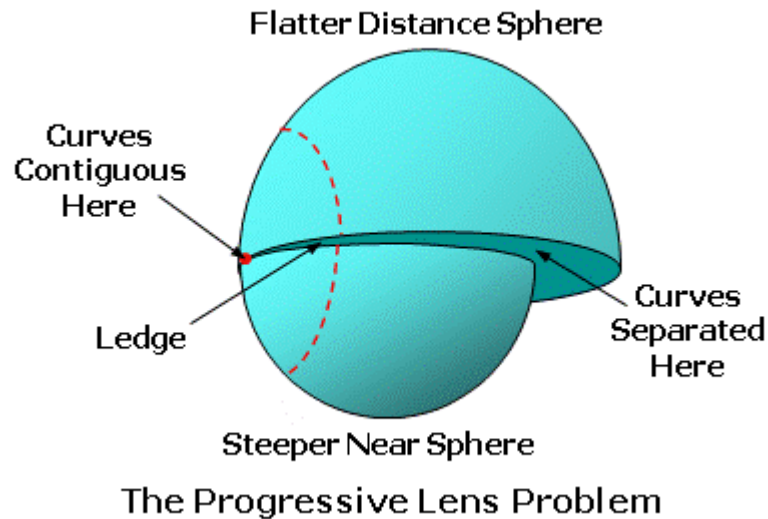
عدسی تدریجی عدسی است که چند کانون دارد و تغییرات کانونی در این نوع عدسی به صورت پیوسته می باشد. این تغییرات کانونی با تغییرات در انحنا ایجاد می گردد. این تغییرات می تواند در سطح قدامی خلفی و با هر دو سطح باشد.



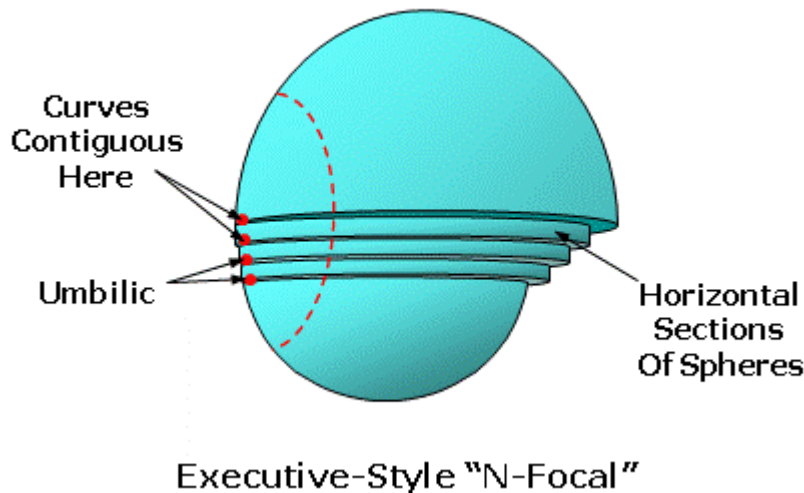
همانطور که ملاحظه میکنید شعاع انحنا عدسی فوق در سطح قدامی کاهش پیدا میکند (از بالا به پایین). توجه داشته باشید اعداد روی اسفرومتر نشان دهنده بیس عدسی می باشد نه اندازه شعاع انحنا.

شکلی که ملاحظه کردید یک عدسی تدریجی مرسوم conventional می باشد. در این نوع عدسیها کارگاههای تراش عدسی شیشه ای که قسمت تدریجی آن در قسمت قدام تراش خورده است را از کارخانه های بزرگ خریداری می کنند و هنگامی که سفارشی را دریافت می کنند نمره دور فرد را پشت عدسی که ادیشن آن قبلا تراش خورده است تراش می دهند. اما در عدسی های فری فرم نحوه تراش به صورت نقطه به نقطه می باشد. یعنی این که دستگاه تراش چندین هزار نقطه را در قسمت خلف عدسی تراش میدهد و سپس سطح خلف پولیش می خورد و نمره مورد نظر بدست می آید. در عدسی های جدید تراش هم در قسمت خلف و هم در قسمت قدام صورت می گیرد.

حالا بیایید ببینیم علت وجود آستیگمات ناخواسته در عدسیهای پروگرسیو چیست؟
شکل زیر یک عدسی دوکانونه executive را نشان می دهد:

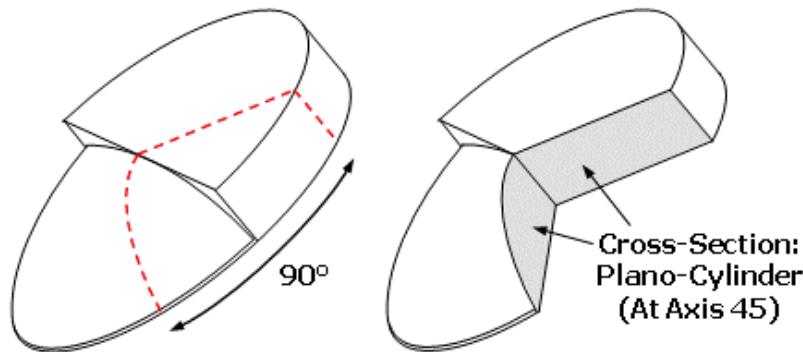


شکل بعد یک عدسی executive چند کانونی را نشان می دهد:



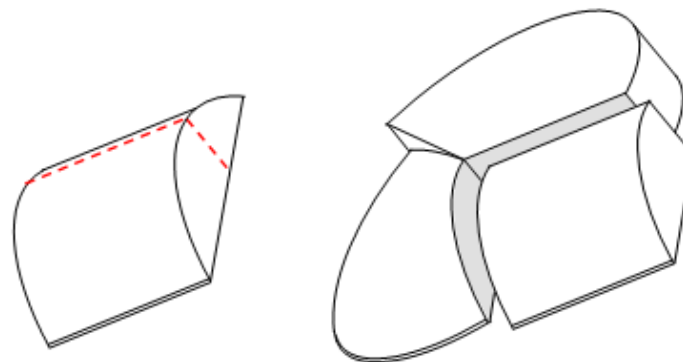
اگر تعداد این کانون ها به n نزدیک شود، در وسط لنز لبه های ایجاد شده بین قسمت های مختلف عدسی به هم نزدیک تر شده و یک سطح پیوسته و صاف در قسمت جلو لنز ایجاد می گردد. ولی در کنارها هنوز لبه ها قابل تشخیص می باشد و هنوز یک عدسی پروگرسیو ایجاد نگردیده است. برای از بین بردن این لبه ها چکار میتوان کرد؟

اگر یک عدسی دو دید فرضی داشته باشیم که در ناحیه دور پلانو باشد و در نزدیک پاور داشته باشد، و در طرفین آن مطابق شکل زیر یک قطعه به اندازه ۹۰ درجه را به نحوی ببریم که یک ضلع زاویه در ناحیه دور و یک ضلع آن در ناحیه نزدیک باشد، میبینیم که پاور سطحی که در امتداد ضلع بالایی هست، پلانو و پاور سطحی که در امتداد ضلع پایینی هست، به اندازه ادیشن میباشد.



Removing a 90° Wedge From an Executive

پس میتوان به جای آن سطح پله پله قبلی، یک سیلندر با محور ۴۵ درجه و با پاور معادل پاور ادیشن در طرفین عدسی جایگزین کرد تا یک سطح یکدست بدست بیاوریم. دو برش نیم استوانه ای در سمت چپ و راست عدسی قرار می گیرد تا لبه های ایجاد کانون های متفاوت را در دو طرف عدسی حذف کند. این کار باعث زیبایی عدسی و مقداری آستigmatism ناخواسته می گردد. اگر مقدار ادیشن افزایش پیدا کند چون اختلاف نمرات بیشتر شده پس باید لنز استوانه ای قوی تری (با انحنا بیشتر استفاده کنیم) در نتیجه مقدار آستigmatism ناخواسته افزایش پیدا می کند.



Inserting Half of a Plano-Cylinder (at Axis 45)

البته در نظر داشته باشید این مثال فقط برای درک ساختار لنز و علت وجود آستیگمات ناخواسته در عدسیهای تدریجی میباشد و در عمل عدسی یک تکه است نه ترکیبی از دو یا چند لنز. در عدسیهای تدریجی حقیقی هم دو محدوده سیلندر ناخواسته در طرفین کریدور مرکزی وجود دارد که محور سیلندر ابلیک بوده و پاور میانگین آن تقریباً برابر مقدار ادیشن هست.

رابطه ای ریاضی به نام Minkwit وجود دارد که میگوید میزان آستیگماتیسم ایجاد شده در عدسیهای تدریجی در اثر جابجایی افقی از مرکز عدسی تدریجی، تقریباً دو برابر میزان افزایش پاور در اثر همان مقدار جابجایی عمودی به سمت پایین مرکز است. به زبان ریاضی:

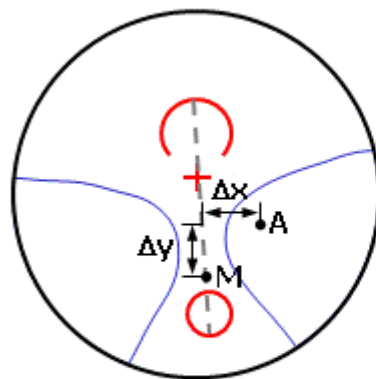
$$\Delta A / \Delta x \approx 2 \times \Delta M / \Delta y$$

ΔA : میزان تغییرات آستیگماتیسم

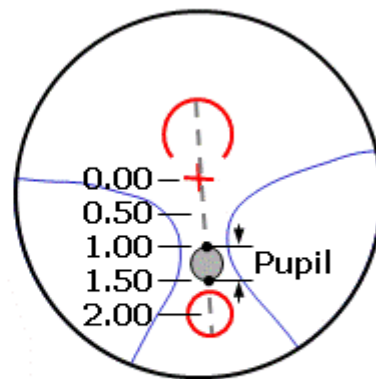
Δx : فاصله افقی از مرکز

ΔM : میزان تغییرات ادیشن

Δy : فاصله عمودی از مرکز



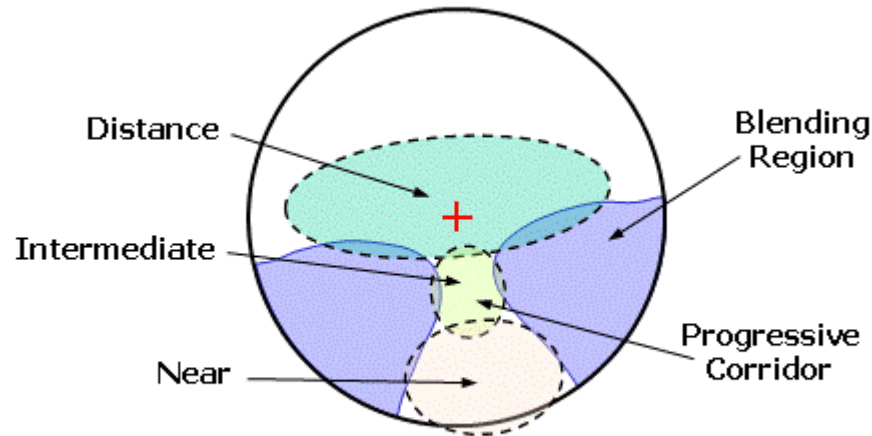
Minkwitz's Theorem



Intrinsic Coma

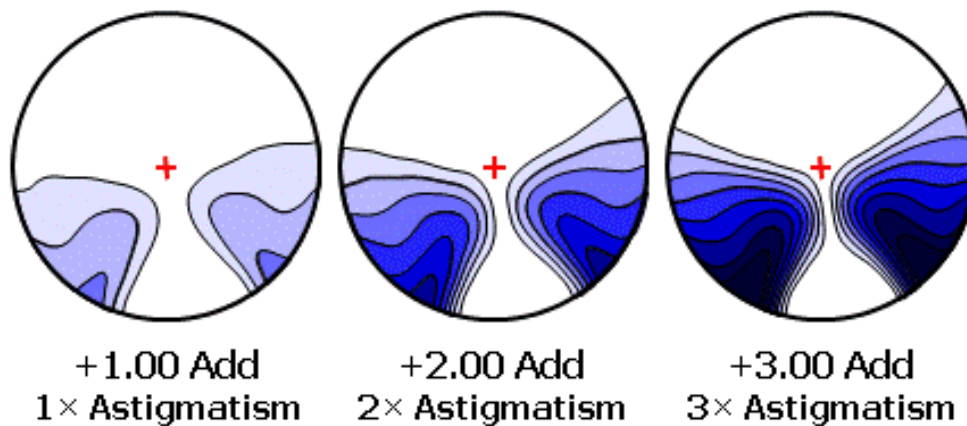
Optics of the Progressive Umbilic

پس هر چه میزان تغییرات ادیشن زیاد باشد کریدور کوتاه تر و باریکتر و میزان تغییرات آستیگمات ناخواسته بیشتر میشود.



Anatomy of a Progressive Lens

یک عدسی تدریجی طبق شکل بالا دارای قسمت دور، نزدیک و بینابینی میباشد و محدودترین قسمت، ناحیه دید میانی میباشد یعنی جای که بیشتر افراد با کامپیوتر کار می کنند. برای وسیع تر کردن منطقه میانی میشه ارتفاع را بلندتر سفارش اما در اینصورت ارگونومی دچار مشکل می شود. همچنین میتوان با فدا کردن دید دور بیمار و استفاده از قسمت دور برای دید بینابینی، اختلاف دو قسمت دور و نزدیک را کاهش داد و در نتیجه میزان آستیگمات ناخواسته را کم نمود. چون مقدار آستیگمات کم است می توان آنرا در منطقه وسیعتری پخش کرد طوری که این آستیگمات کمتر از حد آستانه درک بیمار شود.



Add Power Versus Astigmatism Comparison

یک عینک تدریجی باید چهار عملکرد بینایی را فراهم کند:

Critical vision

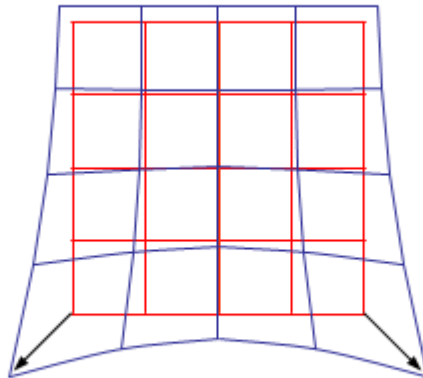
Dynamic vision

Binocular vision

Ergonomy

البته در عمل یک عدسی واحد نمیتواند تمام این شرایط را با هم فراهم کند و این شما هستید که مشخص می کنید که کدام پارامتر برای بیمار مهمتر است.

دینامیک ویژن با تشخیص و موقعیت یابی اشیا در ارتباط است. دینامیک ویژن خیلی درگیر دید دقیق نیست بلکه موقعیت یابی را انجام می دهد. تاری که از آستیگمات ناخواسته ایجاد می گردد در دینامیک ویژن تاثیری ندارد بلکه این بزرگنمایی و اثرات پریزماتیک ناشی از ادیشن است که دینامیک ویژن را دچار اختلال میکند. این تصویر ادراک بیماری است که یک عدسی تدریجی استفاده میکند:



Skew Distortion Produced by a Progressive Lens

این ادراک باعث حالتی مانند بیماری حرکت (Motion sickness) در افراد میگردد. برای کم کردن این مشکل طراحان عدسی هایی را طراحی کرده اند که محور آستیگمات ناخواسته آنها کمتر در راستای مایل باشد. مانند عدسی فیزیو شرکت واریلوکس.

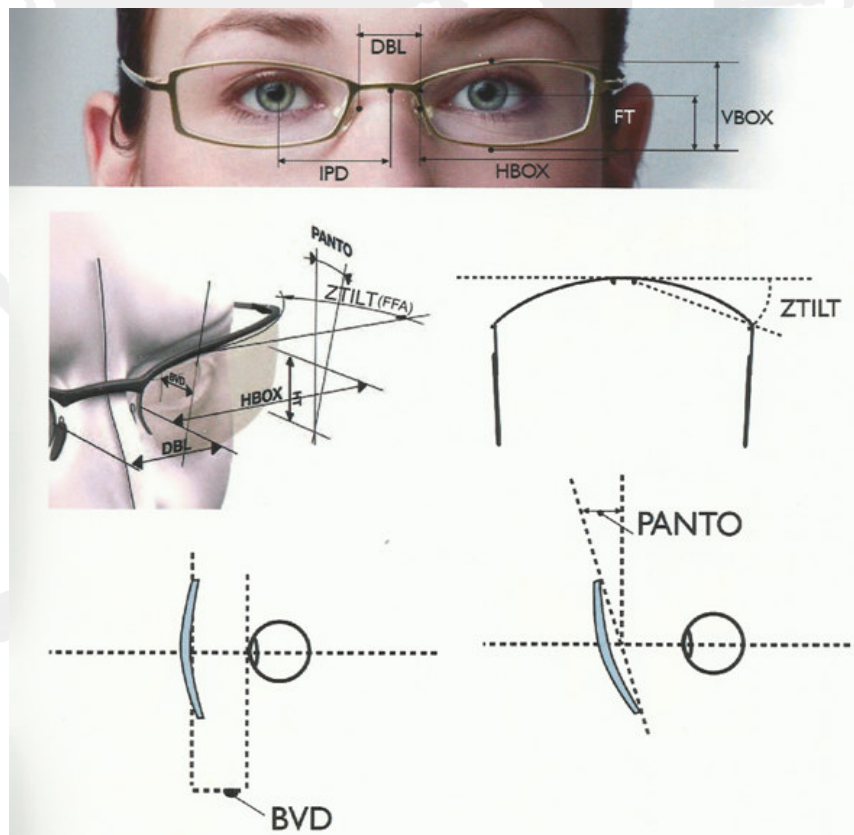
با توجه به دینامیک ویژن افرادی که بیماری حرکت و یا مشکلات گوش داخلی و مشکل تعادلی دارند کاندیدای خوبی برای عدسی تدریجی نمی باشند.

یک عینک باید دید خوب دوچشمی راحت با کمترین اعوجاج را ایجاد کند. طراحی های که در عدسی های تدریجی استفاده میشد به ترتیب Symmetric و Asymmetric و Disymmetric است که با ظهور فری فرم عملاً منسوخ شده است. فقط محض اطلاع بدانید Disymmetric انتخاب بهتری است.

ارگونومی با راحتی فرد هنگام استفاده از عدسی مرتبط هست. طراحی عدسی باید ارگونومیک باشد تا فرد هنگام کاربرد آن مجبور به گرفتن پاسچر غیر طبیعی سر یا بدن نشود.

عدسیهای فری فرم:

در ارتباط با فری فرم باید گفت که در عمل شما با یک تکنیک تراش سرو کار دارید که به شما اجازه می دهد پارامترهای را که در راحتی بیمار دخالت دارند را در عدسی لحاظ کنید. این پارامترها عبارت می باشند از Back Vertex Distance، Pantoscopic tilt، ZTilt (Bow angle)، PD، تک چشمی (IPD) که شما این پارامترها را روی صورت بیمار و عینک اندازه گیری می کنید و به شرکت سازنده می دهید. البته اندازه افقی و عمودی فریم (HBox & VBox) و بیس فریم شما نیز جز پارامترها می باشند. شرکت با توجه به پارامترهای فوق عدسی ای را برای بیمار شما طراحی می کند که کمترین خطا و بهترین عملکرد را از لحاظ بینایی داشته باشد.



اگر شما این پارامترها را به شرکت ندهید شرکت از اعداد default زیر برای تراش عدسی فری فرم استفاده خواهد کرد و کیفیت دید نهایی بیمار شما وابسته به میزان اختلاف پارامترهای حقیقی بیمار شما با این اعداد default خواهد بود.

ZTilt: 5 degree

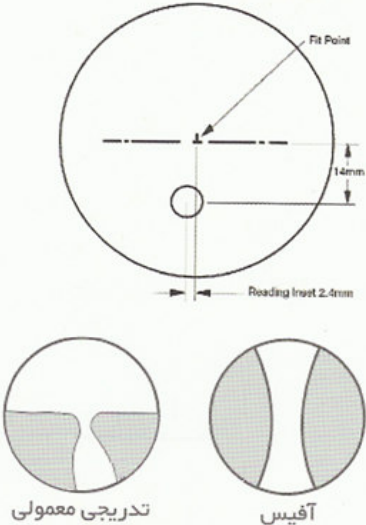
Pantoscopic tilt: 8 degree

Back Vertex Distance: 13 mm

IPD: 32 mm

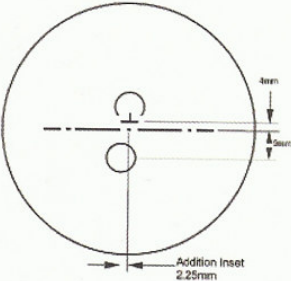
در کسانی که احتیاج به دید دقیق در فواصل مختلف هستند بهترین گزینه استفاده از عدسی های تدریجی تخصصی مانند آفیس و تدریجی رانندگان می باشد.

عدسیهای تدریجی آفیس برای دفاتر کار (محدوده دور محدود ولی محدوده دید میانی وسیع):



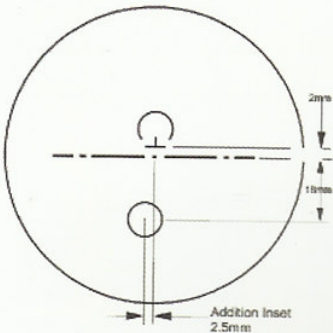
- تدریجی طراحی پیشرفته که دید بی نهایت ندارد
- عدم وجود دید دور
- دید میانی و نزدیک عالی
- مختص مدیران، معلمان و مشاغل دفتری
- قابل تولید از +6.00 تا -10.00 دیوپتر تا سیلندر -4.00
- قابل تولید از نمره -2.50 تا -0.75 (با استپ 0.25)

عدسیهای تدریجی ویژه کودکان با ارتفاع کریدور کم:



- از انواع عدسیهای تدریجی طراحی پیشرفته که مخصوص کودکان ۸ الی ۱۶ سال می باشد
- کمک به شروع کاهش نزدیک بینی (مایوپیا) در کودکان
- دید نزدیک وسیع همراه با وضوح عالی در ناحیه دید دور
- کریدور 13mm
- قابل تولید از +6.00 تا -10.00 دیوپتر تا سیلندر -4.00
- قابل تولید از ادیشن +0.25 تا +2.50 (با استپ 0.25)

عدسیهای تدریجی ویژه رانندگان (محدوده نزدیک محدود ولی محدوده دور و میانی وسیع):



- از انواع عدسیهای تدریجی طراحی پیشرفته که مخصوص رانندگی است
- کریدور وسیع و روشن
- آستیگماتیسم ناخواسته پایین
- دید دور عالی
- دید میانی فوق العاده برای دیدن داشبور و آینه ها
- عدم وجود دید نزدیک
- کریدور 20mm
- قابل تولید از +6.00 تا -10.00 دیوپتر تا سیلندر -4.00
- قابل تولید از ادیشن +0.75 تا +3.50 (با استپ 0.25)

* برای رانندگان همچنین عدسیهایی ویژه بنام DriveWear وجود دارد که سه خاصیت پلاریزه، فوتو براون و تینت زرد را با هم ترکیب نموده است.