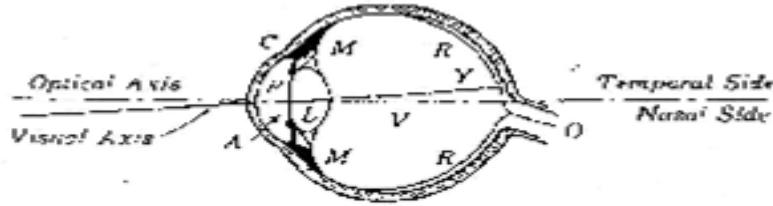


العين البشرية The Eye

تشرح العين:

تعتبر العين واحدة من أدق الأنظمة البصرية التي ترصد المرئيات في سكونها وحركتها، قُربها وبعدها، طولها وعرضها وسمكها وارتفاعها وشدة إضاءتها وعمتها، إضافة إلى تمييز ألوانها. وهي في تركيبها تأخذ شكلاً كروياً قطره حوالي 2.5 سم (بوصة واحدة)، ويحيط بالجزء الأكبر من سطحها جدار صلب يعرف بالصلبة شكل (1) وتزداد شدة التكور عند الجزء الأمامي من العين، وهذا الجزء مغطى بغشاء شفاف محدب يبلغ نصف قطر تكوره 0.8 سم. ويعرف بالقرنية C والمنطقة التي تلي القرنية تحتوي على سائل A يعرف بالسائل المائي، ويليه العدسة البلورية L. وهي تحتمي خلف حاجز معتم P يعرف بالقزحية. وتتوسط القزحية فتحة مستديرة تسمى "إنسان العين" أو الحدقة. هذه الفتحة تتسع أو تضيق تبعاً لشدة الضوء الذي تستقبله كي تحفظ العين من أضرار الإضاءة الشديدة والمتوهجة. وتثبت العدسة البلورية في مكانها بفعل ألياف عضلية M عند أطرافها. وهذه الأجهزة تتصل بالجدار الداخلي لكرة العين، ويتقلصها وارتخائها تغير من انحناء سطح العدسة البلورية فيما يعرف بتكبير العين للرؤية الواضحة. وخلف العدسة تمتلئ العين بسائل جيلاتيني يعرف بالسائل الزجاجي V.



شكل (1) تشرح العين

معامل انكسار السائل المائي والسائل الزجاجي يساوي (1.336) وهي قيمة قريبة من مقدار معامل انكسار الماء، أما العدسة البلورية فمعامل انكسار مادتها غير متجانس وقيمتها المتوسطة (1.437) ولا تختلف كثيراً عن قيم معاملات انكسار السوائل المحيطة بها، لذا فإن معظم الأشعة المنكسرة للضوء الداخل إلى العين تتجمع عند القرنية.

والجزء الأكبر من السطح الداخلي مغطى بغشاء رقيق من ألياف عصبية هي الشبكية والنقطة الصفراء Y أكثر نقطة الشبكية تأثراً بالضوء الأبيض أو الملون، وهي عبارة عن فجوة صغيرة قطرها 0.25 سم. وتقع عند تقاطع محور العين مع الشبكية، وبالقرب من هذه النقطة وفي جهة الأنف تقع نقطة أخرى تتجمع عندها الألياف العصبية الدقيقة في العصب البصري O ولصغر الفجوة الموجودة عند مركز النقطة الصفراء، فإنه يلزم للعين أن تتحرك كي ترصد بوضوح نقطتين قريبتين.

ويسمى موضع دخول العصب البصري إلى داخل العين بالنقطة العمياء، حيث لا ترى فيها الخلايا العصبية والمخروطية.

أهم عيوب الإبصار هي:

أ - قصر النظر (ميوبيا).

ب - طول النظر (هيبروبيا).

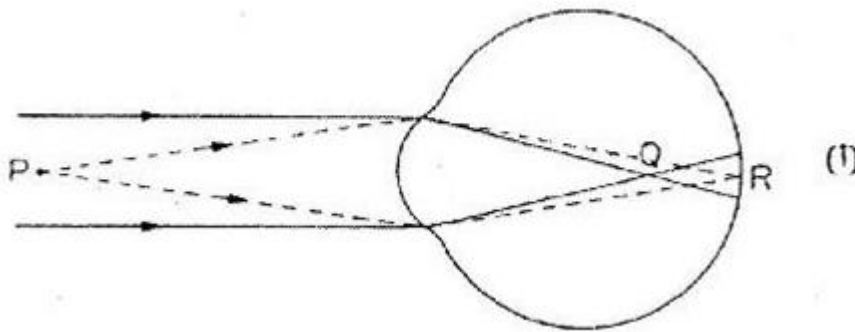
ج - ضعف قوة التكيف (برسبيوبيا).

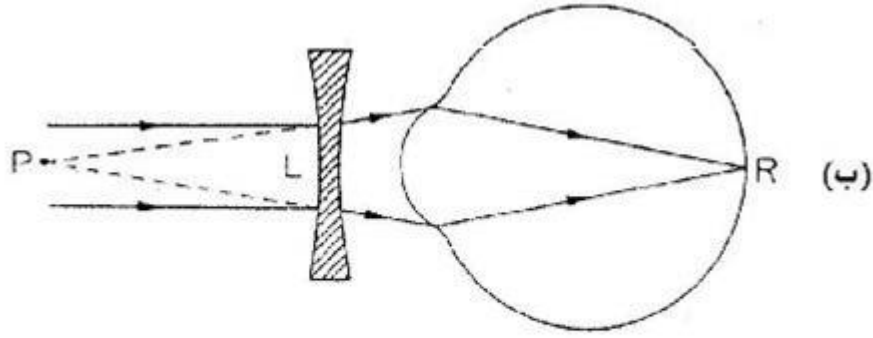
د - اللانقطية أو اللابورية (استجماتيزم).

يمكن التغلب على هذه العيوب بتصميم عدسات رقيقة مناسبة لكل حالة، وهذه قد تكون عدسات لاصقة من مواد تعرف بالبلمرات، أو قد تكون زجاجية فيما يعرف بالنظارات الطبية.

(أ) قصر النظر (ميوبيا):

يعني هذا التعبير أن الأشعة المتوازية الصادرة من جسم بعيد تتجمع داخل العين في نقطة Q أمام الشبكية بدلاً من أن تكون عليها. وتستقبل بذلك الشبكية امتداد الأشعة المتجمعة عند Q فتبدو للجسم صورة غير واضحة، (شكل ٢ أ، ب) ومع اقتراب الجسم تدريجياً من العين تأخذ الصورة في الوضوح حتى تصبح أدق ما يمكن عندما تقع على الشبكية تماماً. والعين المصابة بقصر النظر تقع نقطتها البعيدة عند مسافة محدودة عند النقطة P في الشكل (أ)، ولا تقع في ما لا نهاية.





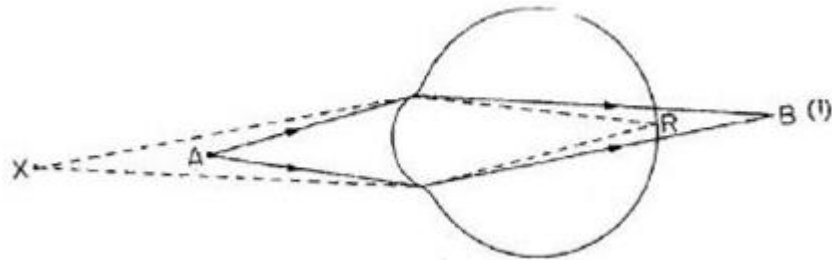
شكل (2) (أ) قصر النظر ، (ب) تصحيح للنقطة البعيدة

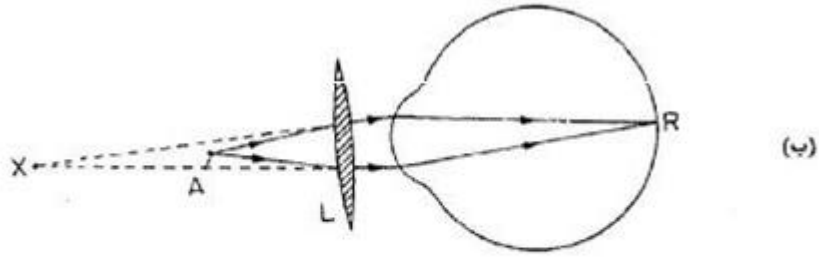
ويمكن إصلاح قصر النظر باستخدام عدسة مفارقة عند L لزيادة البعد البؤري لعدسة العين بالقدر الذي تنطبق به صورة الأجسام البعيدة على الشبكية تماماً عند النقطة R كما في الشكل (ب). ويتضح من الشكل أن البعد البؤري للعدسة المطلوبة يساوي المسافة PL وهذه تساوي عملياً بعد النقطة البعيدة عن العين.

(ب) طول النظر (هيبروبياء):

إذا وقعت النقطة البعيدة لعين ما في ما لا نهاية ، وكانت نقطتها القريبة أبعد من البعد الطبيعي المقدر بـ ٢٥ سم ، فإن هذه العين مصابة بطول النظر، وفي شكل (٣) تمثل X النقطة القريبة لعين مصابة بطول النظر والأشعة الصادرة من X تتجمع عند الشبكية R إلا أن الأشعة التي تنبعث من النقطة القريبة السوية عند A والموجودة على بعد ٢٥ سم من العين تتجمع عند نقطة B خلف الشبكية.

ويمكن إصلاح طول النظر باستخدام عدسة لامة L تعمل على زيادة قوة عدسة العين بالقدر الذي يجعل الأشعة المنبعثة من A تتجمع على الشبكية، وتبدو كما لو كانت صادرة من النقطة X في الشكل (٣)





شكل (3) (أ) طول النظر ، (ب) تصحيح للنقطة القريبة

فإذا كان هناك جسم عند النقطة القريبة A بحيث تكون AL مساوية ٢٥ سم فببت صورته عند X بحيث كانت XL مساوية ٥٠ سم.

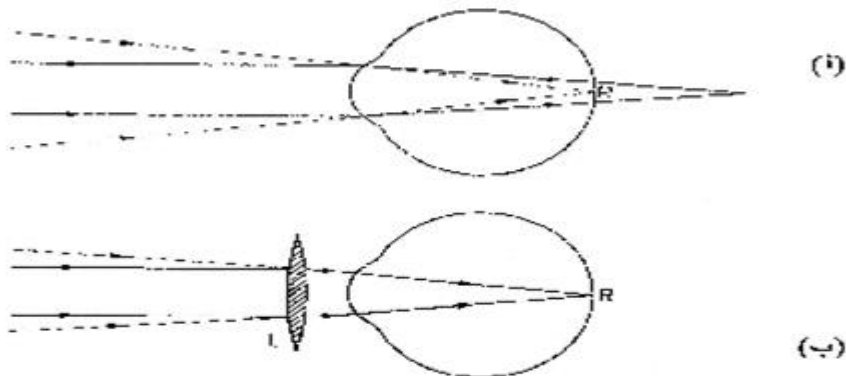
تكون بذلك العدسة المطلوبة من المعادلة العامة:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{(+25)} + \frac{1}{(-50)} = \frac{1}{F}$$

ومنها يكون البعد البؤري لهذه العدسة هو $f = 50$

وقد يحتاج الأمر إلى تصحيح موضع النقطة البعيدة، وذلك حين تتجمع الأشعة المتوازية في نقطة خلف الشبكية كما في شكل (٤أ) ويمكن التغلب على هذا العيب باستخدام عدسة محدبة L كما في شكل (٤ب) لتعمل على تجمع الأشعة المتوازية عند الشبكية R.

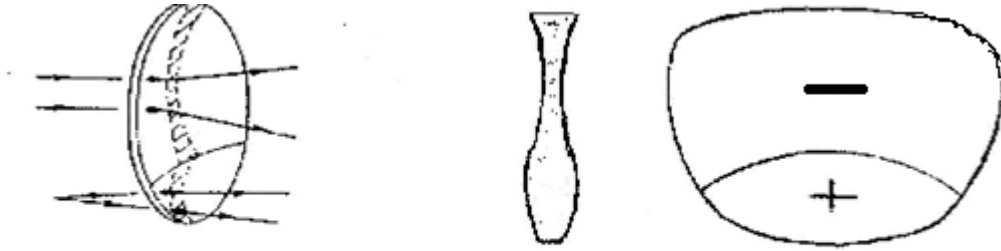


شكل (4) طول النظر وتصحيح للنقطة البعيدة

(ج) ضعف قوة التكيف (برسبوييا):

يتضح مما سبق أن قصر النظر وبعد النظر إنما هما من عيوب انكسار الأشعة الداخلية للعين، بحيث تتجمع الأشعة المنكسرة إما قبل الشبكية أو بعدها. والعين المصابة بأي من هذين العييين تظل لها القدرة على التكيف، وهي القدرة على تغيير انحناء سطحي العدسة (ومن ثم قوتها البصرية) تبعاً لقرب أو بعد المرئيات والمشاهدات كي يتم رصد هذه المرئيات بوضوح تام، وقد تفقد عدسة العين هذه القدرة بسبب اضمحلال مرونة العضلات المتصلة بالعدسة، وخاصة مع تقدم العمر، ويعرف هذا العيب بالبرسبوييا. وإذا فقدت العين قدرتها على التكيف، ولم تكن تعاني من قصر النظر، فإن نقطتها البعيدة تكون في ما لانهاية، وتحتاج إلى عدسة لامة عند النظر إلى الأجسام القريبة. أما إذا كانت العين تعاني من قصر النظر، بالإضافة إلى ضعف قوة التكيف فإنها تحتاج إلى عدستين إحداها مفرقة عند النظر إلى أجسام على مسافات أكبر من نقطتها البعيدة، والأخرى لامة للنظر إلى أجسام قريبة وعلى مسافات أقل من نقطتها البعيدة.

وللتغلب على البرسبوييا تستعمل عدسات ثنائية البعد البؤري لتصحيح كل من النقطة القريبة والنقطة البعيدة. ففي هذه العدسات يكون الجزء السفلي عدسة لامة موجبة القوة لتصحيح النقطة القريبة، ويستخدم لرؤية الأجسام القريبة والقراءة. أما الجزء العلوي من هذه العدسة فتمثل عدسة مفرقة سالبة القوة لتصحيح النقطة البعيدة، شكل (٥) وميزة ذلك تجنب إبدال العدستين - عند تنقل النظر بين الأجسام البعيدة والقريبة والافتقار على تحريك العين للنظر خلال الجزء العلوي أو خلال الجزء السفلي من العدسة الثنائية.



شكل (5) مقاطع مختلفة لعدسة ثنائية البعد البؤري لتصحيح الرؤية القريبة والبعيدة

وقوة التكيف تبلغ مداها في عيون الأطفال، ثم تتناقص كلما أمد العمر ويعزي ذلك إضافة إلى ما سبق ذكره من فقد عضلات العدسة مرونتها فقداً تاماً أو جزئياً إلى أنه يحدث مع كبر السن أن يزداد معامل انكسار الطبقات الخارجية لهذه العدسة. وبذلك تقل القوة المركبة للمجموعة، وتصبح العين بذلك طويلة

النظر، مما يترتب عليه أن تنعدم أو تقل قوة تكييف العين. ومن المعتاد في القياسات البصرية عامة، وعلم أمراض العيون خاصة أن نعبر عن البعد البؤري لأية عدسة بالأمتار، وأن نتحدث عن قوة العدسة بوحدة الديوبتر.

وقوة العدسة بالديوبتر يعبر عنها بمقلوب البعد البؤري مقاساً بالأمتار.

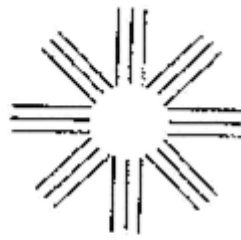
فمثلاً إذا كان البعد البؤري لعدسة = + ٥٠ سم

$$= + 0.5 \text{ متر}$$

وهكذا فالعدسات اللامة لها قوة موجبة، في حين أن العدسات المفرقة لها قوة سالبة. وتصنع عدسات النظارات الطبية إلى أقرب ¼ ديوبتر .

(د) اللانقطة أو اللابؤرية (الاستجماتيزم):

ينشأ هذا العيب إذا فقدت كرة العين أو فقد أحد الأسطح الكاسرة فيها تماثله الكروي، وأهم هذه السطوح هي القرنية. وينتج عن ذلك أن تختلف القوة البصرية للعين في المقاطع المختلفة المارة بمحور بصرها، ويختلف بذلك وضوح أجزاء الجسم. فإذا نظرت مثل هذه العين إلى مجموعتين من الخطوط الرأسية والخطوط الأفقية في لوحة واحدة (شكل ٦) فإنها لا يمكنها أن تتبين بوضوح إلا مجموعة واحدة منهما في آن واحد.

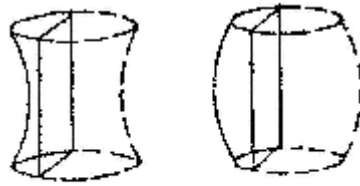


شكل (6) اختبار الاستجماتيزم

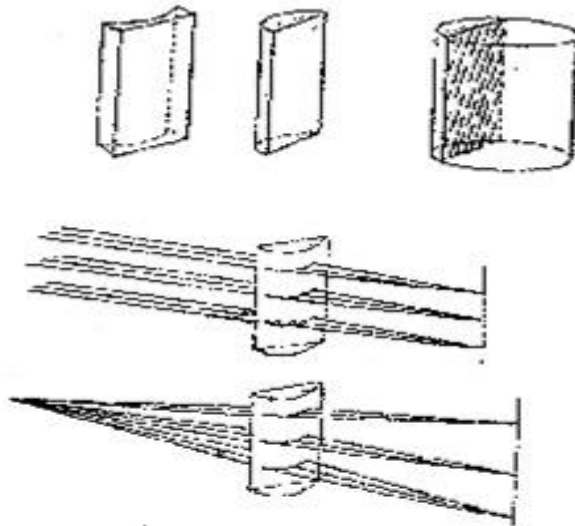
ويمكن التغلب على هذا العيب الاستجماتي في العين باستخدام عدسة استجمية، (شكل ٧ ب) بحيث يتكون من هذه العدسة والسطح الكاسر الاستجمي في العين كالقرنية على سبيل المثال مجموعة متماثلة بالنسبة

للمحور البصري. وقد يكون العيب في تكور القرنية في مقطع رئيسي واحد (الأفقي مثلاً) دون المقطع العمودي عليه، في هذه الحالة يمكن إصلاح اللا نقطية باستخدام عدسة اسطوانية مستوية توضع أمام العين بحيث يوازي محورها المقطع الذي لا عيب فيه فتعوض بذلك نقص أو زيادة قوة العين في اتجاه المقطع الآخر.

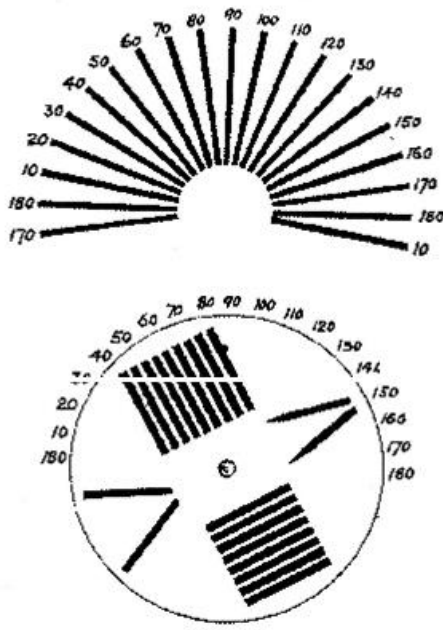
أما إذا كانت العين تعاني عيباً استجماً مصحوباً بقصر نظر أو طول نظر، كأن يشتمل العيب في تكور القرنية المقطعين الرئيسيين المتعامدين الأفقي والرأسي مثلاً، فإن صورة أي من الخطين المتعامدين لا تنطبق تماماً على الشبكية. في هذه الحالة يمكن إصلاح هذا العيب باستخدام عدسة اسطوانية كرية أو عدسة طوريدية (شكل ٧ أ) تكون قوتها في المقطعين - الرئيسيين بحيث يتكون منها ومن القرنية والعدسة البلورية مجموعة متماثلة القوة حول المحور البصري للعين. وفي كلتا الحالتين تكون العدسة إما مفرقة أو مجمعة وفقاً لما تكون عليه العين من قصر أو من طول في النظر.



شكل ٧ أ العدسة الطوريدية



شكل ٧ ب عدسة استجمية ومماسر الأشعة في إحداها

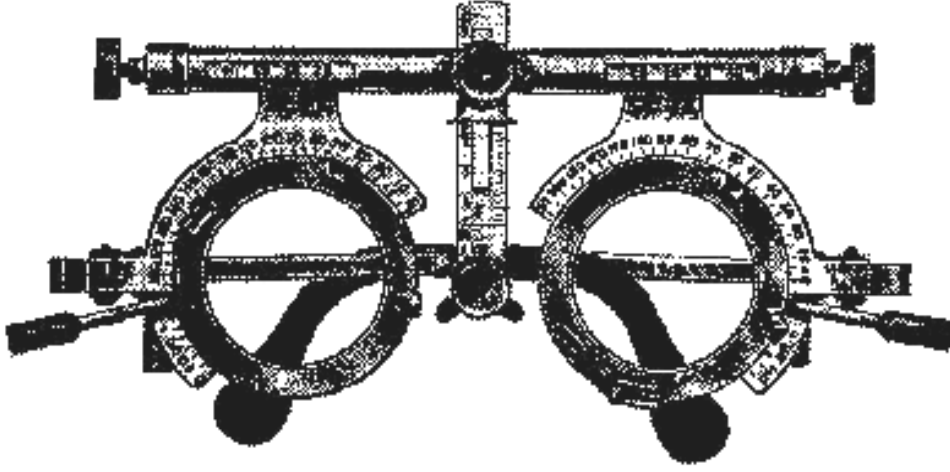


شكل (8) لوحة الكشف على الاستجماتيزم

وقد يكون تكور سطح القرنية غير منتظم لدرجة يصعب معها إصلاح العيب بالعدسات الاستجمية، وفي هذه الحالة تستخدم عدسة رقيقة من مادة بلمرية (غير زجاجية) توضع بحيث يكون حافتها تحت جفن العين، ويملاً الفراغ بينها وبين القرنية بسائل له نفس معامل انكسار السائل المائي الذي يملأ الحيز بين القرنية والعدسة البلورية. وبذلك تعمل العدسة الرقيقة عمل القرنية تماماً بينما لا يعاني الضوء انكساراً عند سطح القرنية نفسها، لأن السائل على جانبيها له معامل انكسار واحد، وهذه العدسة الرقيقة تُعرف بالعدسة اللاصقة.

ويمكن الكشف عن الاتجاه الذي يوجد به العيب الانحنائي في العين باستخدام إحدى اللوحات الخاصة المبينة في شكل ٨ أ) فإذا نظرت العين المصابة بالاستجماتيزم إلى الشكل العلوي مثلاً، فإنها - سوف تلاحظ كأنما هناك فرق واضح في درجة سواد هذه الخطوط، ففي اتجاه خاص تظهر الخطوط قائمة السواد، بينما تظهر في الاتجاه المتعامد وكأنها رمادية اللون.

وفي الشكل السفلي تدار اللوحة حول المحور البصري إلى أن تظهر إحدى مجموعتي الخطوط أوضح من الأخرى أو أكثر سواداً عنها. من ذلك يستنتج أن العدسة الاستجمية المطلوبة يجب أن توضع بحيث يتعامد محورها الاسطواني مع اتجاه الخطوط الأكثر وضوحاً في اللوحة. ولو فرضنا أن العين كانت ترى الخطوط الأفقية واضحة تماماً، فإن هذا معناه أنها قادرة على تمييز سمك هذه الخطوط بدقة كافية، أي أنها مثالية في الاتجاه الرأسي، ومن ثم فإن العدسة الاسطوانية يجب ألا تؤثر في هذا الاتجاه المثالي، أي أنها يجب أن توضع بحيث يكون محورها الاسطواني رأسياً حتى يقتصر تأثيرها على الاتجاه الأفقي. ويبين شكل (٨ ب) رسماً لإطار النظارة من الجهة المقابلة للعين المصابة بالاستجماتيزم، وبه تدرج زاوي من صفر إلى ١٨٠ درجة، ويختلف عن تدرج لوحة الفحص في الشكل السابق بزاوية ٩٠ درجة وبذلك تكون مهمة الطبيب الفاحص أن يقرأ على لوحة الفحص الاتجاه الذي يرى فيه المريض الخطوط واضحة، ويؤشر لهذه القراءة نفسها على شكل الإطار، فيكون هذا هو الاتجاه الذي يعين على صنع النظارة أن يضع فيه المحور الاسطواني للعدسة الاستجمية.



شكل (8 ب) الإطار المستخدم في الكشف على اتجاه الاستجماتيزم

وبعد أن يتحدد موضع هذا المحور يبقى بعد ذلك تعيين قوة العدسة الاسطوانية المطلوبة، ويأتي ذلك بطريق المحاولة فيستخدم الطبيب عدداً من العدسات الاسطوانية ذات قوى متزايدة تدريجياً تزيد كل ديوبتر حتى ينتقي منها العدسة التي يتمكن بها المريض من رؤية جميع خطوط $\frac{1}{4}$ منها عن سابقتها اللوحة بوضوح تام.

حدة البصر

سبق أن ذكرنا بأن سطح الشبكية يتكون من شبكة كثيفة جداً لشعيرات من الأعصاب بعضها على شكل قضبان، والبعض الآخر على شكل مخروطات. وطبقاً لنظرية هلمهولتز في الإبصار فإن القضبان تختص بتمييز اللونين الأبيض والأسود فقط ، أما المخروطات فتتميز الألوان، بالإضافة إلى اللونين الأبيض والأسود . وتبلغ درجة كثافة القضبان على الشبكية أقصاها عند النقطة الصفراء حيث تقدر المسافة بين اثنين منها بنحو 0.004 مم.

فإذا نظرت العين إلى جسم دقيق بحيث لم يتأثر بصورته أكثر من شعيرة واحدة فإن العين لا تستطيع أن تحدد تفاصيل هذا الجسم، بل تميزه بنقطة واحدة، ولا يمكن لعين أن تميز بين نقطتين إلا إذا وقفت صورتاهما على شعيرتين مختلفتين . ولما كانت المسافة بين كل شعيرتين مساوية 0.004 مم، فإن العين لا يمكنها أن تميز بين نقطتين إلا إذا كانت المسافة بين صورتيهما مساوية 0.004 مم على الشبكية . وهذه تقابل زاوية بصرية مقدارها دقيقة واحدة، وهي الزاوية التي يصنعها جسم طوله 0.3 مم موضوع على مسافة متر من العين.

مثال: (١)

إذا كانت النقطة القريبة لعين طويلة النظر تقع على بعد ١٠٠ سم منها، احسب البعد البؤري والقوة للعدسة اللازمة لها للقراءة بوضوح على البعد المثالي.

الحل:

في هذه الحالة يوضع الجسم عند ٢٥ سم $\therefore S = 25cm$

تتكون الصورة عند ١٠٠ سم $\therefore S' = -100cm$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad \text{ومنها:}$$

$$\frac{1}{(+25)} + \frac{1}{(-100)} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = \frac{100}{3} = 33.3cm \quad \text{فيكون البعد البؤري:}$$

$$F = \frac{1}{f \text{ (meter)}} = \frac{100}{33.3} = +3\Delta \quad \text{وتكون القوة:}$$

مثال (٢) النقطة البعيدة لعين بها ميوبيا تبعد ١٠٠ سم عن العين. احسب العدسة اللازمة لرؤية الأجسام عند ما لا نهاية

الحل

$$S = \infty$$

$$S' = -100cm$$

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{(-100)} = \frac{1}{f}$$

ومنها يكون البعد البؤري - ١٠٠ سم. أي أن العدسة مفرقة وقوتها - ١ ديوبتر.

مثال (٣)

يمكن لشخص أن يرصد المرئيات بين ٥٠ سم و ٣٠٠ سم بشكل واضح. ما هي العدسة التي تلبي:

أ (زيادة مدى الرؤية الواضحة إلى ∞)

ب) اختزال النقطة القريبة إلى ٢٥ سم.

الحل

أ) لزيادة مدى الرؤية إلى ∞ تستعمل عدسة مفرقة ، وبفرض قرب العدسة من العين، فإن الجسم الموضوع عند ∞ تظهر صورتها عند النقطة البعيدة على بعد ٣٠٠ سم.

$$\therefore S = \infty \quad S' = -300cm$$

$$\therefore \frac{1}{\infty} + \frac{1}{(-300)} = \frac{1}{f}$$

$$f = -300cm$$

وتغير هذه العدسة من وضع النقطة القريبة ٥٠ سم إلى S

$$\therefore \frac{1}{s} + \frac{1}{(-50)} = \frac{1}{(-300)}$$

$$S = 60cm$$

ويصبح المدى الجديد بين ٦٠ سم ، ∞

ب) لاختزال النقطة القريبة من ٥٠ سم إلى ٢٥ سم .تستعمل عدسة محدبة بحيث يكون

$$\therefore S = 25 \quad S' = -50$$

$$\therefore \frac{1}{25} + \frac{1}{(-50)} = \frac{1}{f}$$

$$f = +50cm$$

وهذه العدسة تغير من النقطة البعيدة ٣٠٠ سم إلى S'

$$\therefore \frac{1}{S'} + \frac{1}{(-300)} = \frac{1}{(+50)}$$

$$\therefore S' = 42.7cm$$

ويصح مدى الرؤية لهذه العدسات من ٢٥ سم - 42.7 سم.