



A kép illusztráció / Picture is for illustration only

Érzékszervi bírálók látásvizsgálati tesztjei - áttekintés

Kulcsszavak: látásélesség, kontrasztérzékenység, színlátás, szintévesztés, pseudo-izokromatikus színtesztek, anomaloszkóp, színíszkrimináció, színidentifikáció

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Az érzékszervi vizsgálatokon a bírálóknak jó általános egészségi állapottal kell rendelkezniük. Nem lehet semmilyen olyan hiányosságuk, amely hatással lehet érzékelésükre, vagy károsan befolyásolhatja érzékszervi teljesítőképességüket, és így hatással lehetnek bírálataik megbízhatóságára. A bíráló látását alapvetően három tényező határozza meg: látásélesség, kontrasztérzékenység és színlátás. Az érzékszervi vizsgálatok nemzetközi gyakorlatában általánosan a színlátást vizsgálják. A szintévesztés vizsgálatát jellemzően az Ishihara pseudo-izokromatikus színteszttel, míg a színíszkriminációs képességet pedig a Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt segítségével végzik [1]. A szintévesztők kiszűrésére legpontosabb eszköz az anomaloszkóp. A szintévesztők szűrése azért is fontos, mivel a szintévesztők egyben gyengébb szín-megkülönböztető képességgel és gyengébb szín-identifikációs képességgel rendelkeznek. A színlátással kapcsolatos on-line tesztek eredményeit jelentősen befolyásolja a megjelenítő eszköz és beállításai (monitor felbontása, színhelyes kalibráció), valamint a tesztelés körülményei: vizsgálati geometria (fényforrás, tesztkönyv és a szem relatív helyzete), fényforrás és monitor fotometrikus és spektrális jellege, valamint a szem adaptációs állapota. Sajnos, a szabványos érzékszervi vizsgálatok előírásai nem követelik meg külön az érzékszervi bírálók látásélesség és kontrasztérzékenység vizsgálatát, ugyanakkor e tulajdonságok nyilvánvalóan befolyásolják a vizuális érzékelést, így ezek tesztelése szükséges.

2. Látásélesség (visus)

A látásélesség az éles látás számszerűsített kifejezése. A látásélesség mérési egysége a látószög, ami alatt a tárgyról a szem optikai középvonalába húzódó sugarak által bezárt szöget értjük. Az ép szem feloldóképessége, vagyis az a szög, amely mellett a tárgyról jövő sugarak két szomszédos csapra vagy pálcikára esnek, normál esetben 1' (szögperc), azonban megfelelő világítás mellett akár 50" (szögmásodperc) is lehet. A látásélesség meghatározására a mindennapi gyakorlatban az úgynevezett optotípeket, különböző nagyságú betűket, számokat, gyűrűket (Landolt-gyűrű) tartalmazó táblákat használnak: Snellen-féle tábla, Csapody-féle tábla, Kettessy-féle tábla (**1-2. ábra**). A vizsgálat során egy tábláról kell leolvasni valamilyen

jeleket, betűket, vagy számokat, attól függően, hogy melyik látásélességi tesztet végzik.

A táblán a jelek, számok mérete minden esetben felülről lefelé csökken. Minden egyes ábra úgy van megszerkesztve, hogy meghatározott távolságból nézve az egész ábra 5', elemi részlete 1' alatt látszik. A vizsgálandó személy a jól megvilágított, falra függesztett táblától a fenti meghatározott távolságban, a következő példában 5 m-re foglal helyet. A betűket, egyéb ábrákat felülről lefelé olvastatják vele. A látásélesség jellemzésére a vizus képletét használják: $V=d/D$, ahol d a páciens olvasótáblától való távolsága, D pedig az a távolság, ahonnan a még felismert legkisebb ábra 5' alatt látszik. A vizsgálat elrendezésére jellemző tehát a d érték, míg a D értékkel az

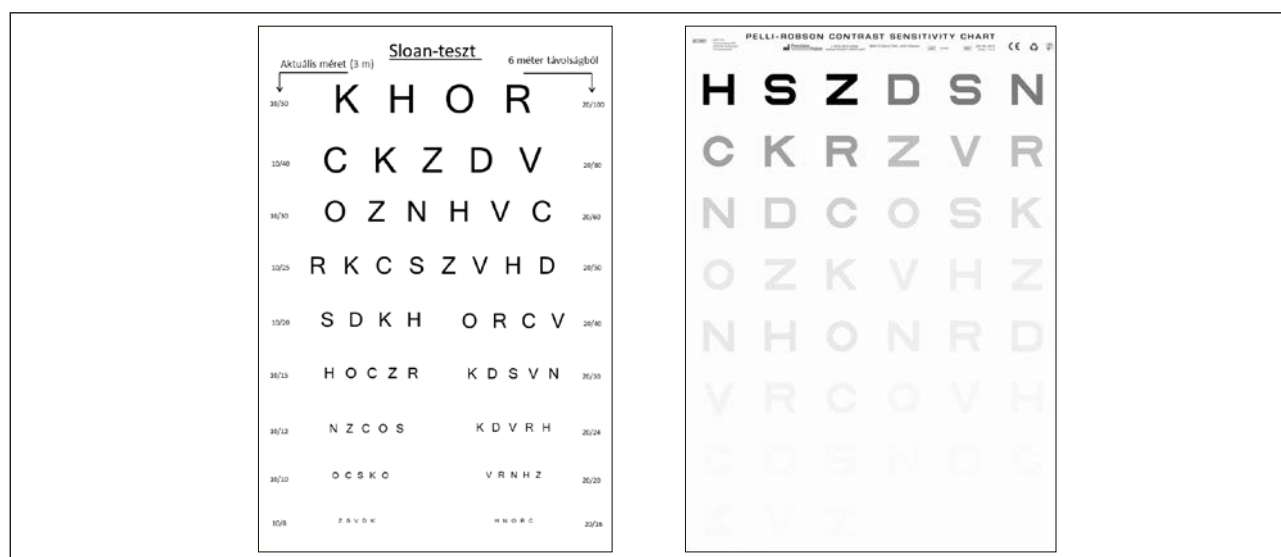
¹ Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Árukezelési, Kereskedelmi és Érzékszervi Minősítési Tanszék
² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

4. Színlátás

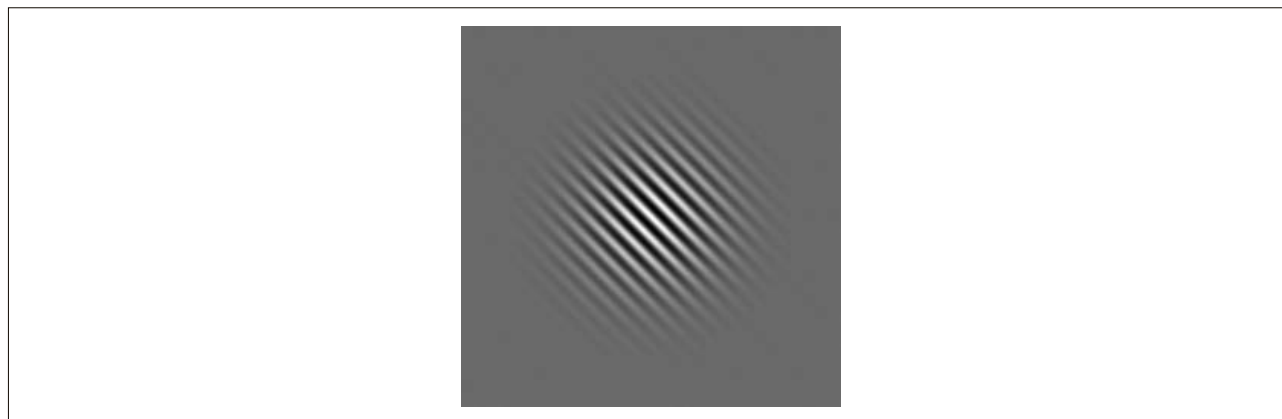
Színlátás vizsgálatának célja lehet egy csoport kiszűrése – erre tipikus példa a színtévesztés detektálására tervezett tesztek – de lehet egyfajta validáció is, az elvégzendő feladathoz – például egy adott termékcsoport vizsgálatához – illesztve. A személyek színlátását célszerű több módszerrel is vizsgálni, mivel az egyes tesztek nem biztosítanak teljes diagnózist. Gyakran előfordul, hogy a módszerek kombinációja adhat megfelelő képet. A színlátás vizsgálatára az alábbi szabványos módszerek terjedtek el az érzékszervi vizsgálatokban:

- színtévesztés azonosítása (pszeudo-izokromatikus teszt-könyvek) [6],
- színtévesztés típusának meghatározása (anomaloszkóp) [6],
- színárnyalat különbségtétel vizsgálata (Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt, színkeveréses módszer) [1],
- szürkeárnyalat különbségtétel vizsgálata (keveréses módszer) [1].

A színtévesztés azonosítására általában a látszólagos színegyenlő (pszeudo-izokromatikus) ábragyűjteményes teszt-könyvek terjedtek el. Ezek működésének alapelve, az hogy a kiszűrendő célcsoport úgynevezett konfúziós tengelyek mentén található színpárok közötti különbségeket nem, vagy nehezebben látják, mint az épszínlátók [7]. A színes, kerek vagy szabálytalan alakú pontokból összeállított pöttyös könyvek ábráinak és háttérének pontjai pszeudo-izokromatikus párok alkotnak, világosságuk és szín telítettségük azonos, viszont a színárnyalatuk különböző: a fent említett konfúziós tengelyek valamelyike mentén helyezkednek el. A pszeudo-izokromatikus tesztek közös vonása, hogy az ábrákon a háttérrel alkotó pontoktól elhatárolódik egy objektum. A különbség a fenti tulajdonságok miatt csak színezet alapján határozható meg. A pszeudo-izokromatikus tesztek alapja tehát a színdiszkriminációs képesség vizsgálata. Ezek az objektumok lehetnek számok, szimbólumok, betűk, és jól nyomkövethető minták. Az egyes vizsgálati lapokon a felismerendő elem változatos méretű, véletlenszerűen elhelyezett pontokba van ágyazva. A normál látók a vizsgálati lapokon betűket/számokat/alakzatokat azonosítanak, míg a színtévesztők nem képesek ezeket felismerni [8].



3. ábra. A Sloan-féle teszt (bal) 25% (felső) és 2,5 % kontrasztértéknél és a Pelli-Robson teszt (jobb) [5]
Figure 3. The Sloan test (left) at 25% (upper) and 2.5 % contrast values and the Pelli-Robson test (right) [5]



4. ábra. 100 % kontrasztértékű Gábor minta.
Figure 4. Gábor pattern with 100% contrast value

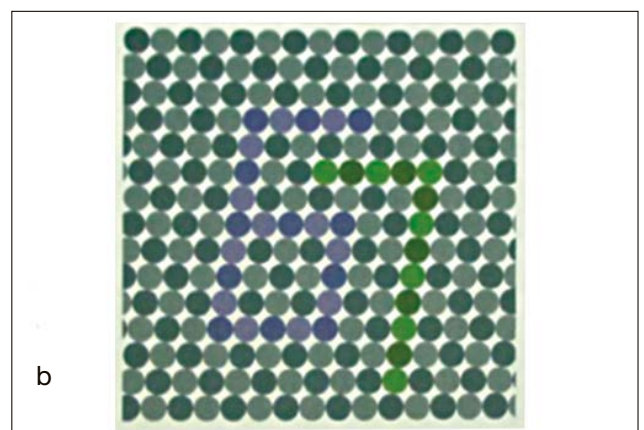
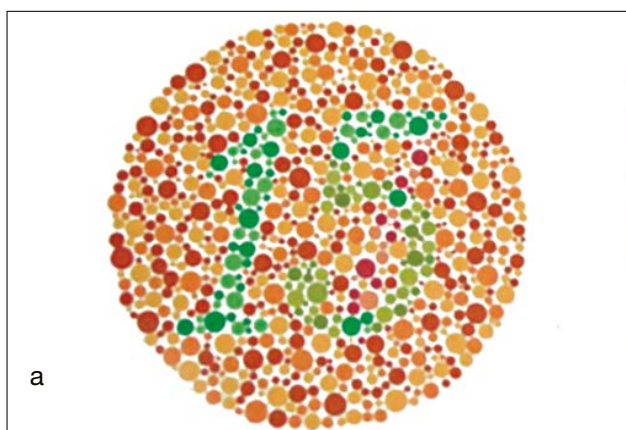
Az érzékszervi vizsgálatokban a bírálati személyek szintévesztésének szabványos szűrésére pszeudo-izokromatikus ábragyűjteményeket javasolnak: Ishihara- (Japán), Velhagen- (Németország), Rjabkin- (Oroszország) és Dvorine- (USA) pszeudo-izokromatikus teszt-könyvek [6].

Úgy a pszeudo-izokromatikus teszt-könyvekkel végzett, mint a további módszereket alkalmazó vizsgálatok során a körültekintően kell kialakítani a tesztelés körülményeit, mert a színárnyalatok megjelenésének megváltozása eltérést eredményezhet az eredményekben. A tesztelés körülményei: vizsgálati geometria (fényforrás, teszt-könyv és a szem relatív helyzete), fényforrás és minták fotometrikus és spektrális jellege, valamint a szem adaptációs állapota. Az ideális szemrevételezési környezet egy megfigyelő doboz, amelyet szín-összehasonlításra terveztek. A tesztelő szeme a mintától az adott tesztre jellemző távolságra kell, hogy legyen, olyan elrendezésben, hogy a minta síkja a látóvonalra merőleges legyen. Ezzel a $45^\circ/0^\circ$ -os vizsgálati geometriával biztosítható, hogy a fény 45° -osan esik a mintára, és a bíráló a mintát merőleges helyzetből nézi. A vizsgálati távolságot az határozza meg, hogy a felismerendő objektumnak mekkora látószög alatt kell látszani. Minden esetben el kell kerülni a minták csillogását, vagy a színes felületekről visszaverődő, kápráztató fényeket, mert zavarja az érzékelést. A vizsgálatához mérsékelt és egyenletes fényssűrűséget kell biztosítani (100 cd/m^2) [6].

A tesztek kiértékelésének helyességéhez fontos figyelembe venni a vizsgált személyek adaptációs állapotát, amit elsősorban a megvilágítás spektrális tartalma határoz meg. A kromatikus adaptáció az a mechanizmus, amely segítségével látórendszerünk folyamatosan alkalmazkodik a környezeti megvilágítás változásaihoz. A színlátást vizsgáló tesztek fejlesztésekor jellemzően D65 megvilágítást megközelítő fényforrások használatát feltételezik, amelyek szórt fényűek, közepes világossági értékűek, széles spektrumú, átlagos nappali fényt adó színhőmérsékletűek. Ha a vizsgálat körülményei ezektől eltérnek, a vizsgált személyeknek minimum 2-3 perc időt kell

biztosítani az adaptációra a teszt elvégzése előtt, valamint az eredmények kiértékelésekor figyelembe kell venni az adaptációs állapotot és annak hatásait. A vizsgálat alatt a teszt paramétereit állandó szinten kell tartani. Szükség esetén a páciens figyelemztetni kell arra, hogy, hogy mozgásával ne változtassa vizsgálati geometriát, mert módosítja az érzékelését. A vizsgálatokon kívül a pszeudo-izokromatikus ábrák teszt-könyveit zárva kell tartani, és minden külső hatástól védeni szükséges: külső fény, tesztelők érintése, mechanikai hatások (gyűrődés, benyomódás, foltok stb.). A pszeudo-izokromatikus teszt-könyvek gyakorlatban történő alkalmazása egyszerű, diagnosztikában elterjedtek [9,10].

Az Ishihara tesztet Dr. Ishihara Shinobu (1879-1963) japán orvos alkotta meg (1918), aki a japán császári hadsereg sebésze, majd szemésze lett (5. ábra). Később a katonai orvostudományban végzett munkája során kérték fel, hogy dolgozzon ki a katonák szűréséhez egy színlátás tesztet. Az első Ishihara tányérokot kézzel festette meg vízfestékekkel, a japán fonetikus szótagírás (hiragana) szimbólumait felhasználva. Jelen formájában az Ishihara teszt-könyv 38 lapból áll. Az első oldalon egy kontroll lap áll, amelyet minden vizsgálati személy azonosítani tud, függetlenül a személy diszkromatográfiájától. A könyvben levő minden egyes fekete papírlapon ($14,5 \text{ cm} \times 19 \text{ cm}$) középre helyezetten egy fehér papírmégyzet ($12,2 \text{ cm} \times 12,2 \text{ cm}$) található, melynek közepében van a „pötytyös” körtányér ($\varnothing=9 \text{ cm}$). Minden tányér különböző nagyságú és színű pszeudo-izokromatikus pontokból áll, amelyeken a normál színlátók számára egy-, vagy kétjegyű számok rajzolódnak ki. A szintévesztőknek egyes tányérokra levő számok azonosítása nehezen megy, vagy egyáltalán nem sikerül. A tesztel azonosítható, hogy a vizsgált személy vörös-zöld tévesztő, vagy sem, de a tévesztés mértékének megállapításához műszeres anomaloszkópos vizsgálat szükséges. Az Ishihara teszt-könyv más színek, például a kék, vagy a sárga színek szín-tévesztéséről nem ad információt. Összefoglalóan az Ishihara teszt-könyv segítségével egy, könnyen megérthető, egyszerűen és gyorsan elvégezhető vizsgálatot lehet végrehajtani, amellyel kiszűrhetők és azonosíthatók a



5. ábra. Ishihara teszt (a) és Hardy Rand Test (b) egy-egy tesztábrája [13,14]
Figure 5. One test figure each for the Ishihara test (a) and the Hardy Rand Test (b) [13,14]

vörös-zöld színtévesztő egyének. Napjainkban ez a legszélesebb körben alkalmazott színtévesztési teszt a napi klinikai gyakorlatban. Megjelenése óta az eredeti Ishihara teszt számos adaptációját hozták létre írástudatlan gyerekek számára [11], illetve készítek kelet-arab számos változatot is [12].

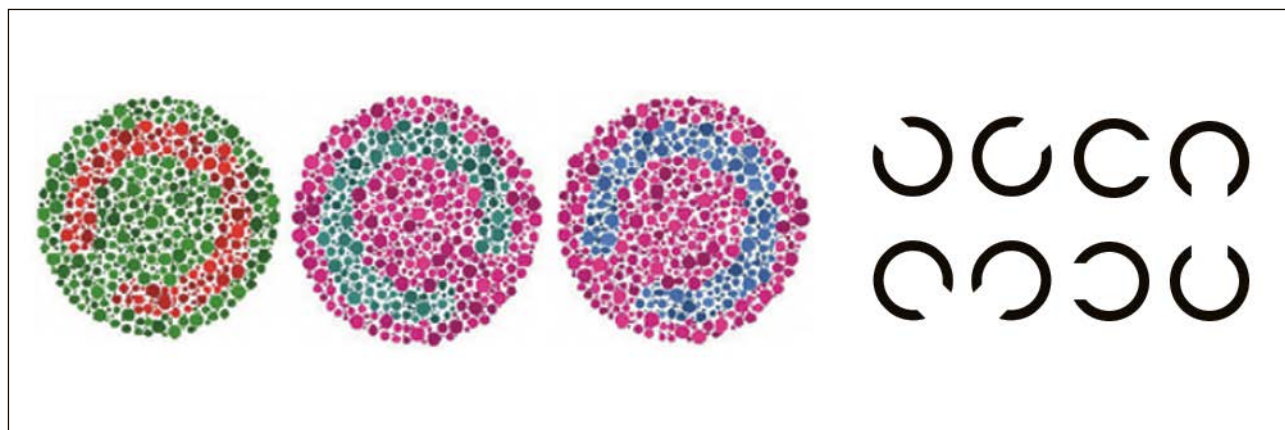
A szabványos módszereken túl is léteznek további pszeudo-izokromatikus tesztek. A pszeudo-izokromatikus ábrák alkalmazásának feltétele, hogy a vizsgálati személy ismeri a felismerendő objektumokat, ezért a gyerekek, vagy analfabéták színlátásának tesztelésére módosított vagy speciális tesztek hoztak létre: geometriai formák (Neitz colour vision worksheet), ismerős tárgyak (Kojima–Matsubara Test), geometriai formák és ismerős tárgyak (Colour Vision Testing Made Easy (CVTME) [15], írástudatlanoknak (Velhagen Pflugertident, Ishihara test for Unlettered Persons) [9, 16]. A nemzetközi gyakorlatban elterjedtek még az alábbi pszeudo-izokromatikus tesztek: American Optical Hardy-Rand-Rider plates (AOHRR, Amerikai Egyesült Államok) (5. ábra), ColorLite színlátás vizsgáló teszt (Magyarország), Cambridge Colour Test (Egyesült Királyság), Standard Pseudoisochromatic Plates (SPP) (Amerikai Egyesült Államok).

Az Ishihara teszthez a vizsgálat módszerét tekintve nagyon hasonló a Hardy Rand Ritter Test (HRR). A nyomtatott pszeudo-izokromatikus tesztönyvben, a háttértől egyszerű geometriai alakzatokat: kört, három-szöget vagy X-et kell megkülönböztetni. A teszt a vörös-zöld színtévesztésen (protanomálián – vörösszín-tévesztés – és deutéranomálián – zöldszín-tévesztés) túl a tritanómália (kékszín-tévesztés) meghatározására is alkalmazható, továbbá a színtévesztés mértékéről is információt ad, ezért az Ishihara teszt kiegészítőjeként is ajánlott a használata [17].

A Colorlite színlátás vizsgáló teszt szintén egy nyomtatott, pszeudo-izokromatikus ábragyűjtemény, amelynek segítségével meghatározható, hogy a vizsgált személy ép színlátó, vagy színtévesztő-e. A teszt képes megkülönböztetni deutéranomál és protanomál személyeket, valamint a színtévesztés mértékét 3 kategóriába besorolni. A tesztönyvben

színes sorozatok találhatók: vörös-zöld sorozat (16 db ábra), lila-zöld sorozat (11 db ábra), lila-kék sorozat (11 db ábra). A vizsgálatot mindhárom sorozattal el kell végezni. Minden egyes sorozat a legnagyobb kontrasztú (legkönnyebb) feladattal kezdődik, amely lépésről lépésre nehezedik. A sorozatokon belül az egyes oldalakon egy Landolt-C ábra látható, amely színében különbözik a háttér színétől. A teszt során egy egyszerű feladatot kell elvégezni a páciensnek. A vizsgálati személy feladata, hogy meghatározza, hogy hol szakad meg a gyűrű (C-betű) a tesztábrán. Az ábrák egymást követve nehezednek, így a vizsgálati személy helyes válaszai után egyre nehezebb ábrákat lát, egészen addig, amíg már nem tud helyes választ adni. A teszt gyors, objektív és egyszerű, és a diagnózis mindösszesen 5-10 percet vesz igénybe. A teszt segítségével rendellenesség esetén súlyos, közepes és enyhe deutéranomál vagy protanomál kategóriákba sorolhatóak az alanyok (6. ábra) [18].

Colorlite színlátás vizsgálati rendszer kiegészül egy korrigáló rendszerrel is. A komplett felszerelés 10 pár különböző színezett korrekciós szemüveglencsét tartalmaz. A szembe érkező színinger spektrumát színes lencsékkel meg lehet változtatni, ezért a színes lencse a színtévesztést korrigáló technológia sajátja. A lencsék speciális, thermodiffúziós eljárással készülnek a legmegfelelőbb hatás elérése érdekében. A lencsétet próbakeretbe lehet behelyezni, amellyel a színvizsgálat elvégezhető. A színtévesztést korrigáló mechanizmusnak fontos és szükséges feltétele az, hogy a szem alkalmazkodni, adaptálódni tudjon az adott színes lencséhez és a környezeti fényviszonyokhoz. A lencsék viselésekor a kromatikus adaptáció jól megvilágított környezetben 2-3 perc alatt bekövetkezik, aminek jele, hogy a színes lencsén keresztül egy fehér lap ismét fehérnek látszik. Amennyiben színtévesztés lehetősége áll fenn, a leírás alapján kiválasztott színes lencse segítségével a pszeudo-izokromatikus színtesztet meg kell ismételni. A korrekciós lencsékkel való visszamerés segít a leghatásosabb korrekciós lencse kiválasztásában, és ellenőrizhető a lencsék színlátásjavító hatása. A hatás ellenőrzését a Colorlite teszt mellett célszerű az Ishihara teszttel is elvégezni. A színes korrekciós rétegek felvihetők dioptria nélküli napszemüvegekhez



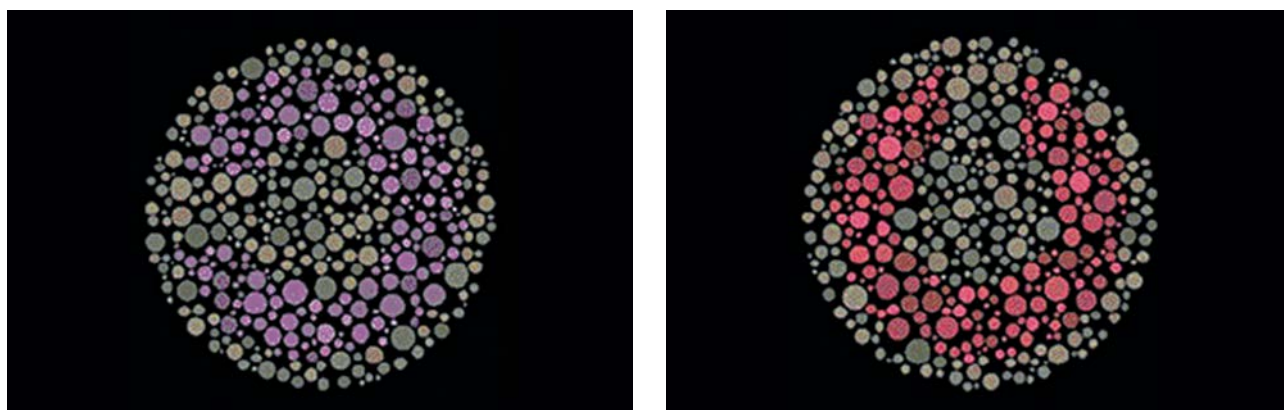
6. ábra. Colorlite pszeudo-izokromatikus színteszt három teszt sorozatának legkönnyebb ábrái és a 8 megoldási lehetőség [18]
Figure 6. Easiest images of the three test series of the Colorlite pseudo-isochromatic color test and the 8 possible solutions [18]

hasonló úgynevezett "plano" lencsére, valamint dioptriás lencsére egyaránt, azaz a színtévesztő alany a már meglévő szemüvegét is korigálhatja [18].

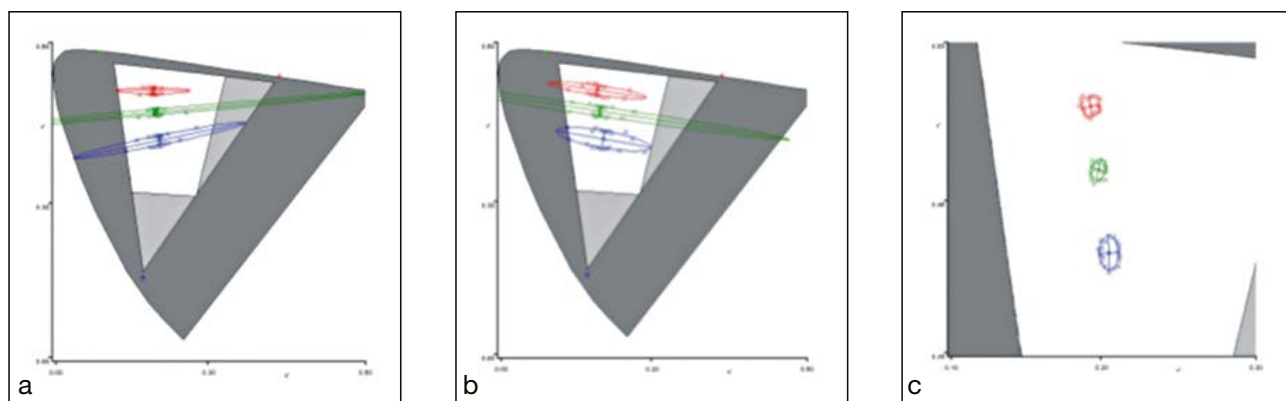
A pseudo-izokromatikus tesztek elterjedt, számítógépes adaptációja a Cambridge Colour Test (CCT), melynek az eddig bemutatott tesztekhez képest egyik legnagyobb előnye az, hogy nem előre festett ábrákkal dolgozik, hanem a monitoron megjeleníthető, lényegesen több szinkombinációval. A vizsgálati körülmények emiatt bővülnek: rendkívül fontos, hogy minden esetben kalibrált monitoron kell elvégezni a méréseket, továbbá a tesztnek speciális hardver igénye van, ami a színmegjelenítésben általános 8 bites színmélységnél jobb felbontásra képes, ezzel mérhetővé téve akár épszínlátó személyek eredményei között különbségeket is. A vizsgálat során a Colorlite teszthez hasonlóan Landolt-C ábrák orientációját kell felismerni, annyi különbséggel, hogy itt csak 4 opció van: fent, lent, jobbra, illetve balra (7. ábra) [19].

A tesztet sötét szobában kell elvégezni olyan módon, hogy vizsgált személy 1° látószög alatt lássa a Landolt-C ábrán megjelenő szakadást. A teszt eredményként a vizsgált személy által észlelhető legkisebb

színkülönbség egy referencia színhez képest a CIE 1976 egyenletes színdiagrammban meghatározott irányok mentén. A referencia szín a pseudo-izokromatikus ábrák háttérének színe. A teszt adaptív: a vizsgált személy válaszai alapján folyamatosan csökken vagy nő a különbség a háttér és a minta színe között, így meghatározva végül a legkisebb észlelhető küszöbértéket. A tesztnek két modulja van: a Tritan teszt elvégzésével a három irány mentén végezhetünk gyors (2-3 perces) vizsgálatot, míg az Ellipszis teszt hosszabb (20-30 perc), 3 db referenciaponthoz képest több irányban végzett mérések alapján a küszöbértékekre illesztett ellipszissel jellemezhetőek azok a területek a referencia színpontok körül, amelyekben belül a vizsgált személy nem tud színárnyalatokat megkülönböztetni. A Tritan teszt 3 vizsgálati irányának alapbeállítása a 3 konfúziós irány, amelyek mentén a deutéranomál, protanomál vagy tritanomál színtévesztők színdiszkriminációs képessége lényegesen rosszabb az épszínlátókénál. A teszt készítői semleges referencia pontban (0,1977; 0,4689) a protán illetve deután irányban 100×10^{-4} , míg a tritán irányban 150×10^{-4} u'v' értékben határozták meg a színtévesztés határát [19], de a szakirodalomban fellelhető ennél szigorúbb ajánlás is [20].



7. ábra. A Cambridge Colour Test kettő tesztábrája [19]
Figure 7. Two test images of the Cambridge Color Test [19]



8. ábra. Cambridge Color Test Ellipse teszteredmények egy protanomál (a), deutéranomál (b) és egy ép színlátó (c) személy esetében. Az ép színlátó személy eredményein a tengelyeken más a lépték, összehasonlításul: az ellipszisek középpontjai a három ábrán megegyeznek [20]
Figure 8. Cambridge Color Test Ellipse test results for a protanomalous (a) and a deuteranomalous (b) individual and a person with normal color vision (c). In the case of the results of the person with normal color vision, the scales of the axes are different, and for comparison, the centers of the ellipses are the same in the three figures [20]

A CCT eredményeinek értékelésekor figyelembe kell venni, hogy a színdiszkriminációs képesség életkorfüggő [21], illetve azt, hogy a CCT natív színrendszere, a CIE 1976 színdiagram színérzékelés szempontjából nem tökéletesen egyenletes, ezért a referencia szín változtatása az eredmények várható értékének változását eredményezik. Az ellipszis teszt eredményeire illesztett ellipszisek a szintévesztés típusára jellemző konfúziós irány mentén jelentősen megnyúlnak (8. ábra).

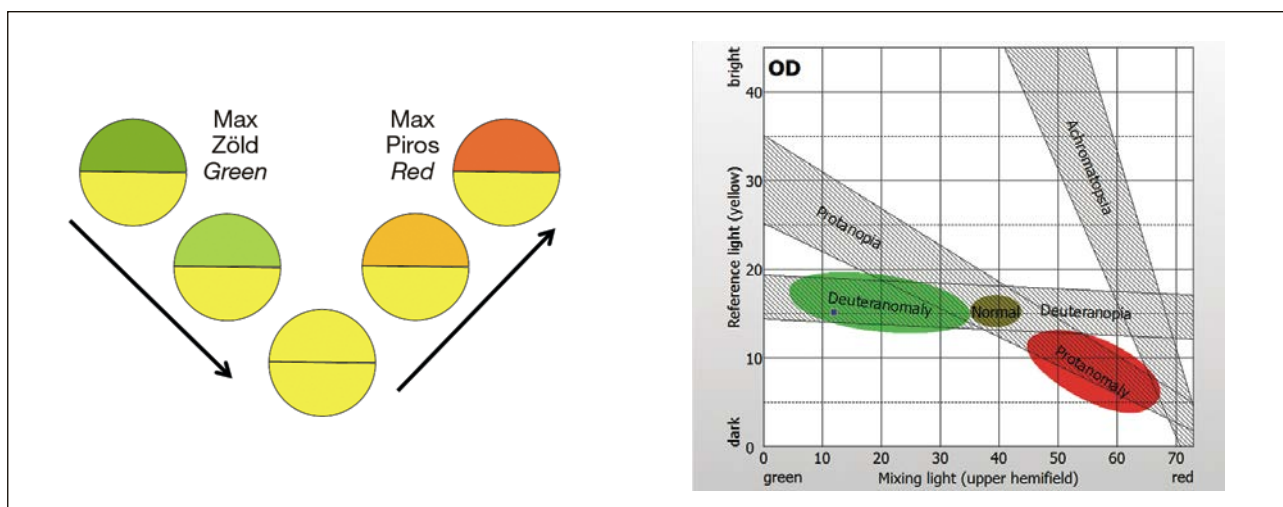
A CCT referencia pontjainak, a pszeudo-izokromatikus ábrákra jellemző fénysűrűség szinteknek és a mérési irányoknak változtathatóságával, valamint a 8 bitet meghaladó színmélységgel a szintévesztés szűrésén és kategorizálásán kívül lehetőséget biztosít arra is, hogy feladat-specifikus, például a vizsgálandó termékek színeihez és a vizsgálati körülmények adaptációs állapotához igazított kísérleti tervhez illesztve, akár épszínlátó megfigyelők eredményeit is összehasonlítsuk.

A szintévesztés típusa meghatározásának legpontosabb módszere a műszeres, anomaloszkópos vizsgálat. A Nagel-féle anomaloszkóp a színegyeztetés módszerét alkalmazza. A 2°-os látótérben egy kör van ketté osztva egy felső és egy alsó kör részre. A feladat mindig ugyanaz, a felső félkörre vetített vörös (R) és zöld (G) monokromatikus fényt kell összekeverni úgy, hogy az alsó félkörre vetített cél színnel (sárga monokromatikus fényvel (Y) azonosnak tűnjön. A felső félkör színkeverésével valójában additív színkeverés valósul meg, az alsó félkör fényereje változtatható mindaddig, amíg a vizsgálati személy mindkét félmezőt egyformának (egyezőnek) nem látja színében és fényerejében is (9. ábra). A vizsgálati eredmények alapján a vizsgálati személyek a különböző területekre (színlátó típusokba és altípusokba) sorolhatók: normál színlátás, protanomália, protanópia (vörösszín-vakság), deuteranomália (zöldszín-vakság), deuteranópia, akromatopszia (csak szürkeárnyalatos)

látás. Az anomaloszkópos vizsgálat ismétlésével, az eredmények bizonytalanságából meghatározható a szintévesztők úgynevezett színstabilitása is, ami a szintévesztés típusa mellett egy fontos jellemző és bizonyos munkakörökben ez alapján határoznak meg kritériumokat [10].

A színárnyalat különbségtétel vizsgálatára egyik legáltalánosabban alkalmazott szabványos módszer a Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt (Farnsworth-Munsell colour hue test, FM-100 HUE). A tesztet Dean Farnsworth fejlesztette ki az 1940-es évek elején, más osztályozó tesztekkel együtt – D-15 panel, B-20 és H-16 –, amelyek azonban nem terjedtek el széles körben. A Farnsworth-Munsell-100 teszt a Munsell-színárnyalat, színintenzitás és Munsell értékek állandóságán alapul. Az eljárást az teszi különlegessé, hogy az alkalmazott színek Munsell-értéke, valamint azok intenzitása megegyező, mindössze a színárnyalatban térnek el egymástól [8, 23]. Kezdetben 100 korongból álló tesztek készültek, a kutatások során azonban bebizonyosodott, hogy a 100 korong sorbarakása túlzottan nehéz feladat a bírálók számára, ezért 85-re csökkentették a teszt korongjainak számát. A Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt így a mai formájában csak 85 színárnyalatból áll, amely négy különböző, de hasonló árnyalatú színsort tartalmaz. A színes tesztkorongok (Ø=2,54 cm) kívül fekete szegélyűek, belül színesek. A színsorok vége le van rögzítve, a feladat a közöttük lévő színárnyalatok sorba rendezése úgy, hogy minden korong a két, hozzá leghasonlóbb korong közé kerüljön. A keretben levő számok a rögzített korongokat jelölik, amelyek a skála végpontjai (10. ábra) [24].

A színlátás zavarait egyszerűen a hibák összegzésével lehet értékelni, valamint a színárnyalat választott és tényleges helyének különbségeivel is. A rendszer több változata interneten is elérhető, jellemzően a korongok helyett kis négyzeteket kell sorba rendezni, de a monitoros vizsgálatoknál fontos megjegyezni,



9. ábra. Az anomaloszkóp látómezejének különböző beállításai és a Heidelberg-féle anomaloszkóp kiértékelő felülete [22]
 Figure 9. Different setting of the field of view of the anomaloscope and the evaluation surface of the Heidelberg anomaloscope [22]

hogy kalibráció nélkül az eredmény helyessége nem garantálható. A teszt nagy előnye, hogy az értékelés kifejezetten egyszerű: a hibákat értékelni lehet egyszerűen a tévesztések összegzésével, vagy akár a színárnyalat választott és tényleges helyének különbségeivel is. A bírálati eredmények alapján három kategóriába sorolhatók a tesztelők [25]:

- Kiváló (jó) eredmény: Ehhez az szükséges, hogy színsorozatonként legfeljebb 4 felcserélés típusú tévesztés történhet, azaz összesen 0-16 hibapont közötti eredmény esetén. A népesség ~16 %-a tartozik ebbe a kategóriába;
- Átlagos (normál) eredmény: 16-100 hibapont közötti eredmény esetén. Az emberek ~66 %-a tartozik ebbe a kategóriába;
- Gyenge (csökkent) eredmény: 100 hibapont feletti eredménynél. Ezeknél az eredményeknél érdemes további látási, illetve szintévesztési vizsgálatokat folytatni. A népesség ~16 %-a tartozik ebbe a kategóriába;.

A számítógéppel végzett tesztek kiértékelése egy látványos kördiagram formájában hívható le. Az ábra két koncentrikus körből áll. A nagyobb körvonal mentén az egyes színek nevei és számai láthatók (1-85). A kisebb körben a színek nevének kezdőbetűi olvashatók, a külső körvonalnak megfelelően. A tévesztés mértékét egy önmagába visszatérő fekete görbe jelzi. Ahol a fekete görbe a belső, kisebb kör

körvonalára illeszkedik, ott a bíráló helyes választ adott, azaz jó helyre tette a színekorongot. Ahol viszont a fekete görbe a külső kör irányába mutat, ott tévesztés történt. A tévesztés mértéke abból látható, hogy milyen mértékben közelíti meg a külső kör körívét a fekete vonal. Minél nagyobb mértékű tévesztésről van szó, a fekete jelölő annál jobban eltávolodik a belső körvonalától (11. ábra) [24].

A színárnyalat-különbségtétel vizsgálatára elsősorban a színkeveréses módszert alkalmazzák. A tesztekhez első lépésben törzsoldatokat készítenek, amelyekhez analitikai minőségű vegyszereket kell felhasználni: víz (ioncserélt vagy desztillált), sárga (kinolinsárga) színanyag, kék (patentkék V) színanyag, piros (karmazsinpiros) színanyag, grafit és kukoricakeményítő. A kész színskála így kémcsövekben bemutatott két 11 tagú színes sorozat. Az egyik sorozat a sárgától zöldön át a kékig tart, a másik pedig a vöröstől a lilán keresztül a kékig terjed. A feladat az egyes színek kiválogatása és sorba rendezése. A sorozatokban 2 hiba megengedett. A szürkeárnyalat különbségtétel vizsgálatára a keveréses módszert alkalmazzák. A kémcsövekben bemutatott 10 tagú szürkeárnyalatos teszt során a folyamatosan csökkenő mennyiségű kukoricakeményítőhöz folyamatosan növekvő mennyiségű grafitport adunk. A kémcsöveket véletlen sorrendben kell bemutatni. A feladat a szürkeárnyalatok sorbarendezése [1].



Piros Red	Sárga Yellow			Zöld Green					
84	1	2	3	....	18	19	20	21	22
Zöld Green	Kék Blue			Lila Purple					
21	22	23	24	....	39	40	41	42	43
Zöld Green	Zöld Green			Zöld Green					
42	43	44	45	....	60	61	62	63	64
Lila Purple	Rózsaszín Pink			Piros Red					
63	64	65	66	....	81	82	83	84	85

10. ábra. A Farnsworth-Munsell-100 teszt és színsorozatai [24]
Figure 10. The Farnsworth-Munsell 100 hue test and its color series [24]

A leíró érzékszervi módszerek segítségével elvégzett termékprofilozások minősége elsősorban a bírálók érzékelésétől és leíró képességétől függ. A termékek színének leírásával kapcsolatban szükséges a színidentifikáció, azaz a termék színmegnevezéseinek meghatározása. Attól függetlenül, hogy a leíróképesség az objektív színmegnevezéshez nélkülözhetetlen, a nemzetközi előírások ezzel kapcsolatban nem tartalmaznak semmiféle követelményt sem tesztelés, sem módszertan tekintetében. A különböző nyelvekben szereplő megnevezések közül 11 nevezhető általánosan alkalmazottnak az angol elnevezéseket véve alapul (Red – piros, Yellow – sárga, Green – zöld, Blue – kék, Purple – ibolya, Brown – barna, Orange – narancs, Pink – rózsaszín, Black – fekete, White – fehér, Gray – szürke). A színidentifikációval foglalkozó legtöbb kutatás is a fenti megnevezéseket veszi alapul [26]. A legtöbb kutatás a színíngereket a különböző színábrázolási rendszerekben vett színkoordinátáik alapján azonosítja (Munsell (World Color Survey), Natural Colour System, DIN-system, NF-AFNOR-system) [27]. A színidentifikációs tesztet lényegében ma már kalibrált digitális kijelzőkön keresztül alkalmazzák. Az emberi színidentifikáció egyik lehetséges megközelítése az ingerek spektrális megkülönböztetése és színfogalmi kategóriákba sorolása, melynek segítségével megadhatók a színekhez tartozó színészlelet hullámhossz-tartományok, amelyek színenként eltérő bizonytalansági sávokkal jellemezhetők [28].

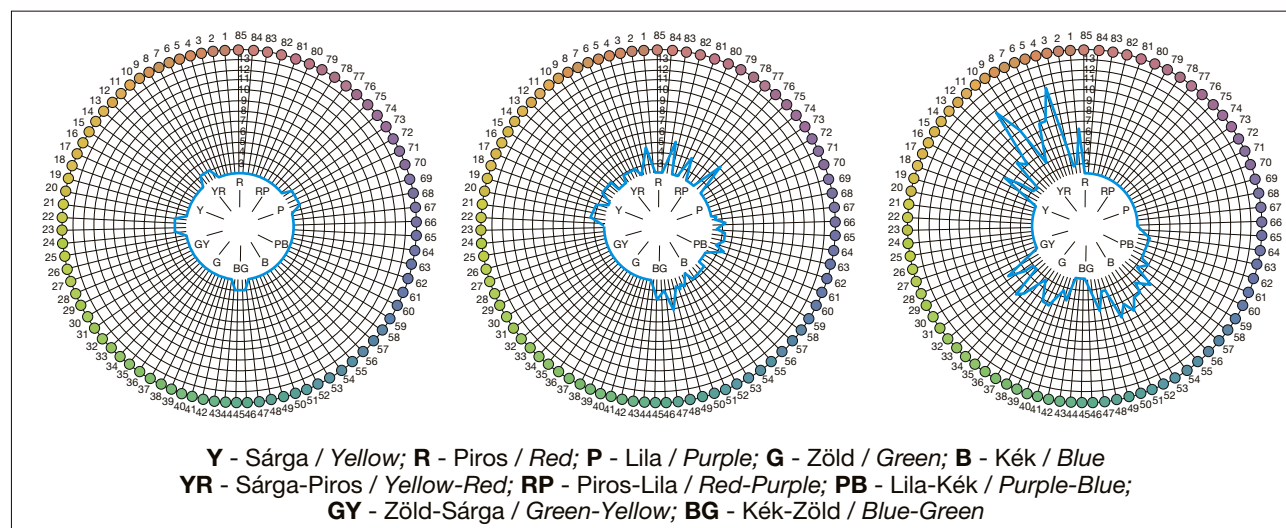
A normál színes látás tesztelésére számos on-line teszt és applikáció készült, sokszor az eredeti tesztek adaptálásával. Fontos hangsúlyozni azonban, hogy a számítógépes színlátással kapcsolatos online tesztek nem alkalmasak klinikai diagnózisra. Az eredeti ábragyűjtemények, korongok, nyomtatott tesztek gyakran nem ugyanazt az eredményt adják, mivel a tesztek eredményét számottevően befolyásolja a megjelenítő eszköz és beállításai (monitor felbontása, színhelyes kalibráció), valamint a tesztelés körülményei: vizsgálati geometria (fényforrás, tesztkönyv és a szem relatív helyzete), fényforrás és monitor fotometrikus és spektrális jellege, valamint a szem adaptációs állapota [6].

5. Összefoglalás

Az érzékszervi vizsgálatokon a bírálóknak jó általános egészségi állapottal kell rendelkezniük. Nem lehet olyan hiányosságuk, amely hatással lehet érzékelésükre, vagy károsan befolyásolhatja érzékszervi teljesítőképességüket, és így hatással lehet bírálataik megbízhatóságára. A bíráló látását alapvetően három tényező határozza meg: látásélesség, kontrasztérzékenység és színlátás. Az érzékszervi vizsgálatok nemzetközi gyakorlatában általánosan a színlátást vizsgálják. A szintévesztés vizsgálatát jellemzően az Ishihara pszeudo-izokromatikus színteszttel, míg a színdiszkriminációs képességet pedig a Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt segítségével végzik [1]. A szintévesztők kiszűrésére legpontosabb eszköz az anomaloszkóp. A szintévesztők szűrése azért is fontos, mivel a szintévesztők egyben gyengébb szín-megkülönböztető képességgel és gyengébb szín-identifikációs képességgel rendelkeznek. A színlátással kapcsolatos on-line tesztek eredményeit jelentősen befolyásolja a megjelenítő eszköz és beállításai (monitor felbontása, színhelyes kalibráció), valamint a tesztelés körülményei: vizsgálati geometria (fényforrás, tesztkönyv és a szem relatív helyzete), fényforrás és monitor fotometrikus és spektrális jellege, valamint a szem adaptációs állapota. Sajnos, a szabványos érzékszervi vizsgálatok nem említik külön az érzékszervi bírálók látásélesség és kontrasztérzékenység vizsgálatát, ugyanakkor ezen tulajdonságok nyilvánvalóan befolyásolják a vizuális érzékelést, ezért ezek tesztelése szükséges.

6. Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Bolyai János kutatási ösztöndíj támogatásával készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005). Nyitrai Ákos és Szabó Dániel köszönetét fejezi ki az Élelmiszertudományi Doktori Iskola részére.



11. ábra. A Farnsworth-Munsell-100 teszt kiváló, átlagos és gyenge eredménye [24]
Figure 11. Excellent, average and poor results of the Farnsworth-Munsell 100 hue test [24]