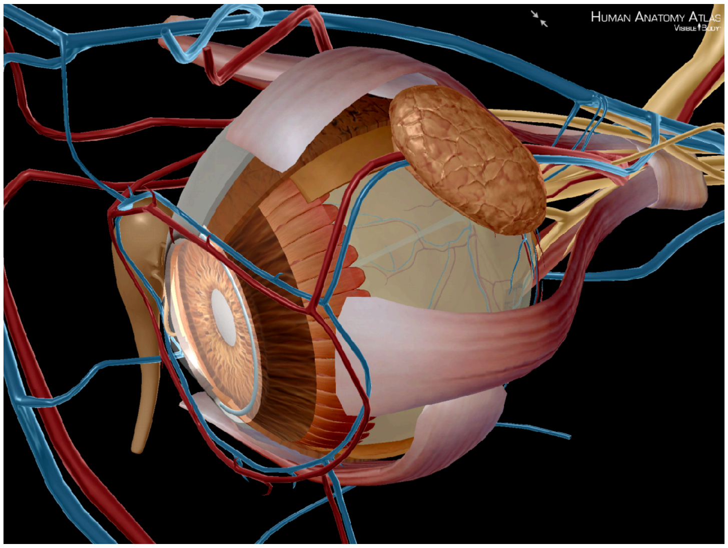
Biofizika gyakorlat szem optikája jegyzőkönyv:

A gyakorlat célja

A gyakorlat célja az egyik legfontosabb emberi érzékszerv, az emberi szem jobb megismerése volt.



Gyakorlaton elvégzett feladatok

1. Az akkomodációs képesség egyéni meghatározása.
2. A látásélesség egyéni meghatározása.
3. A vakfolt méretének és a sárgafolttól való távolságának egyéni meghatározása.

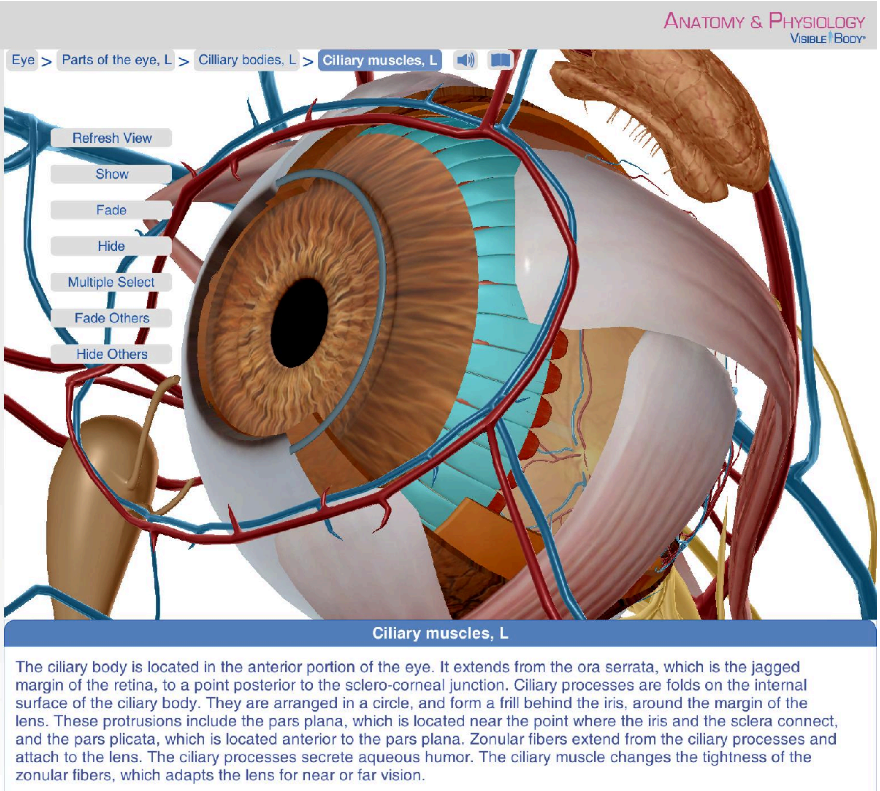
Használt anyagok és eszközök, fontos körülmények

A szemünk és egy vonalzó.

Rövid elméleti összefoglalás

AZ AKKOMODÁCIÓ

Amikor a figyelem valamely tárgyra irányul vagy rögzül, akkor a szem normálisan úgy áll be, hogy a tárgyról érkező fénysugarak a sárgafoltra (macula lutea), pontosabban annak központi részére fovea centralis-ra essenek. Az itt keletkező kép azonban nem feltétlenül éles.



Amikor a sugártest (ciliaris izomzat) ernyedt állapotban van, akkor az optikailag normális szem a párhuzamosan beérkező fénysugarakat az ideghártyán (retina) gyűjti össze. Ilyenkor csak a nagyon messze lévő tárgyakról keletkezik éles kép a retinán. Mindaddig, amíg az ernyedtség fennáll, a közeli tárgyakról érkező sugarak a retina mögött fókuszálódnak, következésképpen elmosódottan látszanak. A szemlencse görbületének, azaz törőképességének növelésével elérhető, hogy a közeli tárgyakról érkező sugarak is a retinán gyűljenek össze.

Mindkét esetben teljesül a leképezés törvénye: $D = \frac{n}{t} + \frac{n'}{k}$ ahol D a szem összes törőképessége dioptriában ($\frac{1}{m}$), t ill. k a tárgy ill. a kép távolsága (m), n a tárgy közegének törésmutatója (általában levegő, $n = 1$), és n' az üvegtest törésmutatója. Mivel k, n, és n' nem változik, különböző tárgytávolságok éles leképezése különböző dioptriájúra akkomodált szemet igényel.

A lencsegörbület növelésének folyamatát akkomodációnak nevezzük. Nyugalomban a gyűrű alakú ciliaris izomzat elernyedt állapotban van és a lencsefüggesztő (zonula) rostok megfeszülve, ellapult alakban tartják a rugalmas szemlencsét. Amikor a tekintet közeli tárgyra irányul, a ciliáris izomzat egy kisebb átmérőjű gyűrűt alkotva összehúzódik. A zonula rostok elernyednek, és a lencse saját rugalmasságánál fogva domborúbbá válik. Az akkomodáció aktív izommunkát követel, a ciliaris izomzat valójában a test egyik legjobban igénybevett izma. A lencsegörbület növelhetőségének foka természetesen korlátozott. Azt a szemhez legközelebb eső pontot, amelyet akkomodációval még élesre tudunk állítani, a látás közelpontjának (t_p) nevezzük. Ekkor a legnagyobb a szem törőképessége:

$$D_p = \frac{n}{t_p} + \frac{n'}{k}$$

Azt a szemtől legtávolabbra eső pontot, amelyet a teljesen ellazult (akkomodálatlan) szem még élesen lát, a látás távolpontjának (tr) nevezzük. Ekkor a legkisebb a szem törőképessége:

$$D_r = \frac{n}{t_r} + \frac{n'}{k}$$

Az akkomodációs képesség, vagy szélesség a legnagyobb és legkisebb törőképesség különbsége:

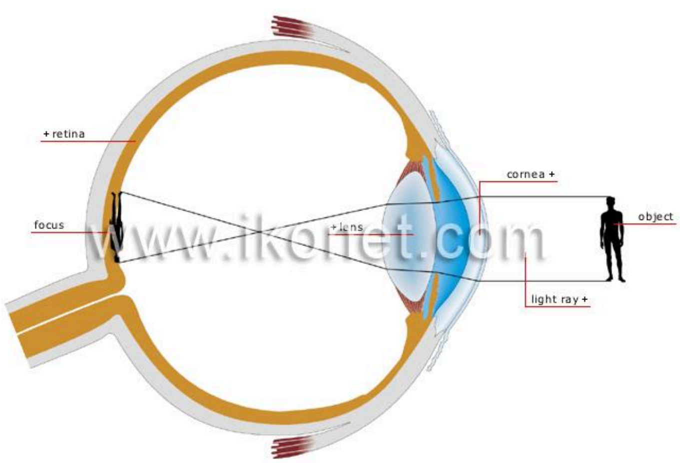
$$\Delta D = D_p - D_r = \frac{1}{t_p} - \frac{1}{t_r}$$

A felnőttkori normális látásélesség tartománya tp = 25 cm-tõl (a közelpont kb. 45 éves korban rövidül ekkorára) végtelenig terjed. Az ennek megfelelő akkomodációs szélesség:

$$\Delta D = \frac{1}{0.25} - \frac{1}{\infty} = 4 - 0 = 4 \text{ dpt}$$

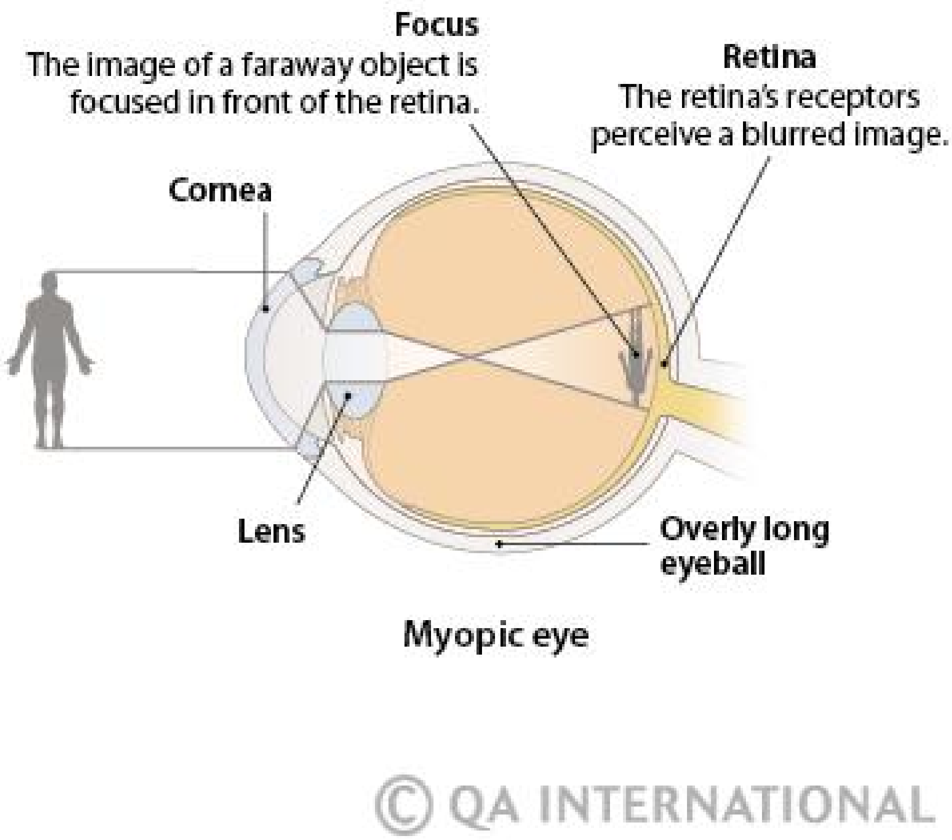
Gyermekkorban azonban a közelpont normálisan akár 7 cm is lehet, ami 13 dpt akkomodációs képességnek felel meg.

A KÉPALKOTÓ MECHANIZMUS SZOKVÁNYOS HIBÁI

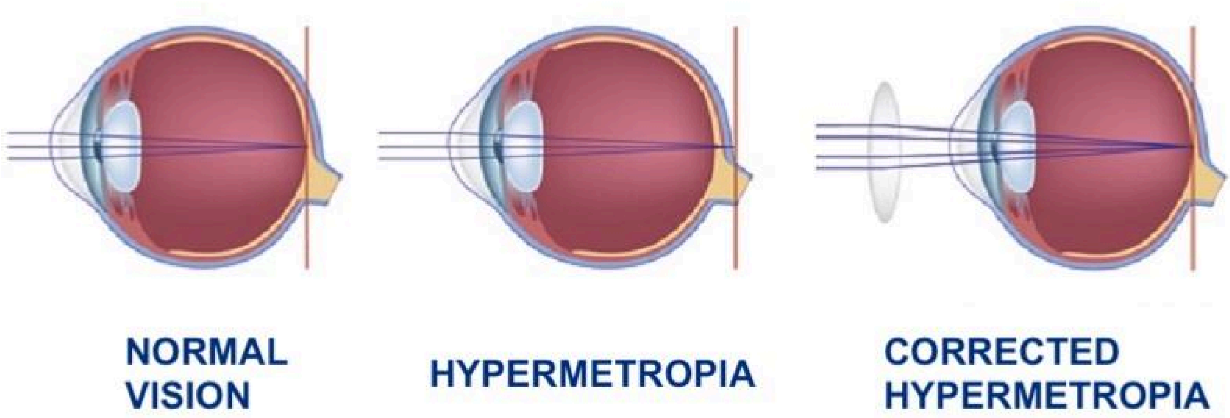


Az ábra a normális látás viszonyait mutatja be. A szemlencse alsó fele a nyugalmi (lapos), míg a felső fele a maximálisan akkomodált (kidomborodott) állapotot mutatja be. Figyeljük meg a távolpont és a közelpont által határolt éleslátás tartományát!

Rövidlátás (myopia): A rövidlátásban szenvedő személynél a szemgolyó szemtengelye (anteroposzterior átmérője) túl hosszú (4. b. ábra), így a végtelen távoli pontból érkező párhuzamos sugarak a retina előtt fókuszálódnak, a retinán pedig éles pont helyett egy életlen folt keletkezik. A páciens közelre lát jól, azaz távolpontja kisebb, mint végtelen. Ez a defektus szóró (konkáv) lencsével korrigálható, és amennyiben a szemlencse akkomodációja normális, a normális látás visszaállítható.

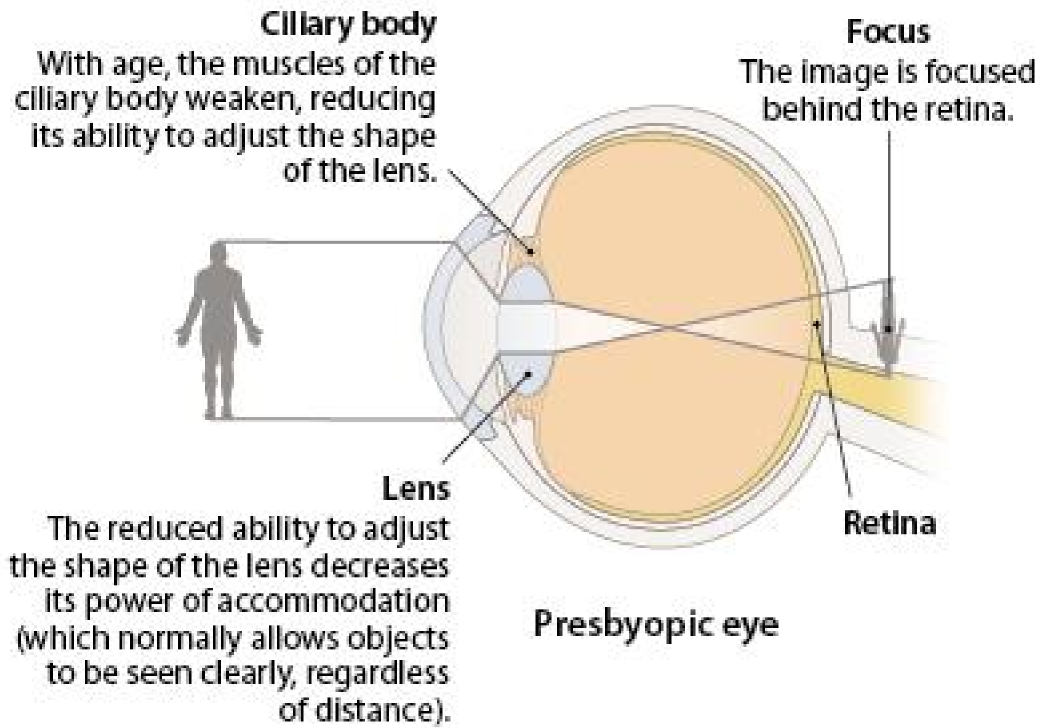


Távollátás (hypermetropia): Egyes egyének szemtengelye rövidebb a normálisnál, ezért a közelről beeső sugarak a retina mögött fókuszálódnak, a retinán pedig homályos folt keletkezik. A távollátás gyűjtő (konvex) lencsével korrigálható és normális akkomodáció esetén a normális látás szintén visszaállítható.

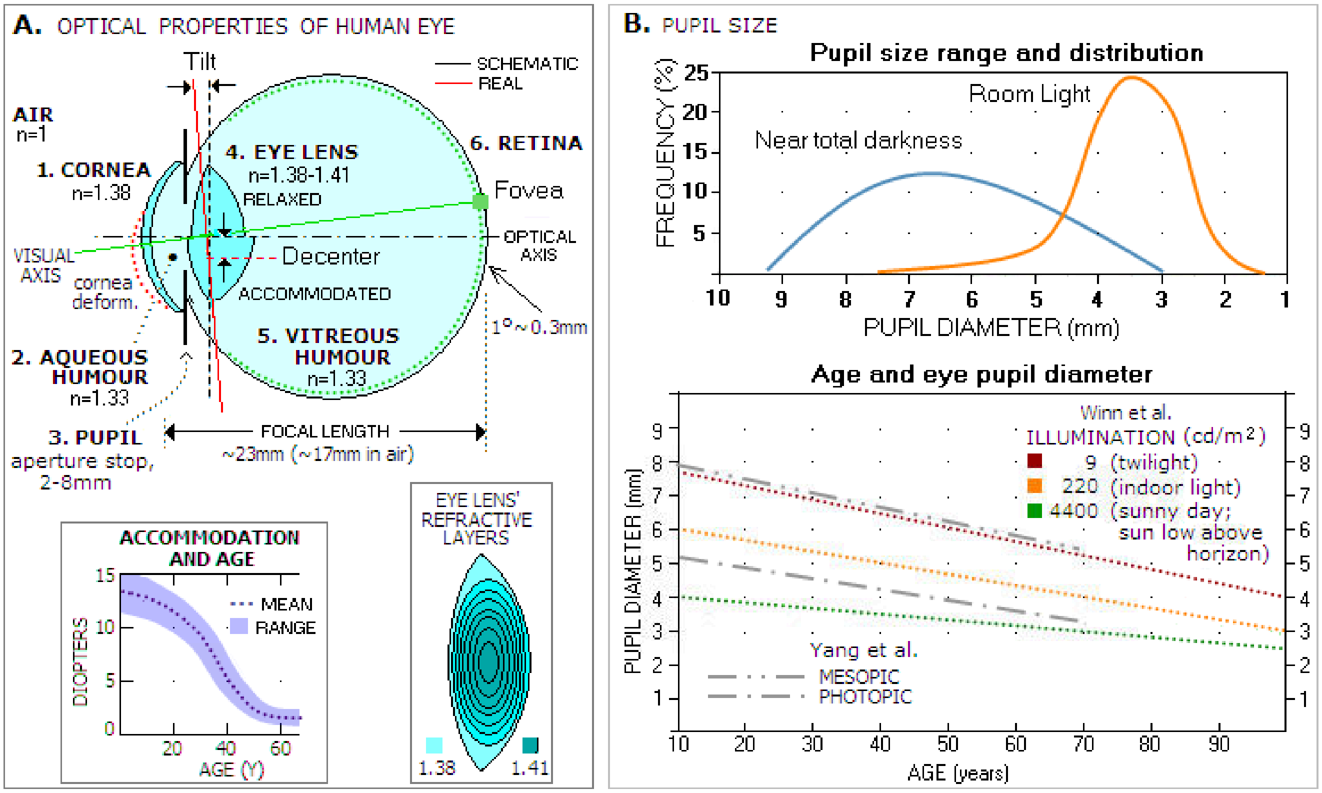


forrás: ikonet.com

Öregkori távollátás (presbyopia): A közelpont távolsága az életkor előrehaladtával nő. Ezt főleg a lencse merevségének fokozódása okozza, ui. a ciliaris izomzat összehúzódásakor is lapos marad a szemlencse. Öregkorban tehát az akkomodációs képesség lecsökken. Csupán részleges korrekciót eredményez a konvex lencse alkalmazása (olvasó szemüveg), mivel a lecsökkent akkomodációs képesség csak a közeli tárgypontokra nézve lesz kielégítő. Az akkomodációs képesség romlása fiatal korban 10 évenként kb. 2 dpt, ami kb. 40 éves kortól felgyorsul, majd öregkorban lelassulva 1-2 dpt-nál megállapodik.



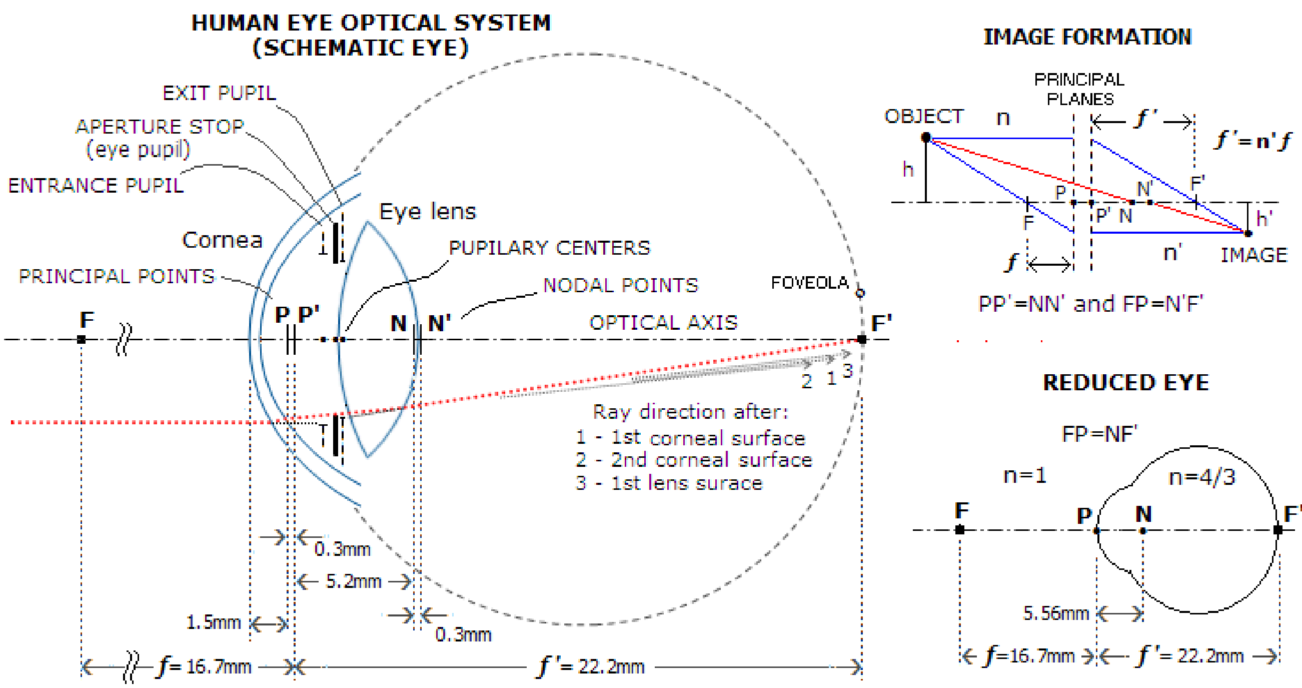
A két utóbbi rendellenesség kombinációja esetén a páciens már távolra sem lát élesen, ezért ilyenkor ún. bifokális (két különböző fókusztávolságú lencse kombinációja), vagy ún. progresszív (fokozatosan változó fókusztávolságú) korrekciós lencsét alkalmaznak.



forrás: https://www.telescope-optics.net

A SZEM LÁTÓSZÖGHATÁRA, FELBONTÓKÉPESSÉGE

A szem több törőfelülettel rendelkező, bonyolult optikai rendszer. Az optikai képalkotás szempontjából azonban jól helyettesíthető a sokkal egyszerűbb, ún. „redukált” szemmel.



forrás: https://www.telescope-optics.net

A redukált szem egyetlen törőfelülettel rendelkező homogén test.

A redukált szem törésmutatója n = 1,34, a törőfelület görbületi sugara r = 5,1 mm, görbületi középpontja a K csomópont, ami 17 mm-re helyezkedik el a sárgafolttól.

A redukált szem segítségével az ábrán látható módon a képalkotás nagyon leegyszerűsödik. A különböző távolságban lévő tárgyakról ugyanakkora képet kapunk, ha a látószögük megegyezik. Látószög alatt a tárgy széleiről a K csomópontban keresztezett sugarak által bezárt ϕ szöget értjük.

Azt a legkisebb látószöget, amelynél két különálló A és B pontot éppen meg tudunk különböztetni egymástól, látószöghatárnak (α) nevezzük.

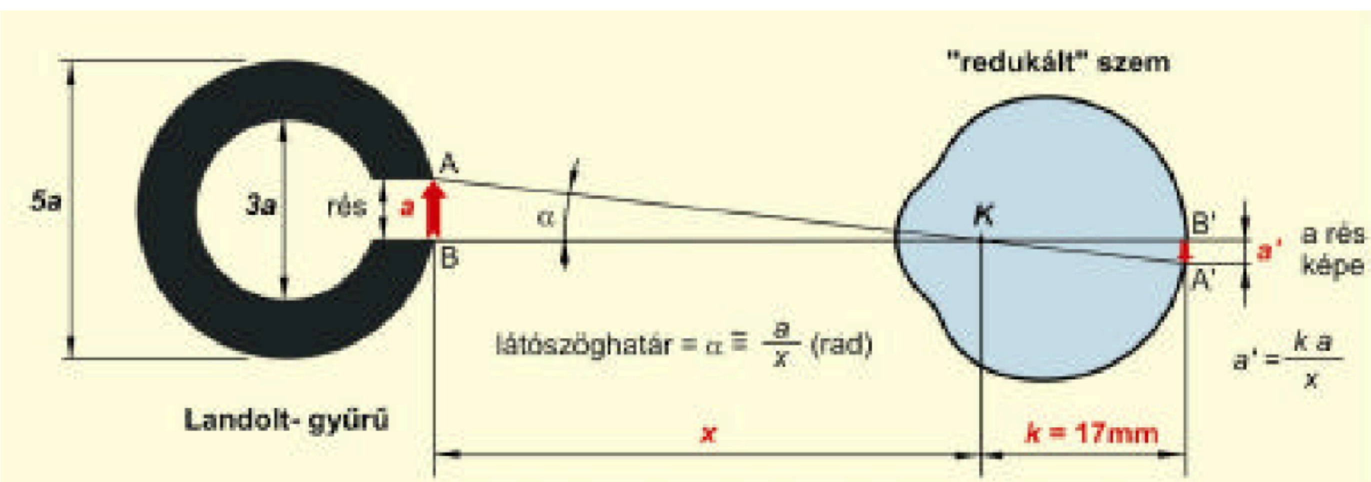
A normális, vagyis látáshibákban nem szenvedő szem esetén ennek értéke kb. 1 szögperc (1'). A látószöghatár egyénenként változó érték.

A szem felbontóképessége, vagy látásélessége (visus) a tényleges látószöghatárnak (α) a normális 1'-es látószöghatárhoz viszonyított százalékban kifejezett értéke:

$$\text{látásélesség (visus)} = \frac{1'}{\alpha[']} \cdot 100\,[\%]$$

Ha tehát valakinek valóban $\alpha = 1'$ a látószöghatára, akkor látásélessége 100%. Ha a látószöghatára $\alpha = 2'$, akkor látásélessége 50%, míg ha az átlagosnál jobban, pl. $\alpha = 0.8'$ látószöghatárral lát, akkor látásélessége 125%. A látásélesség a fovea centralisban a legnagyobb (kb. 100%), tőle távolodva csökken, a vakfolton pedig 0.

A látásélesség például különböző méretű ún. Landolt-gyűrűkkel mérhető, ahol az „a" méretű rés felbontása szükséges ahhoz, hogy lássuk, milyen irányba mutat a gyűrű nyílása. A tényleges látószöghatár egyenlő a legkisebb, még észlelhető gyűrűnyílás látószögével (α).



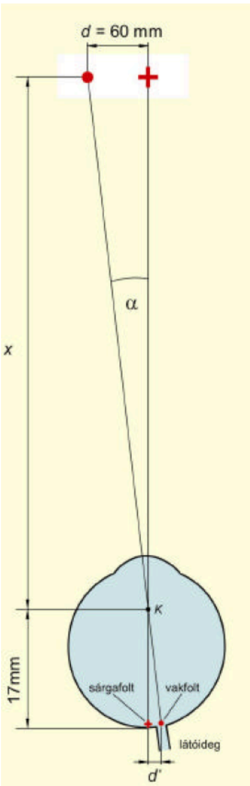
A látószöghatár a képalkotás geometriájából számítható ki. Mivel a jóval kisebb, mint 5°, ezért szögpercben (') kifejezett értéke:

$$\alpha['] \cong \frac{a}{x}[\text{rad}] \cdot \frac{360^\circ}{2\pi} \cdot 60\left[\frac{1'}{1^\circ}\right]$$

A látásélesség az egyénileg megmért x távolságból és a rés ismert a méretéből az előbbi képletekből számítható ki.

A VAKFOLT ÉS A SÁRGAFOLT

Az információt az agyba továbbító idegrostok a vakfolton haladnak keresztül a retinán. A vakfolt jelenlétét a normális látás esetén nem érzékeljük, ugyanis a vakfoltra eső hiányzó képrészletet az agy annak környezetével pótolja ki. Azonban egy egyszerű ábra segítségével mégis könnyedén kimutatható jelenléte (lásd az ábra, a két jel távolsága d = 60 mm).



Bal szemmel a keresztre nézve található egy olyan x távolság, amelynél a piros pont eltűnik. Ekkor a pont képe éppen a vakfoltra esik. A fenti adatokból és a redukált szem képtávolságából, mm-ben számolva:

$$\frac{d}{x} = \frac{d'}{17}$$

A piros pont eltűnésekor és előbukkanásakor mért x1 és x2 távolságokból a vakfolt bal és jobb szélének d’1 és d’2 távolsága a sárgafolttól kiszámítható:

$$d'_1 = 17\frac{60}{x_1}[\mathrm{mm}]$$

ill.

$$d'_2 = 17\frac{60}{x_2}[\mathrm{mm}]$$

Ezekből pedig:

$d = |d_2' - d_1'|$

Első mérés

A mérés elvégzése során a fentebb már ismertetett képletet $\left(\Delta D = D_p - D_r = \frac{1}{t_p} - \frac{1}{t_r}\right)$ és egy papírlapot. valamint egy mérőeszközt használva az alábbi értékek adódtak:

```
jobb = [25e-2; 100]; % méter
bal = [25e-2; inf]; % méter
dis_name_prop = {'Kozel', 'Tavol'};
akkomodacios = table(jobb, bal,'RowNames', dis_name_prop);
disp(akkomodacios)
```

	jobb	bal
Kozel	0.25	0.25
Tavol	100	Inf

A számított érték pedig:

```
deltaD_jobb = 1/akkomodacios{"Kozel","jobb"} - 1/akkomodacios{"Tavol","jobb"};
deltaD_bal = 1/akkomodacios{"Kozel","bal"} - 1/akkomodacios{"Tavol","bal"};
disp(deltaD_jobb)
```

```
3.9900
```

```
disp(deltaD_bal)
```

```
4
```

Második mérés

A mérés elvégzése során a fentebbiek alapján számitott képletet $\left(a' = \frac{17a}{x}\right)$ és az előre megadott x értéket használtam.

A Landolt tábla alapján:

```
a = 0.4; % miliméter
```

A megadott x érték pedig:

```
x = 240; % miliméter
```

Ebből pedig:

```
alpha = rad2deg(a/x)  * 60;
disp(alpha)
```

```
5.7296
```

```
visus = 1/alpha * 100;
disp(visus)
```

```
17.4533
```

```
avesszo = (17 * a ) / x;
disp(avesszo)
```

```
0.0283
```

Harmadik mérés

A mérés elvégzése során a fentebb már ismertetett képletet és egy kör, plusz jell mérőeszközt használva az alábbi értékek adódtak:

```
d = 60e-3; %méter
jobb = [23e-2; 24e-2]; % méter
bal = [22e-2; 25e-2]; % méter
dis_name_prop = {'x1', 'x2'};
vakfolt = table(jobb,bal,'RowNames',dis_name_prop);
disp(d)
```

```
0.0600
```

```
disp(vakfolt)
```

	jobb	bal
x1	0.23	0.22
x2	0.24	0.25

Ebből pedig a d' értékek:

```
d1veszo_jobb = 17 * (d/vakfolt{"x1","jobb"});
disp(d1veszo_jobb)
```

```
4.4348
```

```
d2veszo_jobb = 17 * (d/vakfolt{"x2","jobb"});
disp(d2veszo_jobb)
```

```
4.2500
```

```
d1veszo_bal = 17 * (d/vakfolt{"x1","bal"});
disp(d1veszo_bal)
```

```
4.6364
```

```
d2veszo_bal = 17 * (d/vakfolt{"x2","bal"});
disp(d2veszo_bal)
```

```
4.0800
```

Ebből pedig a d értékek:

```
d_jobb = abs(d2veszo_jobb - d1veszo_jobb);
disp(d_jobb)
```

```
0.1848
```

```
d_ball = abs(d2veszo_bal - d1veszo_bal);
disp(d_ball)
```

```
0.5564
```