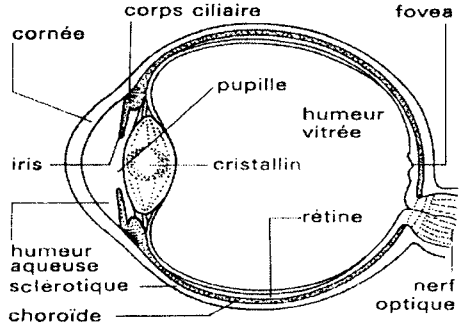
الفصل الثامن

العـــين

تعتبر العين من أفضل مستقبلات الضوء، لأنها تستطيع التقاط عدة فوتونـات فقط، وهي ذات حساسية خارقة كونها لا تراكم المعطيات كمـــا تفعلـــه اللوحـــة الحساسة. كما أنها تضبط تلقائياً إيضاحها ما بين حدين (المطابقة) وتضبـــط أيضـــاً التدفق الضوئي الذي تتلقاه لتجنب الانبهار بالإضافة لالتقاطها المعلومات الآتية مـــن حقل زاوي كبير جداً؛ لهذا فهي أداة ضوئية متقنة جداً لا يمكن أن تقترب منـــها أي تقنية حالية.

I- وصف العين:

إن حجم حجرة العين حوالي $6.5\ cm^3$ وقطرها حـــوالي 24 mm وكتلتـــها حوالي 7 gr وهي تحتوي على ثلاثة أغشية وثلاثة أوساط شفافة (الشكل 1).



الشكل 1

1- الأغشية :

- غلاف خارجي ليفي يكون الصلبة خلف العين والقرنية الشفافة من الأمام.
- غلاف متوسط وعائي يحتوي على القزحية والجسم الهدبي والمشيمة.
- غلاف داخلي عصبي يكون الشبكية.

فالقزحية عبارة عن حاجز ملون فتحته المركزية (حدقة) ذات قطر متغير (2-8) mm أثناء المطابقة أو تغيرات الإنارة من خلال استرخاء أو تقلص القزحية.

أما الجسم الهدبي فيتألف من ألياف عضلية تستطيع تغيير تقريب الجليدية (الجسم البلوري). بينما قعر العين المغطى بالشبكية التي تعبر الجزء الوحيد من حجرة العين ذات المنشأ العصبي والبنية المتقطعة وذات الحساسية المتغيرة في مختلف نقاطها، مكونة من نوعين من الخلايا العصبية المتجاورة.

- العصيات التي تعمل عند الإنارة الضعيفة مسؤولة عن الرؤيا الليلية وإدراك الأشكال وعددها حوالي (130) مليون عصية تمنح الشبكية لوناً أرجوانياً. وتزداد كثافتها بالابتعاد عن البقعة الصفراء وهي لا تعطي أي معلومات عن طول الموجة المنقولة (في الليل تكون عيون القطط رمادية اللون).

- المخاريط التي تحتاج لضوء النهار مسؤولة عن رؤيا الألوان وإدراك التفاصيل وعددها حوالي (7) مليون مخروط وتزداد كثافتها بالاقتراب من البقعة الصفراء.

أما النقطة العمياء حيث يدخل العصب الضوئي إلى العين فتكون مجردة من المخاريط والعصيات.

2- الأوساط الشفافة :

تؤمن الشفافية انتقال الضوء إلى الشبكية، كما أن التقريب بسبب اختلاف قرينة الانكسار عن قرينة انكسار الهواء يؤمن تشكل الخيال على الشبكية.

- الخلط المائي موجود في مقدمة العين وبه تغمر القزحية وقرينة انكساره 1,337.
- الجليدية (الجسم البلوري) وهي عبارة عن عدسة محدبة الوجهين، وجهها الأمامي عبارة عن رأس كروي قطره 9mm. والوجه الخلفي عبارة عن رأس كروي قطره 4mm.

وهي مكونة من طبقات شفافة قرائن انكسارها مختلفة متوضعة على بعضها البعض كطبقات البصلة حول نواة مركزية قاسية، لذا فإن قرينة انكسارها الوسطية هي 1,42.

كما أنها مثبتة بسلسلة ألياف مربوطة بالجسم الهدبي، وبما أنها مرنة فإن نصف قطر انحنائها متغير وبالتالي فتقريبها متغير أيضاً.

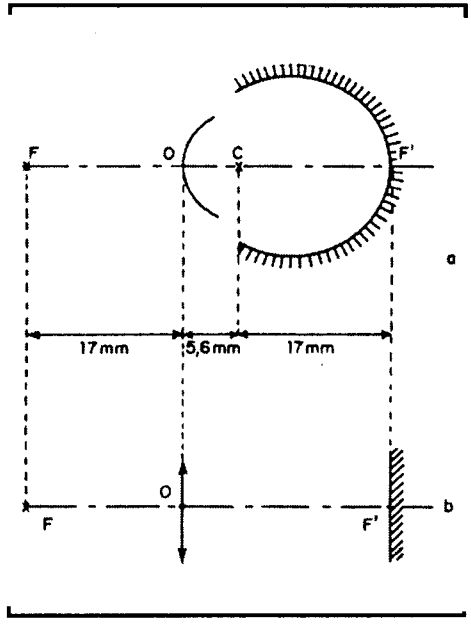
- الخلط الزجاجي وهو عبارة عن وسط شفاف شبه سائل يملأ تجويف العين خلف الجليدية وقرينة انكساره 1,337.

II- الوصف الانكساري للعين:

يصادف الضوء المتوغل داخل العين سلسلة كواسر، ما هي إلا كرات ناقصة يمكن تشبيهها بكاسر كروي وحيد يسمى بالعين المختزلة (الشكل 2)، قرائن انكساره الطرفية هي 1 و 1,337، ونصف قطر انحنائه 5,6 mm، ويوجد قمة على

بعد 17 mm أمام الشبكية، وبالتالي فالاستطاعة $D = \frac{n-1}{R}$ هي بحدود 60 كسيرة.

والفائدة من العين المختزلة يأتي من سهولة استخدامها عند دراسة العين المريضـــــة، حيث تقدم دقة كافية.



الشكل 2

a: عين مختزلة و **b:** تمثيل العين بيانياً

III- المطابقة (تغيير انحناء الجسم البلوري)

لتستطيع العين رؤية جسم ما بوضوح تام، يجب أن يقع خياله على الشبكية، لكن هذا الشرط غير كافٍ.

فعندما تحدق العين على جسم بعيد وهي مرتاحة فإن عضلات الجسم الهدبي تكون مسترخية وإن خيالاً واضحاً يتشكل على الشبكية لكن عندما يقترب هـــــذا

الجسم من العين، فإنه ابتداء من بعد ما لا يكون الوضوح جيداً وأن عضلات الجسم الهدبي تغير تقريب الجليدية ليقع الخيال على الشبكة. فنقول بأن العين تطـــابق وأن البعد الأصغري الذي ابتداء منه تبدأ العين بالمطابقة يحدد نقطة المـــدى (اســتطاعة صغرى للعين موافقة لمطابقة معدومة) وهي تقع على بعد 6m بالنسبة للعين السليمة.

أما البعد المحرقي الأعظمي للجليدية فهو عبارة عن البعد ما بـــين مركزهـــا الضوئي والشبكية عندما تراقب العين العادية أجساماً واقعة ما بين اللانهاية و 6m.

بينما عندما يقترب الجسم تدريجياً من العين، فإن تقريب الجليديـــة يـــزداد والعضلات الهدبية تعمل أكثر فأكثر. وإنه ابتداء من بعد ما لا تستطيع التقلص أكـثر وتتوقف العين عن المطابقة وإن البعد الأصغري الذي ابتداء منه لا تكـــون الرؤيـــا واضحة يحدد نقطة الكثب (استطاعة عظمى للعين موافقة لمطابقة عظمى) ولا بد من الإشارة هنا إلى أن إمكانية المطابقة متعلقة بالعمر، فنقطة الكثب هي حـوالي 10 cm عند الأطفال وما بين cm(15-20) عند المراهقين، وحوالي 25cm عنـــد الشـباب، وحوالي 50cm عند الرجال بعمر 50 سنة، وإن انخفاض القدرة على المطابقة مع تقدم العمر يحمل اسم القدع. أما مطال المطابقة فهو بالتعريف الفرق.

$$A = \frac{1}{OR} - \frac{1}{OP}$$

حيث:

R : موضع نقطة المدى.

P : موضع نقطة الكثب.

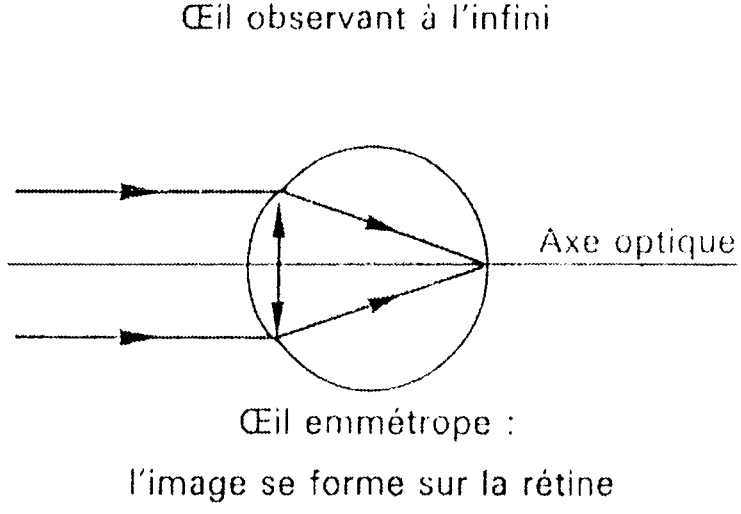
O : المركز الضوئي للجليدية (في حالة العين المختزلة).

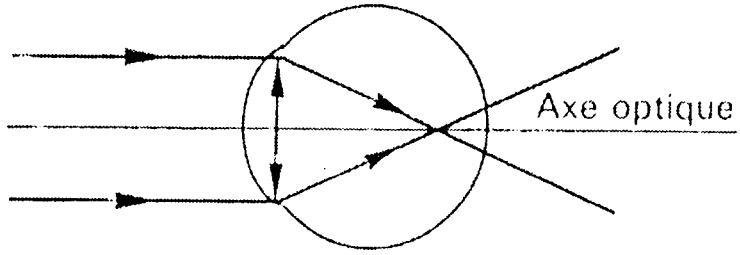
وهو من مرتبة (5) كسيرة لعين سليمة بعمر (20) سنة.

إذا نظرت العين إلى نقطتين فإنها لا تستطيع تمييزهما إلا إذا كانت أخيلة هاتين النقطتين واقعتين على عصبونين متجاورين. وهذا بدوره يفرض بأن رؤية هاتين النقطتين تتم تحت زاوية صغرى تحدد القوة الفاصلة للعين. وإن قيمة هذه الزاوية هي دقيقة واحدة عندما يكون قطر الحدقة 3mm وعندما يصبح قطر الحدقة أصغر من ذلك (عند ازدياد الإنارة) تنتج ظاهرة انعراج تحد من القوة الفاصلة.

أما عندما تكون الإنارة غير كافية فإن قطر الحدقة يزداد وينتج زيغ هندسي يحد أيضاً من القوة الفاصلة.

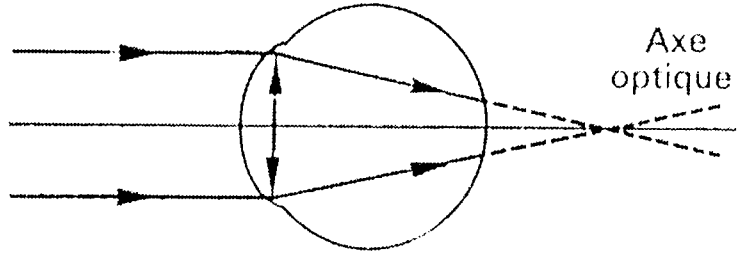
IV- عيوب العين (الشكل 3)





Œil myope :

l'image se forme en avant de la rétine



Œil hypermétrope :

l'image se formerait en arrière de la rétine

1- العين الحسيرة (قصر النظر):

جليديتها مقربة جداً وعند الراحة تعطي لجسم واقع في اللانهاية خيالاً يقـــع أمام الشبكية، أي أنها لا تستطيع أبداً الرؤيا بوضوح حتى اللانهاية، وهذا يعـــني أن نقطة المدى ليست على بعد 6m بل في نقطة أقرب بكثير. فهي حوالي 33cm عنـــد قصر النظر المتوسط وعدة سنتيمترات عند قصر النظر الشديد.

يعالج قصر النظر بإضافة عدسة مبعدة أمام العين للرؤيا ابتداء من نقطة مداها حيث تعطي لجسم بعيد خيالاً وهمياً صحيحاً أصغر من الجسم وأقرب منه.

يلعب دور جسم بالنسبة للعين التي تشكل له خيالاً علـــى الشـــبكية وإن المصاب يقصر النظر لا يكون بحاجة لأي تصحيح ليرى من قرب.

عند الشيخوخة تصبح العين الحسيرة قادعة، لكنها تحافظ وعلى عكس العين السليمة على رؤيا صحيحة تقريباً مما يقال خطأ بأن القدع يصلح قصر النظر.

في الوقت الحاضر، يتم تصحيح قصر النظر جراحياً وذلك بعمـــل حـــزوز ملائمة في القرنية مما يغير ذلك من انحنائها وتقريب الجملة العينية.

2- العين الطامسة (بعد النظر):

تقريب جليديتها غير كاف، وعند الراحة تعطي لجسم في اللانهاية خيالاً يقع خلف الشبكية، أي أن نقطة المدى وهمية واقعة خلف العين (ترى العين أخيلة وهمية) وأن العين تطابق حتى من أجل أجسام بعيدة (وهذا يعني إرهاقاً للعين)؛ وأن بعـــد النظر الخفيف لا يكون مزعجاً عند الشباب أما عند كبار السن فتنخفض القـــدرة على المطابقة ويزداد العيب الذي يعالج بوضع عدسة مقربة أمام العين.

3- العين القادعة:

مع تقدم العمر تتناقص القدرة على المطابقة بحيث إن نقطة المدى تبقى ثابتـة بينما نقطة الكثب تقترب منها أكثر فأكثر، وعندما تنطبق عليها يصبح القدع كاملاً وإنه يصيب جميع العيون.

4- العين الساد :

عندما تشيخ العين تفقد الجليدية شفافيتها ومرونتها فتغدو مظلمة وبالتالي لا يستطيع الضوء اختراقها والوصول إلى الشبكية فتعمى العين؛ ولهذا يتم استئصال الجليدية والحصول على عين مصابة بالساد، وإن هذه العين التي فقدت جليديتها تكون طامسة قادعة ويتم تصحيحها باستخدام عدسة مقربة.

5- العين اللانقطية:

ضمن تقريب غوص، تكون العين لا نقطية عندما لا يكون خيال نقطة نقطياً. هذا العيب خطير ومنتشر كثيراً وينتج؛ لأن القرنية لا تكون كروية تماماً. ويتميز بمنحى عبور انحناء صغير وبمنحى عبور انحناء كبير، متعامدان في حالة اللانقطية المنتظمة، ويتم تصحيحه بعدسات أسطوانية أو حلقية بحيث يتم انطباق المحرقين على الشبكية.

V- حساب النظارات

إذا كانت δ المسافة الفاصلة ما بين مركز زجاج النظارة والقرنية و Δ المسافة الفاصلة ما بين نقطة المدى والقرنية فإن البعد المحرقيf للزجاج الضروري لتصحيح النظر هو بحيث إن:

$$\frac{1}{\infty} - \frac{1}{\Delta - \delta} = \frac{1}{f}$$

VI- دور الدماغ

من المستحيل هنا الأخذ بعين الاعتبار لدور الدماغ الذي يجعل من العين البشرية المستقبل الأفضل، فهو الذي يسمح لنا بالتعرف على الأجسام من خلال أشكالها وألوانها وهو الذي يقوم بتصحيح الأخيلة المقلوبة المتشكلة على الشبكية.

لقد تم تحميل مجموعة شبان متطوعين بنظارات موشورية تقلب الأخيلة. فبعد عدة أيام بدأت هذه المجموعة من الشبان الحاملة للنظارات ترى ما حولها بشكل صحيح. لكن إلغاء النظارات تسبب خلال عدة أيام برؤيا مقلوبة وبعد ذلك عادت الرؤيا طبيعية.

مسائل غير محلولة

- يتم تمثيل عين سليمة بكاسر كروي يفصل الهواء عن وسط قرينة انكساره n=1,336

يستطيع شخص نظره طبيعي المطابقة ما بين اللانهاية والنقطةP الواقعة على مسافة 15cm من S قمة الكاسر.

1- إذا كان نصف قطر الكاسر الكروي لعين سليمة 6mm عندما ينظر هذا الشخص إلى نقطة جسمية تقع في اللانهاية. أين يتشكل خيال هذه النقطة الجسمية؟ ماذا يصبح نصف قطر الكاسر عندما تطابق العين بشكل أعظمي؟

2- يغطس هذا الشخص في ماء قرينة انكساره $N = \frac{4}{3}$ لفحص أجسام واقعة في الماء. فعلى أي بعد من العين يجب وضع جسم ليتشكل خياله على الشبكية؟ هل يوجد منطقة رؤيا واضحة.

3- زود هذا الشخص بقناع كتيم مكون من زجاج شفاف مستوى (شبيه بكاسر مستوى سماكته مهملة) يفصل الماء والهواء حيث توجد العين. فإذا كانت المسافة ما بين الزجاج المستوي والقمة S هي 5mm ما هي الحدود الجديدة للرؤيا الواضحة.

- تم تمثيل عين حسيرة (قصر النظر) بكاسر كروي يفصل ما بين الهواء الذي قرينة انكساره 1 ووسط قرينة انكساره n=1,336.

فإذا كانت المسافة ما بين القمة S والنقطة R من الشبكية الواقعة على المحور ثابتة وتساوي 22,26 mm.

1- إذا كانت نقطة الكثب واقعة على بعد 6cm من يسار القمة S ومطال المطابقة A هو 6 كسيرة.

احسب مكان نقطة المدى مستعيناً بالعلاقة التالية:

$$A = \frac{1}{SR} - \frac{1}{SP}$$

2- أوجد نصف قطر انحناء الكاسر في الحالتين التاليتين:

a- عين مرتاحة.

b- عين تطابق بشكل أعظمي.

3- نصحح هذه العين لتستطيع الرؤيا بوضوح إلى اللانهاية بدون مطابقة باستخدام عدسة رقيقة مفترضين أولاً بأن المركز الضوئي O منطبق على القمة S للكاسر القرني.

a- ما هي طبيعة العدسة المصححة.

b- احسب بعدها المحرقي الخيالي.

c- ارسم الشعاع الوارد من جسم موجود في اللانهاية.

d- ما هو موضوع نقطة الكثب بعد التصحيح.

4- في الحقيقة يقع المركز الضوئي للزجاج المصحح على بعد h أمام S، وعند الأخذ بعين الاعتبار إلى أن O و S غير منطبقتين. ماذا يصبح البعد المحرقي الخيالي للزجاج المصحح للرؤيا الواضحة في اللانهاية (h=OS=12mm).

5- احسب تكبير الجملة عدسة – عين لجسم حقيقي AB عمودي على المحور الضوئي والواقع على بعد OA يساوي إلى 10m.

من أجل الجسم AB نفسه الذي يرى من المسافة ذاتها، ماذا يصبح التكبير بعين سليمة لها قرينة الانكسار نفسها والمشبهة بكاسر كروي بحيث تكون المسافة قمة – شبكية $\overline{SR}$ نفسها كما في العين الحسيرة المعتبرة.

- يضع شخص نظارة ذات محرقين فيستطيع رؤية جسم يقع ما بين 25cm واللانهاية بشكل واضح. فإذا كانت الأبعاد المحرقية الخيالية للعدسات الرقيقة المكونة لهذه النظارة هي 300cm- في جزئها العلوي و 40cm+ في جزئها السفلي. وأن المسافة ما بين زجاج النظارة والعين معدومة افتراضياً (كما الحال في العدسات اللاصقة).

1- ما هي العلاقة التي تسمح بحساب موقع الخيال المتشكل بعدسة رقيقة لجسم يقع في نقطة على المحور الضوئي (حدد بدقة المقادير المستخدمة واصطلاح الإشارة الملائمة).

2- ما هو عيب عيونه.

3- ما هي الحدود التي بينها يستطيع هذا الشخص أن يرى نفس الجسم بدون مساعدة هذه النظارة.