

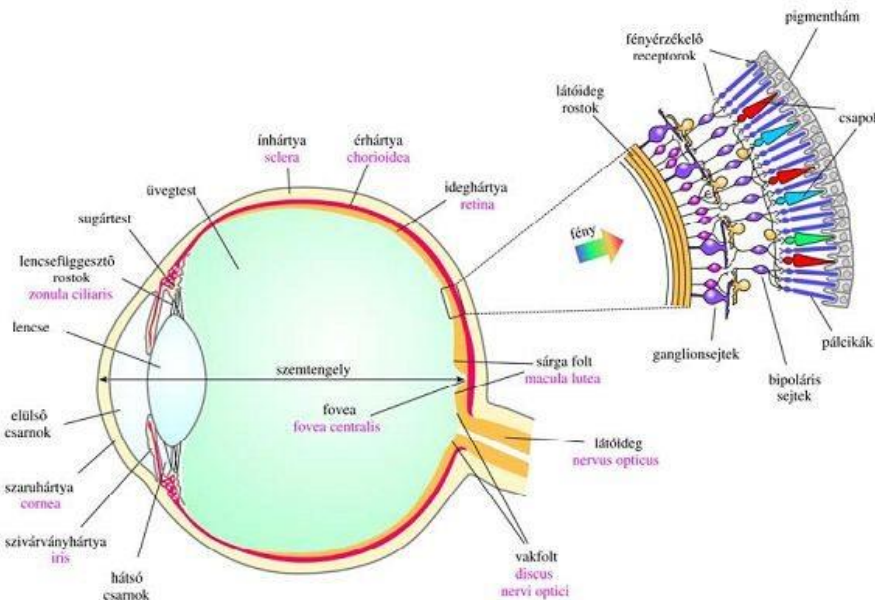
## Az emberi szem. A látás fizikája

A szemünk érzékeli az elektromágneses sugárzásnak azt a keskeny sávját (kb. 400-800nm), amit látható fénynek nevezünk. Bár ez a sáv keskeny, a mindennapi életünk szempontjából mégis nagyon jelentős, mert a Nap ebben a tartományban sugároz a legintenzívebben. Ehhez az évmilliárdok alatt is igen keveset változó tartományhoz alkalmazkodott a legtöbb élőlény, köztük az ember látása is. Nem kérdés, hogy az életünk fenntartásához szükséges információk többségét a szemünknek köszönhetjük, tehát a látás a legfontosabb érzékelésünk.

Az emberi szem felépítését az alábbi ábra mutatja. A szemünk elég jól hasonlít egy domború lencsét tartalmazó, valódi, fordított állású, kicsinyített képet előállító optikai rendszerre. Ez a valódi kép a szem hátsó belső oldalán lévő ideghártyán (retinán) keletkezik. Az egészséges szem képes minden olyan tárgyról éles képet alkotni, amelyik a szemtől legalább 25 cm távolságra van. Ha a tárgy végtelen távol van, akkor – mint azt korábban láttuk – a kép a fókusz síkban van, tehát a fókusztávolsága a szemlencse és retina távolsága (ill. egy kicsit több), azaz kb. 2cm (vagyis ekkor a szem törőképessége bő 50 dioptria). Ha a tárgy 25cm-re van, akkor a fókusztávolságnak kb. 7%-ot csökkenenie kell, hogy a képtávolság ne változzon (tehát a törőképességnek 3-4 dioptriával kell növekednie). A törőképesség változást a szemlencse alakjának a változása okozza. Tehát a szemlencse domborúbbra deformálódik, ha közelebbre nézünk. Ezt a deformálást a lencsefüggesztő rostok, ill. az azokhoz csatlakozó izmok végzik.

Ezt az egyszerű képet jelentősen bonyolítja az, hogy a fénytörésben a szemlencsén kívül a szaruhártya, a mögötte lévő csarnokvíz és az üvegtest is részt vesz, tehát a szem egy összetett optikai rendszer, így a fenti dioptria értékek a valódi szemre nyilvánvalóan nem pontosak.

AZ EMBERI SZEM GEOMETRIAI OPTIKÁJA

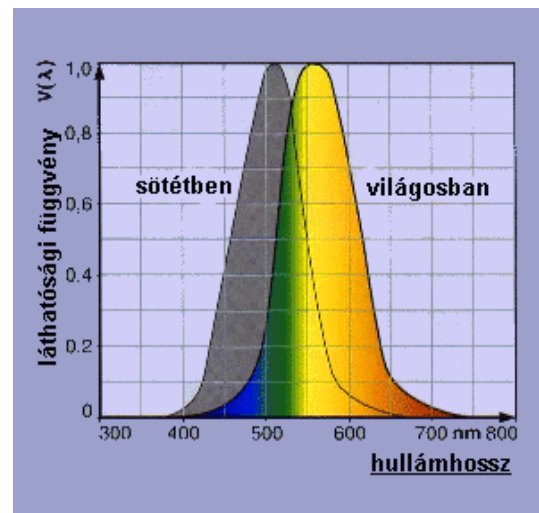
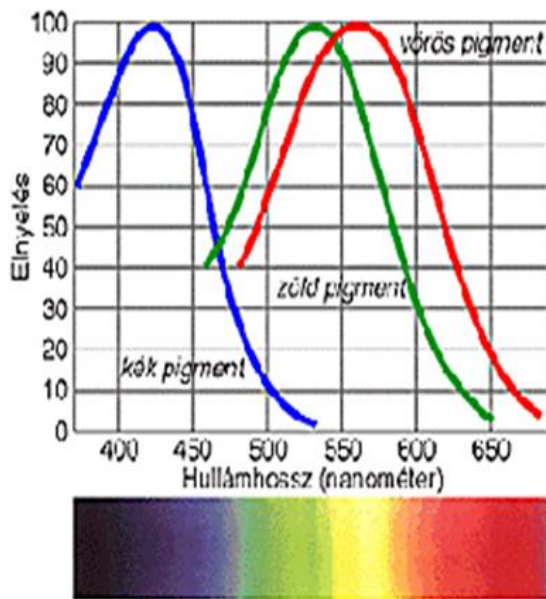


Korábban láttuk, hogy az emberi hallás 12 nagyságrendnyi intenzitás változást is képes átfogni (120dB). A szem is képes a különböző megvilágításokhoz alkalmazkodni (ha nem is ennyire). Ezt az alkalmazkodást a szemben két elem is segíti. Egyrészt az, hogy a szem képes befolyásolni a szembe jutó fény mennyiségét a szivárványhártya közepén található nyílás, a pupilla méretének a változtatásával. Erősebb fényben a pupilla beszűkül, tehát kevesebb fény jut a szembe. Az alkalmazkodó képesség másik eleme a retina felépítésében rejlik. A retinában

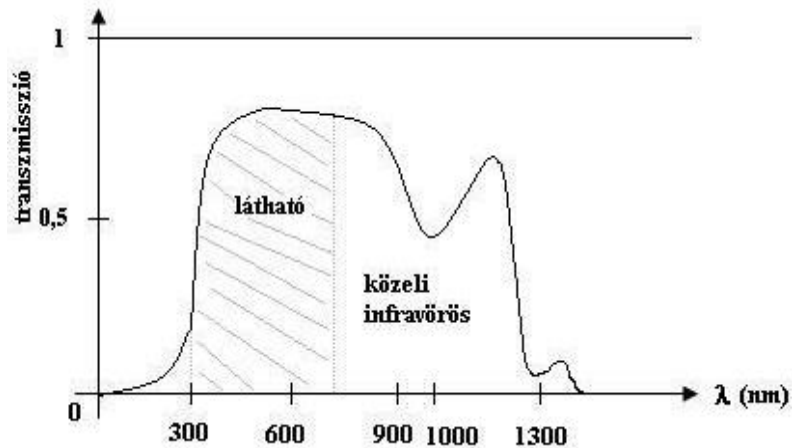
kétféle fényérzékeny elem van: csapok és pálcikák. Az utóbbiból kb. 20-szor több van (kb. 130 millió) és sokkal érzékenyebbek, mint a csapok. Bennük sötétben egy rodopszin (látóbíbor) nevű fehérje képződik, majd fény hatására elbomlik, ez utóbbi adja a látásérzetet. Világos helyen nincs rodopszin képződés, így pálcikás látás sem. Ha világos helyről megyünk sötét helyre, akkor a pálcikás látás kialakulásáig hosszabb időnek kell eltelnie, mert a rodopszin képződés időigényes folyamat.

A csapoknak köszönhetjük a színlátást, ezek csak nagy megvilágítás esetén adnak látásérzetet. A csapokban lévő „látófestékek” különböző színű fényeket abszorbeálnak, egyes csapok a kék (445nm), mások a zöld (535nm), megint mások a sárga (570nm) fényre (a bal oldali ábrán „vörös pigment”) a legérzékenyebbek. Ezek a „látófestékek” sokkal gyorsabban regenerálódnak, mint a rodopszin; a nagyobb megvilágítás megjelenésekor a színlátás hamar kialakul. Kevert fény esetén többféle csap is működik, ezekből az agy kombinálja ki a tényleges színt.

A pálcikák a színtől függetlenül ugyanolyan jelet adnak, tehát gyenge fény esetén – amikor a csapok már nem működnek – nincs színlátás. A jobb oldali ábrából az is látható, hogy a pálcikás látás érzékenysége a csapos látáshoz képest a kék irányába tolódik el. Az ábrából az is látható, hogy – bár a látható fény hullámhossz tartománya kb. 400nm széles – hatékony látás (10% fölötti relatív érzékenység) csak ennek kb. a felén (nappal 480nm és 660nm között) van.



A következő ábra a szem leképező részeinek (szaruhártya, szemlencse, üvegtest, stb.) együttes transzmisszióját mutatja. Látható, hogy a retinát csak a 300nm – 1300nm tartományba eső elektromágneses sugárzás (fény) érheti el. Azaz az UV nagy része el sem jut a retinára, tehát eleve nem adhat látás érzetet, de nem is károsíthatja. Ezzel szemben a közeli infravörös nem nyelődik el a szem fénytörő közegeiben és eljut a retinára. Látás érzetet ugyan nem ad, mert kicsi a kvantumenergiája, viszont tudja azt károsítani. Tehát a közeli IR-ben működő lézerek, bár a „fényük” nem látható, veszélyesek a retinára. Mivel láthatatlanok talán még veszélyesebbek is, mint a látható fényűek.



A szem optikája a mai modern optikai eszközökhöz képest gyenge, a retinán is vannak hibák, sőt olyan területek is (vakfolt) ahol egyáltalán nincs látás. Ennek ellenére a látóterünk folytonos, az általunk látott kép éles. Ezt nem a szem kiváló optikai tulajdonságainak, hanem a központi idegrendszerünknek köszönhető, amely igen hatékonyan rakja össze egy térbeli képpé a két szemtől kapott információkat. Ehhez szükség van más dolgokra is. Például a retina közepén elhelyezkedő sárga foltra (ill. az ennek a közepén lévő látógödörre) ahol a csapok igen sűrűn vannak (pálcikák nincsenek) tehát itt a nappali látás igen éles. A szemgolyónk szinte állandóan finom mozgásokat végez, a retinán így folyamatosan mozog a kép, így a bennünket érdeklő dolgok képe előbb-utóbb a látógödörre kerül. A szemgolyó finom mozgatását, a képek összerakását az agyunk automatikusan végzi, amit a kisgyermek korban hosszú idő alatt tanul meg.

## BETEGSÉGEK – SZEM

**Szemhibák**

távollátó szem

rövidlátó szem

gyűjtőlencse

szórólencse

- ▣ **TÁVOLLÁTÁS** : A KÖZELI TÁRGYAK KÉPE A SÁRGAFOLT MÖGÉ ESIK
- ▣ **RÖVIDLÁTÁS** : A TÁVOLI TÁRGYAK KÉPE A SÁRGAFOLT ELÉ ESIK

A jól működő szem mindig a retinára képezi le élesen a tárgyat. A normálistól eltérő eset, ha az éles kép a retina előtt keletkezik és a retinán már csak életlen kép van. Ez különösen a távoli tárgyról jövő fénysugarakkal fordulhat elő. Ezt a szemhibát ezért közellátásnak nevezik (mert csak a közeli tárgyakat látja a beteg élesen (vagy még azokat sem) és szórólencsével lehet korrigálni. A másik szemhiba a távollátás, amikor a fénysugarak azelőtt érik el a retinát, mielőtt találkoznának. Mivel a képtávolság a közeli tárgyak esetén a nagyobb, ezért azokat látjuk elmosódottabbnak. Ezt a szemhibát gyűjtőlencsével lehet korrigálni.

A szem fénytörési hibái nemcsak szemüveggel, hanem műtétilag is javítható. Ezek manapság rutinműtétek, általában lézerrel végzik őket és minimális kockázatúak. A lézerrel a szaruhártyát szabják át, optimális alakúra és görbületűre “faragják”. A műtét után a szem optikai tulajdonságai általában jobbak lesznek az átlagos egészséges szemnél is (100% fölötti látás).