

Mérési jegyzőkönyv

4. mérés:

Szem optikája

A mérés helyszíne: Semmelweis Egyetem, Elméleti Orvostudományi Központ
Biofizika laboratórium

A mérés időpontja: 2013.03.06.

A mérést végezte: Jánosa Dávid Péter – FDSA7Y

A mérést vezető oktató neve: Varga Zsófia

A jegyzőkönyvet tartalmazó fájl neve: Szem_Janosa_D_P.pdf

Felhasznált eszközök: Vonalzó, vakfolt ábra, Landolt gyűrű



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

A mérés célja

A mérés célja, hogy megismerkedjünk a szem legalapvetőbb optikai jellemzőivel, úgy, mint felbontóképesség és akkomodáció, valamint ismereteket szerezzünk az olyan főbb élettani struktúrákról, mint a sárgafolt és a vakfolt.

A mérés során felhasznált eszközök

A gyakorlat során saját szemem tulajdonságait vizsgálom, a mérésekhez vonalzót, ultrahangos távolságmérőt, vakfolt- és Landolt gyűrű ábrát használunk. A méréseket szemüvegben végeztem el, ami tényleges, biológiai látásomról nem nyújt ismereteket, azonban erről pusztán empirikus módon is tudom, hogy mélyen átlag alatti. A mérés során inkább arra vagyok kíváncsi, hogy a szemüveggel feljavított szemem eléri-e a normál látási értékeket.

A mérés menete

Akkomodáció meghatározása

A mérés során megvizsgálom, mi az a legközelebbi és legtávolabbi pont, melyet még élesen látok (szemüvegben.) A közelpontot úgy állapítom meg, hogy egy tankönyv betűihez addig hajolok egyre közelebb, míg azokra már nem tudok ráfókuszálni, és a látásom elkezd szétfolyni. A határtávolságot mérőtársam vonalzóval olvassa le, úgy, hogy a távolságot nagyjából a szemgolyóm közepétől számítja. A mérés leolvasási hibája nagyjából 1 centiméter.

A távolpontnál a célom a legtávolabbi olyan tárgyat megtalálni, amit még élesen látok, és ennek távolságát az ultrahangos távolságmérővel meghatározni.

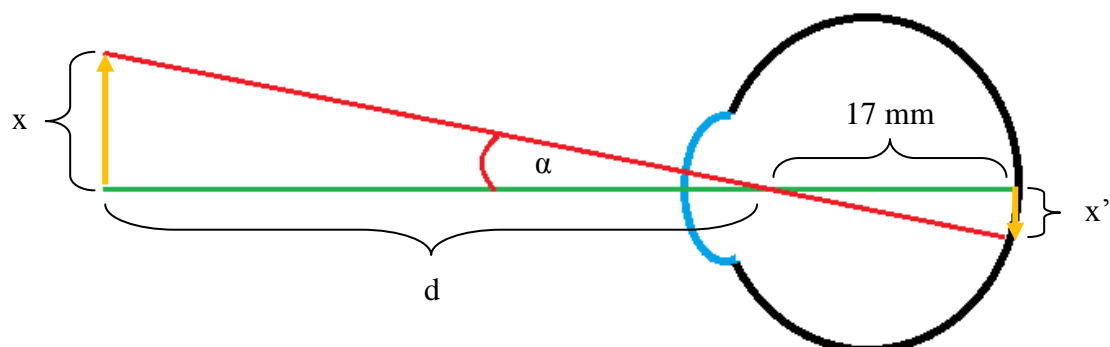
A két mérésből meghatározható, hogy hány dioptria a szemem törőképessége a közel- és a távolpontra fókuszáláskor. A kettő különbsége megadja az akkomodációt, az alábbi képlet szerint:

$$\Delta D = \frac{1}{d_{\text{közel}}} - \frac{1}{d_{\text{távol}}}$$

Látószög határ mérése

A feladat lényege, hogy az egyszerűsített szemmodell alapján meghatározzuk azt a legkisebb szöget, mely alatt látott két pontot még meg tudok különböztetni.

Az egyszerűsített szemmodellt az alábbi geometria adja meg:



A cél α minimális értékének meghatározása. Ehhez nyújt segítséget a Landolt ábra. Ezen olyan gyűrűk vannak, melyeknek egy része a C betűhöz hasonló módon ki van vágva.

A gyűrű vonalvastagsága az átmérő ötöde, a kivágás szélessége pedig egyezik a vonalvastagsággal. A kivágások orientációja $n \cdot 45^\circ$.

A gyűrűk lényege, hogy az orientációt leolvastatva meghatározható az a távolság, ahonnan a kivágás két széle már egybefolyik, és a köztük lévő távolságot a szem már nem tudja felbontani. Ha ismerjük az ilyen, határhelyzetű leolvasásnál az ábra szemtől mért távolságát, meghatározhatjuk α minimális értékét.

Az általunk használt Landolt gyűrűn a kivágás 0,4 mm széles.

Mivel α várhatóan egy fok alatti, értékét közelíthetjük tangensével. Ez alapján:

$$\alpha = \frac{x}{d} = \frac{17 \text{ mm}}{\text{leolvasási határtávolság [mm]}}$$

Ennek segítségével meghatározható a százalékos látásélesség az alábbi képlet alapján:

$$\text{visus [\%]} = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{1'}{\alpha [']}$$

Ha ismerjük α értékét, úgy a hasonló háromszögek alapján meghatározható az is, hogy mekkora kép vetül a felbontás határán a retinára. α tangensét az értékével közelítve ennek mérete:

$$x' = 17 \text{ mm} * \text{tg}(\alpha) = 17 \text{ mm} * \alpha [\text{rad}]$$

Elméleti esetben a szem felbontóképessége akkor éri el határát, ha a leképezés x' mérete eléri az egy fotoreceptor méretét, így x' segítségével meghatározhatjuk a fényérzékeny sejtek méretét. Ez viszont csak akkor igaz, ha a szem töröközegei ideálisak. Ha a szem nem képes pontot pontba képezni (és ez a helyzet valós esetekben), akkor ez a módszer a valóságosnál mindig nagyobb fotoreceptor méretet fog szolgáltatni.

Sárgafolt és vakfolt vizsgálata:

Az utolsó mérésben két kérdést vizsgálunk.

Egyrészt szeretnénk meghatározni a sárgafolt és a vakfolt távolságát, valamint kíváncsiak vagyunk a vakfolt méretére is.

Ebben a vakfolt ábra lesz segítségünkre. Ez egy olyan kép, mely egymás mellett adott (60 mm-es) távolságban ábrázol egy kört és egy keresztet fehér alapon. Egyik szemünket letakarva, látásunkat letakart szemünkkel azonos oldali ábrára fókuszálva az ábrát közelítve és távolítva azt tapasztaljuk, hogy míg a fókuszban lévő ábra mindig látszik, a másik ábra egy adott szakaszon eltűnik.

Ha lemérjük az eltűnési és az előtűnési távolságot, a már használt egyszerűsített szemmodell segítségével meghatározhatjuk a vakfolt méretét

$$r_{\text{vakfolt}} = |x'_1 - x'_2| = \left| \frac{x}{d_{\text{eltűnési}}} - \frac{x}{d_{\text{előtűnési}}} \right| * 17 \text{ mm} =$$

$$= \left| \frac{60 \text{ mm}}{d_{\text{eltűnési}} [\text{mm}]} - \frac{60 \text{ mm}}{d_{\text{előtűnési}} [\text{mm}]} \right| * 17 \text{ mm}$$

Végül a mért értékek segítségével megadható a vakfolt és a sárgafolt távolsága is. Ha feltételezzük, hogy a fókuszált ábra képe mindig a sárgafoltra esett, akkor a két pont távolságát az előtűnési és az eltűnési távolság fogja megadni, az alábbiak szerint:

$$\Delta d = \frac{x'_1 + x'_2}{2} = \frac{60 \text{ mm}}{d_{\text{eltűnési}} [\text{mm}]} + \frac{60 \text{ mm}}{d_{\text{előtűnési}} [\text{mm}]} * 17 \text{ mm}$$

A mért értékek

Akkomodáció meghatározása

A látási közelpontom 8 centiméternek adódott a mérés folyamán. A távolpont meghatározása problémákba ütközött, mivel a gyakorlat helyszínén fellelhető legtávolabbi tereptárgyat, a nagyjából 30 méterre lévő tűzfalat is még élesen láttam, így a távollátási pontomat végtelennel közelíttem, amivel legfeljebb 1/30, azaz 0,03 dioptria hibát ejthetek. A közelpont mérési hibája legfeljebb egy centiméter.

Ezek alapján a szemem akkomodációs képessége nagyjából $12,5 \pm 1,5$ dioptria

Látószög határ mérése

A Landolt gyűrűk orientációját legfeljebb 1,54 méterről tudtam meghatározni. Ez alapján a minimális látószögem kb. $0,89'$

Ez 112%-os visust jelent.

A retinámon keletkező kép ekkor 0,0044 mm, azaz 4,4 mikron.

Sárgafolt és vakfolt vizsgálata:

A vizsgálatnál az ábra eltűnési távolsága 21 cm, előtűnési távolsága pedig 16,5 cm volt. A leolvasási pontosság nagyjából egy centiméter. A hibaterjedést az első deriválttal közelítettem.

Ez alapján a vakfoltom átmérője nagyjából $1,32 \pm 0,6$ mm.

A vakfolt és a sárgafolt távolsága mintegy $5,5 \pm 0,3$ mm.

Az eredmények értékelése

A gyakorlat egyszerű, de látványos módokat mutatott be a szem alapvetői optikai tulajdonságainak méréséhez. Különösen a vakfolt vizsgálatát tartottam érdekesnek, mert olyan jelenségekbe engedett betekintést, amit a hétköznapiak során teljesen elfed az agy mindkét szemre támaszkodó kompenzáló munkája.

A vizsgálatok során a szemüveges látásom teljesen normálisnak adódott, ami megfelel az elvárásaimnak.

A látásom határán a retinámra vetült kép *4,4 mikron*. A fotoreceptorok átmérője a szakirodalom szerint 0,5-4 mikron, tehát a mérés meglepően jól közelíti a pontosabb tudományos ismereteinket.

A vakfolt mérete a szakirodalom szerint átlagosan 1,76 mm horizontálisan és 1,92 mm vertikálisan. Az $1,32 \pm 0,6$ mm tehát hibahatáron belüli, bár meg kell jegyezni, hogy az általam elvégzett mérés pontossága mérnöki szemmel meglehetősen kicsi, azonban a rendelkezésekre álló eszközök egyszerűségéhez képest szerintem ez is elég jó eredmény.

A sárgafolt és vakfolt távolsága a szakirodalom szerint nagyjából 3-4 milliméter, amihez képest az én $5,5 \pm 0,3$ mm mérésem csak nagyságrendileg pontos. Feltehetőleg nem voltunk elég figyelmesek a leolvasás során, esetleg túlságosan nagy szerepet játszott az eltűnés élfeltűnés észlelése miatt fellépő megfigyelői szubjektivitás, vagy egyszerűen nem tudtam megfelelően stabilan tartani a fejem a leolvasás idejére. Ezen túl lehet, hogy a távolságok átlaga sem közelíti megfelelően a távolságot, mivel ind a vakfolt, mind a sárgafolt szabálytalan alakú és méretű, valamint figyelembe kell venni, hogy a tankönyvi érték csupán átlag, és a szórást a tankönyv nem jelezte. Mindazonáltal a mérés maga sem kívánt nagy pontosságot, így az eredménnyel nem vagyok elégedetlen.

Összességében elmondható, hogy a mérések érdekesek és az eszközparkhoz képest meglehetősen pontosak. A gyakorlat anyaga tipikusan olyan, melyet a középiskolai oktatásba is erőforrásigény nélkül lehetne integrálni, az általa nyújtott tapasztalatok pedig remekül támasztanak alá a jelenleg túl elméleti és nem eléggé színes tanítást.