

Milyen színt érzékel az emberi szem tritos receptora?

What colour is perceived by the tritos receptor in the human eye?

Dr.habil ÁBRAHÁM György prof.emer., Dr.FEKETE Róbert Tamás adjunktus

BME MOGI Tanszék, Budapest 1111. Műegyetem rkp. 3.Tel: +3614632602, abra@mogi.bme.hu, www.mogi.bme.hu

Abstract

We have two types of receptors: rods for night vision and cones for daytime vision. Colors cannot be seen with rods, only black and white. There are three types of cones classified by their sensitivity spectrum. One sees color as the light stimulus reaches more than one receptor at a time, and from their various stimuli the neural system of vision evaluates the identification of a color. Most sources mention individual cones as R, G, B sensor receptors: protos is the sensor for red light, deuterost is for green and tritos is for blue. These authors describe the perception of color violet as the simultaneous perception of the red and blue receptors, which means as an alternative name for purple. Alternatively, the blue receptor of the human eye gives the color processing system actually not a blue, but a violet sensation, so violet and purple sensations are discussed on two separate occasions. This article presents the arguments of different views on this issue.

Kivonat

A csapok három félek érzékenységi spektrumuk szerint. Az ember úgy lát színt, hogy egyszerre több receptort is ér a fényinger és ezek különböző ingerületeiből értékeli ki a látás neurális rendszere a látott szín identifikációját. A legtöbb irodalmi forrás az egyes csapokat, mint R,G,B érzékelő receptorokat említi : a protost a vörös, a deuterost a zöld és a tritost a kék fény érzékelőjének nevezve. Egyes szerzők az ibolya szín érzékelését a vörös és a kék receptor egyidejű érzékeléseként, vagyis a lila szín alternatív elnevezéseként írják le. Más felfogás szerint az emberi szem kék receptora tulajdonképpen nem kék, hanem ibolya érzetet ad a szín feldolgozó rendszernek, ezért az ibolya szín érzékelését és a lila szín érzékelését két külön esetként tárgyalják. A cikk ebben a kérdésben be kívánja mutatni az eltérő nézetek érvrendszerét.

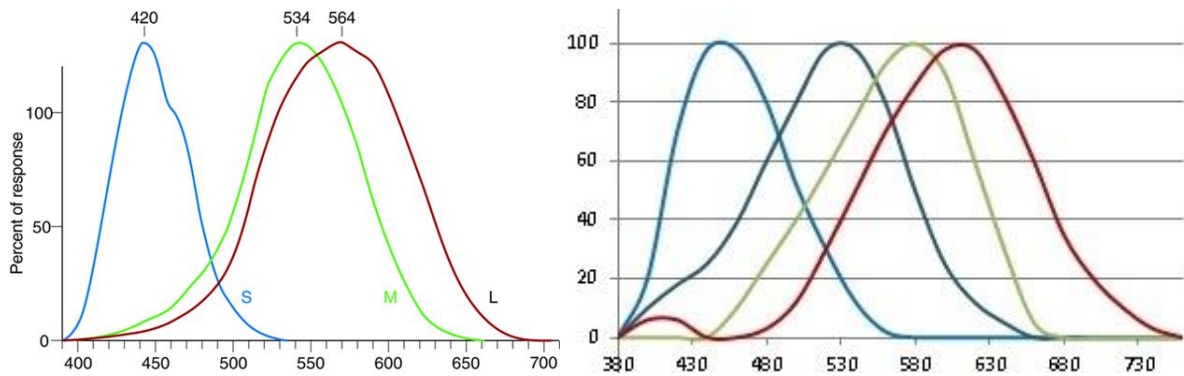
Kulcsszavak: színlátás, ibolya szín, protos, deuterost, tritos, ganglion sejtek

Bevezetés

A lila és az ibolya szín sokaknak nehezen megkülönböztethető két érzet. Isaac Newton 1672-ben az ibolya színt a látható spektrum 7 színének egyikeként írta le, optikailag a spektrum rövid hullámhosszú végén. Az ibolyát a 380 – 450 nm hullámhosszú fények által okozott színérzetnek nevezzük. A hozzá hasonló lila érzet nem rendelkezik egyetlen hullámhosszal, hanem az érzetet a kék és a vörös szín együttesen váltja ki. A lilát kiváltó kék és vörös szín kb. egyenlő mennyiségétől – a tipikus lilától eltérően beszélünk kékes-liláról, illetve püspök-liláról attól függően, hogy a kék vagy a piros összetevőből van-e több a lilában. A kékes-lila érzetünk azonban nehezen megkülönböztethető meg az ibolya érzetünkétől a mindennapi gyakorlatban. Felmerül a kérdés: ugyanazt az érzetet kétféleképpen is ki lehet váltani?

1. Elemzések a csap receptorok érzékenységén alapján

Az 1. ábrán a szem három színérzékelő csap receptorainak érzékenységi függvényei láthatóak különböző kutatók mérései alapján. [1], [5]



1. ábra (balra a, jobbra b ábra)

A szem protos, deuterios és tritos csap receptorainak érzékenységi függvényei egy érzékenységi csúccsal rendelkező protos receptor (balra) [3] és két érzékenységi csúccsal rendelkező protos receptor (jobbra) [6] esetében

1.1 Érvek a tritos receptor kék érzékenysége alapján

Mint látható, az egyes szerzők abban megegyeznek, hogy három receptorunk van és mindegyik haranggörbe alakú érzékenységi függvénnyel rendelkezik. Bizonytalanság tapasztalható azonban a protos és deuterios receptorok rövid hullámhosszú végei tekintetében: van, aki „sima” lefutásúnak ábrázolja a protos receptor bal oldalát és van, aki még egy kisebb csúcsot ábrázol – éppen a tritos receptor értelmezési tartományán belül, a skála rövidhullámú végén. [2]

Ez az ábrázolás veti fel az ibolya színérzetnek azt az értelmezését, hogy az nem más, mint a *kék érzetet adó* tritos receptor és a *piros érzetet adó* protos receptor együttes érzékelése, amelyben erősebb a kék és így az ibolya érzet tulajdonképpen egy kékes-lila érzettel azonos. E szerint az értelmezés szerint az ibolya és a lila érzet egyaránt a tritos és a protos receptor együttes ingerlésének az eredménye azzal a különbséggel, hogy az ibolyánál a tritos ingerlése erősebb. [4]

A tritos receptort a kék érzékelésért felelős receptornak tekinteni ugyanakkor bírálható feltételezés, hiszen a protos receptor sem a sárga színérzetért felelős receptor. Márpedig, ha a tritost azért tekintjük kéknek, mert az érzékenységi maximuma a kék tartományban van, akkor a protost sárgának kellene tekinteni, hiszen érzékenységi maximuma a sárga tartományban van. Általánosan is kimondható, hogy a csap receptorok ingerlése által okozott érzetek nem azonosak a maximális érzékenységük hullámhossza szerinti színekkel. A deuterios receptor 543 nm-es maximuma sem esik egybe a zöld szín érzékelési tartományának 530 nm-es közepével.

1.2 Érvek a tritos receptor ibolya érzékenysége alapján

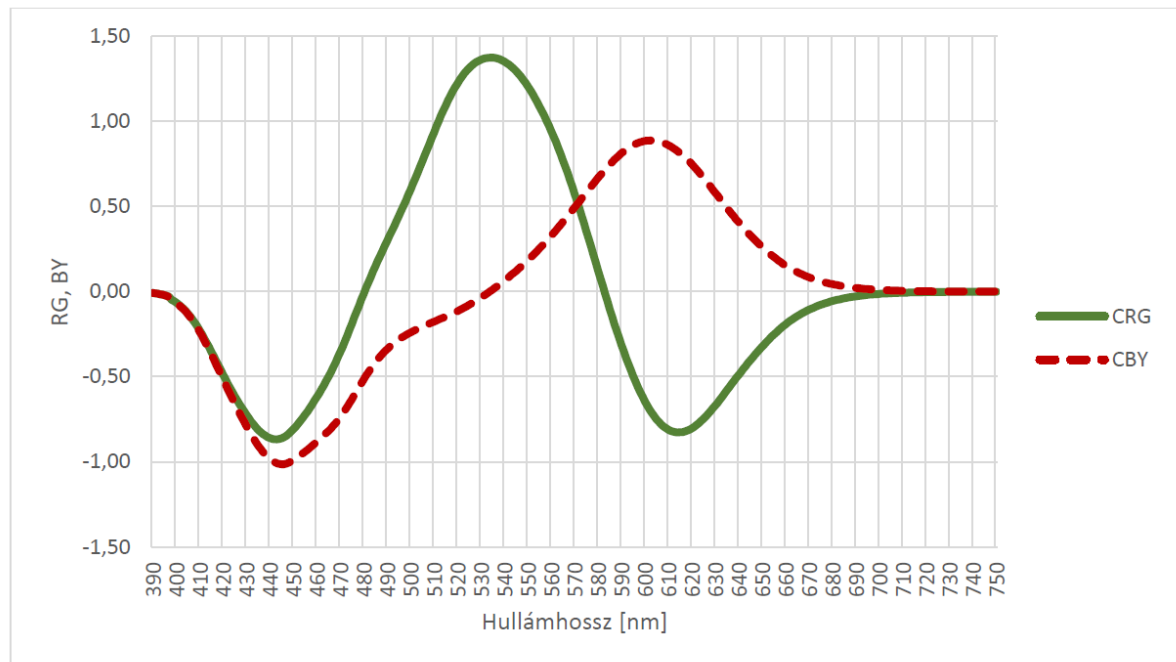
Ha abból indulunk ki, hogy a protos receptor „színét” sem az a hullámhossz jelenti, amelynél az érzékenységi maximuma van, akkor egyelőre a tritos receptorra se „ragasszuk rá” a kék szín érzékeléséért való felelősséget! Induljunk ki abból, hogy a színskála két végén – ahol már csak egy-egy receptor kerül ingerlésre – kiderül, milyen színért felelős az immáron egyedül maradó receptor. Eszerint a protos a vörös ingerléséért, a tritos pedig az ibolya ingerléséért felelős. [7]

Ezt az érvelést persze megingathatja, ha a színskála rövidhullámú végénél mégsem marad egyedül a tritos receptor, hanem a protosnak is marad még érzékenysége. Igaz viszont az is, hogy ez a maradék protos érzékenység 390 nm-nél csak a tritos érzékenység 3%-a, ami nyilván nem okozhatná a kék érzet ibolyává válását. Ha csak azzal nem számolunk, hogy a retina felületén eltérő sűrűséggel helyezkednek el a protos/deuterios/tritos receptorok.

2. Elemzések a ganglion sejtek jelei alapján

Az eddigi érvek és ellenérvek a retina csapjainak egymáshoz képesti érzékenységén alapultak, ahogyan azt az 1. ábra mutatja. Tekintetbe kell azonban venni a protos/deuterios/tritos receptorok térbeli sűrűségének

10 / 5 / 1 szerinti egyenlőtlenségén kívül azt is, hogy egy-egy színérzet kialakulását nem a csap jelek valamiféle átlagos, de még csak nem is a sűrűségük szerinti eloszlásán, hanem a 2. ábra szerinti opponens csatorna jelek kialakulásában érvényesülő *súlyukon* múlik.



2.ábra

A C_{RG} és C_{BY} opponens csatornajelek alakja [7]

Igaz ugyan, hogy a protos receptorok darabszáma 10x akkora, mint a tritosé, azonban a 2. ábrán látható csatornajelek kialakításában a protos receptorok csak 4x-es súlyfaktorral vesznek részt a tritoséhoz képest.

Számszerűen ez azt jelenti, hogy pl. 420 nm-nél a 4x-es protos jel is csak 9,4%-a a tritos jelének, 400 nm-nél pedig ez az arány 11 %.

Megállapítható tehát, hogy a protos receptor szerepe az ibolya érzet kialakulásában egy nagyságrenddel kisebb a tritosénál, ami tehát nem okozhatja a kék érzet ibolyává válását.

Színezheti ugyanakkor a fenti számítást az, hogy az 1. ábra szerinti variációk közül melyik az igaz. A számítás ugyanis az 1/a ábra szerinti adatokat vette alapul.

3. Összefoglalás

Következtetéseink tehát az adatsorok igazság tartalmára vezetnek vissza. Minden azon múlik, hogy van-e és mekkora maradék érzékenysége van az ibolya tartományban a protos receptornak? Az adatbázisok közötti tájékozódáskor vezethet bennünket az adatok, mérések kora, frissessége és elfogadottsága. Számításainkat a CVRL honlapján található legfrissebb és legelfogadottabb adatokra végeztük el. Ezek alapján kijelenthető, hogy a tritos receptor egy *ibolya* receptor és a szemünkben nincsen *kékre* érzékeny csap receptor. Ellenkező esetben a tritos receptor egy *kékre* érzékeny receptor és nem indokolt külön ibolya és lila színről beszélni.

Köszönetnyilvánítás: A bemutatott kutatás a BME-NVA-02 számú projekt részeként az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a TKP2021 pályázati program finanszírozásában valósult meg.”

„The research reported in this paper is part of project no. BME-NVA-02, implemented with the support provided by the Ministry of Innovation and Technology of Hungary from the National Research, Development and Innovation Fund, financed under the TKP2021 funding scheme

Irodalom:

- [1] Stockman, Andrew, and Lindsay T. Sharpe. "Cone spectral sensitivities and color matching." *Color vision: From genes to perception* (1999): 53-88.
- [2] Stockman, Andrew, and Lindsay T. Sharpe. "The spectral sensitivities of the middle-and long-wavelength-sensitive cones derived from measurements in observers of known genotype." *Vision research* 40, no. 13 (2000): 1711-1737.
- [3] Stockman, Andrew, Donald IA MacLeod, and Nancy E. Johnson. "Spectral sensitivities of the human cones." *JOSA A* 10, no. 12 (1993): 2491-2521.
- [4] Stockman, Andrew, and Lindsay T. Sharpe. "Tritanopic color matches and the middle-and long-wavelength-sensitive cone spectral sensitivities." *Vision research* 40, no. 13 (2000): 1739-1750.
- [5] Lamb, T. D. "Photoreceptor spectral sensitivities: common shape in the long-wavelength region." *Vision research* 35, no. 22 (1995): 3083-3091.
- [6] Dartnall, Herbert JA, James K. Bowmaker, and John Dixon Mollon. "Human visual pigments: microspectrophotometric results from the eyes of seven persons." *Proceedings of the Royal society of London. Series B. Biological sciences* 220, no. 1218 (1983): 115-130.
- [7] Neitz, Jay, and Gerald H. Jacobs. "Spectral sensitivity of cones in an ungulate." *Visual neuroscience* 2, no. 2 (1989): 97-100.