

# Anomalije za pigmentne boje Splitsko-dalmatinske županije

---

**Bego, Lucija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, School of Medicine / Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:171:755995>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-01**



*Repository / Repozitorij:*

[MEFST Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**MEDICINSKI FAKULTET**

**Lucija Bego**

**ANOMALIJE ZA PIGMENTNE BOJE U ZDRAVIH MUŠKARACA NA PODRUČJU  
SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE**

**Diplomski rad**

**Akadska godina:**

**2022./2023.**

**Mentor:**

**Izv. prof. dr. sc. Veljko Rogošić**

**Split, srpanj 2023.**

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. DISKROMATOPSIJE .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. EPIDEMIOLOGIJA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. PODJELA DISKROMATOPSIJA .....</b>	<b>7</b>
1.4.1. KONGENITALNE DISKROMATOPSIJE.....	8
1.4.1.1. Anomalna trikromazija .....	9
1.4.1.2. Dikromazija.....	9
1.4.1.3. Monokromazija .....	10
1.4.2. STEČENE DISKROMATOPSIJE.....	10
<b>1.5. DIJAGNOSTIKA DISKROMATOPSIJA .....</b>	<b>11</b>
1.5.1. DIJAGNOSTIČKE METODE.....	11
1.5.1.1. Metoda denominacije boja .....	11
1.5.1.2. Metoda komparacije boja.....	11
1.5.1.3. Metoda diskriminacije boja.....	12
1.5.1.4. Metoda egalizacije boja .....	12
1.5.2. DIJAGNOSTIČKI TESTOVI.....	12
1.5.2.1. Dihotomni dijagnostički testovi .....	12
1.5.2.2. Kvalitativni dijagnostički testovi.....	13
1.5.2.3. Kvantitativni dijagnostički testovi.....	14
<b>1.6 ZNAČAJ RANE DETEKCIJE DISKROMATOPSIJA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.7. LIJEČENJE DISKROMATOPSIJA.....</b>	<b>16</b>
<b>2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>17</b>
<b>3. ISPITANICI I METODE .....</b>	<b>19</b>
3.1. ISPITANICI .....	20
3.2. METODE.....	20
3.3. STATISTIKA .....	21
<b>4. REZULTATI .....</b>	<b>22</b>
<b>5. RASPRAVA.....</b>	<b>27</b>
<b>6. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>30</b>
<b>7. POPIS CITIRANE LITERATURE .....</b>	<b>32</b>

<b>8. SAŽETAK .....</b>	<b>36</b>
<b>9. SUMMARY .....</b>	<b>39</b>
<b>10. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>42</b>

*Od srca zahvaljujem najboljem mentoru prof.dr.sc. Veljku Rogošiću i doc. dr.sc. Luciji Vanjaka Rogošić na ukazanom povjerenju, velikodušnoj pomoći i stručnom vodstvu pri izradi diplomskog rada.*

*Najveće hvala mojim roditeljima Karolini i Ozrenu i bratu Toniju na neizmjerne potpori, bezuvjetnoj ljubavi i razumijevanju koju su mi pružili tijekom cijelog studija. Sve što jesam, ne bih bila bez vas.*

*Hvala prijateljima i kolegama što ste mi uljepšali studentske dane.*

*Hvala ostatku obitelji i Tanji na potpori.*

*Neizmjerne hvala mom Bartolu. Sve ove godine si mi bio podrška, radovao se svakom mom uspjehu, davao mi motivaciju koja me gurala dalje. Uz tebe je sve moguće.*

## **1. UVOD**

## 1.1. DISKROMATOPSIJE

Kolorni vid je jedan od tri ključna elementa vida koji se razvija već u prvim mjesecima života, dok se dalje kroz osobna iskustva i obrazovanje stječe sposobnost preciznog razlikovanja boja (1,2). Mrežnica posjeduje tri vrste čunjića s različitim pigmentom koji omogućuju prepoznavanje svjetline različitih valnih duljina kao boje. Među čunjićima, najzastupljeniji su crveni, slijede ih zeleni, a najmanje je plavih, te normalna percepcija sve tri boje naziva se trikromazija. Svi poremećaji u raspoznavanju boja nazivaju se diskromatopsija, poznato još pod nazivom daltonizam (3).

Percepcija boje je subjektivan doživljaj, stoga ne začuđuje činjenica da su se takvi poremećaji počeli istraživati tek u 18. stoljeću. U svojoj knjizi, škotski filozof Dugald Stewart opisuje boju kao lako shvatljiv koncept za trikromate, no za dikromate boja predstavlja sekundaran opis svijeta oko njih, a vokabular kojim se trikromati služe kao nepotrebno kompliciran. Sama činjenica da osobe koje su slijepe za boje ne prepoznaju svoj poremećaj dokazuje koliko je pojam boje apstraktan. Prvi povijesni slučaj diskromatopsije opaža Tuberville 1684., te se godinama kasnije pojavljuju sve detaljnije napisane opservacije poremećaja: Huddart 1777. opisuje poremećaj kod postolara Thomasa Harrisa; Lort 1778. kod obitelji Scott; a francuski pjesnik Charles Pierre Colardeau u svom pismu zahvaljuje sestrama što su ga naučile prepoznati žutu boju. Zasluga prvog znanstvenog opisa poremećaja kolornog vida na temelju autoopservacije pripada Johnu Daltonu (1794.), stoga je prihvaćeno da se sve diskromatopsije njemu u čast nazovu imenom daltonizam (4).

Nepovoljan učinak poremećaja kolornog vida odražava se na mnoga područja u životu, od ranog djetinjstva pa sve do odrasle dobi (5). Suvremeni način života uključuje brojne profesije koje se oslanjaju na upotrebu računala i signalnih uređaja te zahtijevaju precizno razlikovanje boja. Osim toga, trikromatski vid je nužan u prometu kopnom, morem i zrakom što naglašava važnost dijagnostike kolornih poremećaja (6).

## 1.2. EPIDEMIOLOGIJA

Unutar populacije postoji mnogo različitih oblika poremećaja u prepoznavanju boja, a većina je kongenitalnog podrijetla. Veoma mali broj ljudi je zaista potpuno slijep za boje, umjesto toga vide izobličen spektar boja. Najčešći oblici poremećaja su protanopija i deuteranopija, stanja koja proizlaze iz gubitka funkcije jednog od čunjića i rezultiraju kolornim vidom s dvije osnovne boje (7). Učestalost varira među različitim narodima, rasama, etničkim skupinama i spolovima. Ova varijacija je djelomično rezultat geografskih, klimatskih, kulturnih i religijskih razlika, kao i migracija naroda, miješanje raznovrsnih kultura kroz povijest i bioloških čimbenika nasljeđivanja tih anomalija (8).

Procjenjuje se da na svijetu ima više od 350 milijuna daltonista, od toga u Hrvatskoj oko 180 000 oboljelih. Otprilike jedan od dvanaest muškaraca (8%) i jedna na 200 žena (0,5%) imaju urođen poremećaj prepoznavanja boja što otprilike čini 4,5% svjetske populacije. U muškaraca podjela prema vrsti diskromatopsije je iduća (9):

- 6,3% muškaraca boluje od anomalne trikromazije. Od čega, 1,3% je protanomala, a 5% deuteranomala.
- 2,4% muškaraca boluje od dikromazije, odnosno anopije. Među njima je 1,3% protanopa i 1,2% deuteranopa.

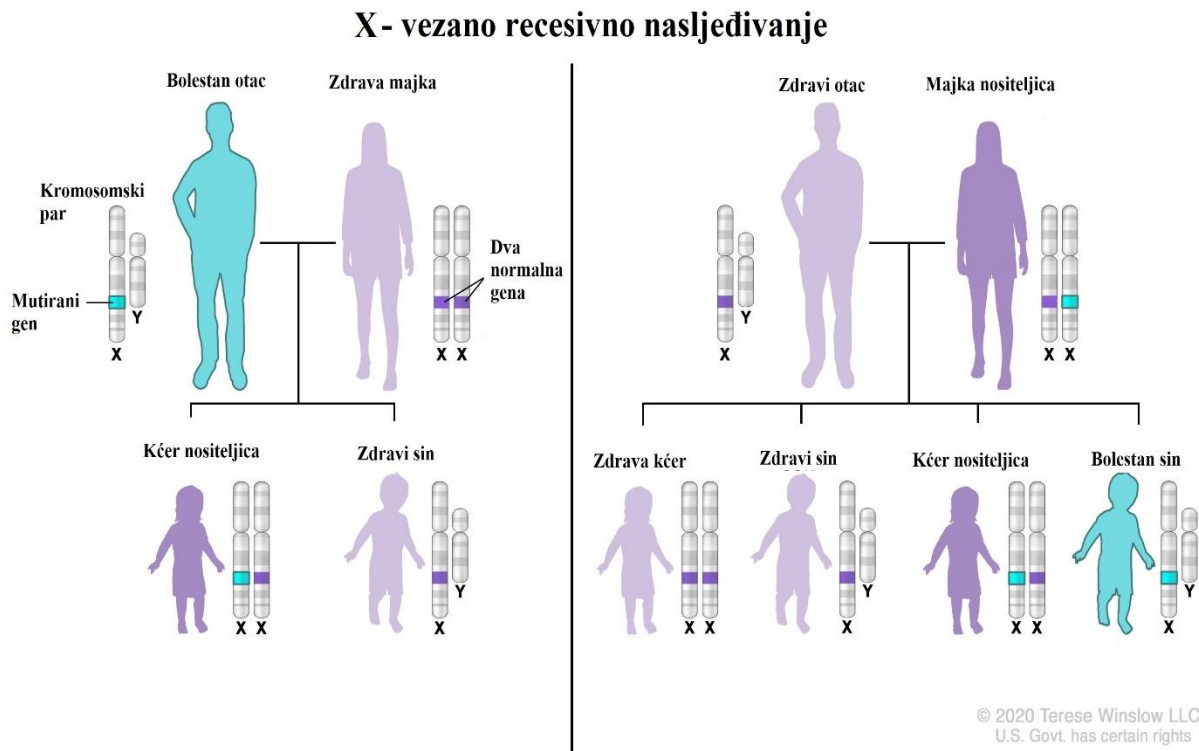
U žena podjela prevalencije prema vrsti diskromatopsije je iduća (9):

- 0,37% žena boluje od anomalne trikromazije. 0,02% je protanomala, a 0,35% deuteranomala.
- 0,03% žena boluje od dikromazije, odnosno anopije. Među njima je 0,02% protanopa i 0,01% deuteranopa.

Anomalne trikromazije najčešće su X-vezano nasljedne, no mogu biti uzrokovane i oštećenjem mrežnice ili vidnog živca. Budući da žene imaju dva X kromosoma dok muškarci imaju X kromosom i Y kromosom, ova anomalija mnogo je češća u muškaraca. Žene moraju imati defekte na oba kromosoma prije nego što iskažu poremećaj kolornog vida. Pošto je gen recesivan, žena koja nije daltonist, ali ima defekt na jednom X-kromosomu nositeljica je ove anomalije. Odnosno, rezultati X-vezanog nasljeđivanja su idući (9):



- Muška djeca majke nositeljice i oca s trihromatskim vidom imaju 50% šanse nasljeđivanja anomalije, a ženska djeca imaju 50% šanse postati nositeljice.
- Muška djeca oca s anomalijom kolornog vida i majkom nositeljicom imaju 50% šanse nasljeđivanja poremećaja, dok će ženska djeca imati poremećaj ili biti nositeljice.
- Muška djeca oca s anomalijom i majke s urednim kolornim vidom neće naslijediti poremećaj, ali sva ženska djeca će biti nositeljice.
- Muška djeca oca s urednim kolornim vidom i majke s anomalijom će naslijediti poremećaj, a sva ženska djeca će biti nositeljice.
- Sva djeca čiji roditelji imaju anomaliju kolornog vida će biti daltonisti.

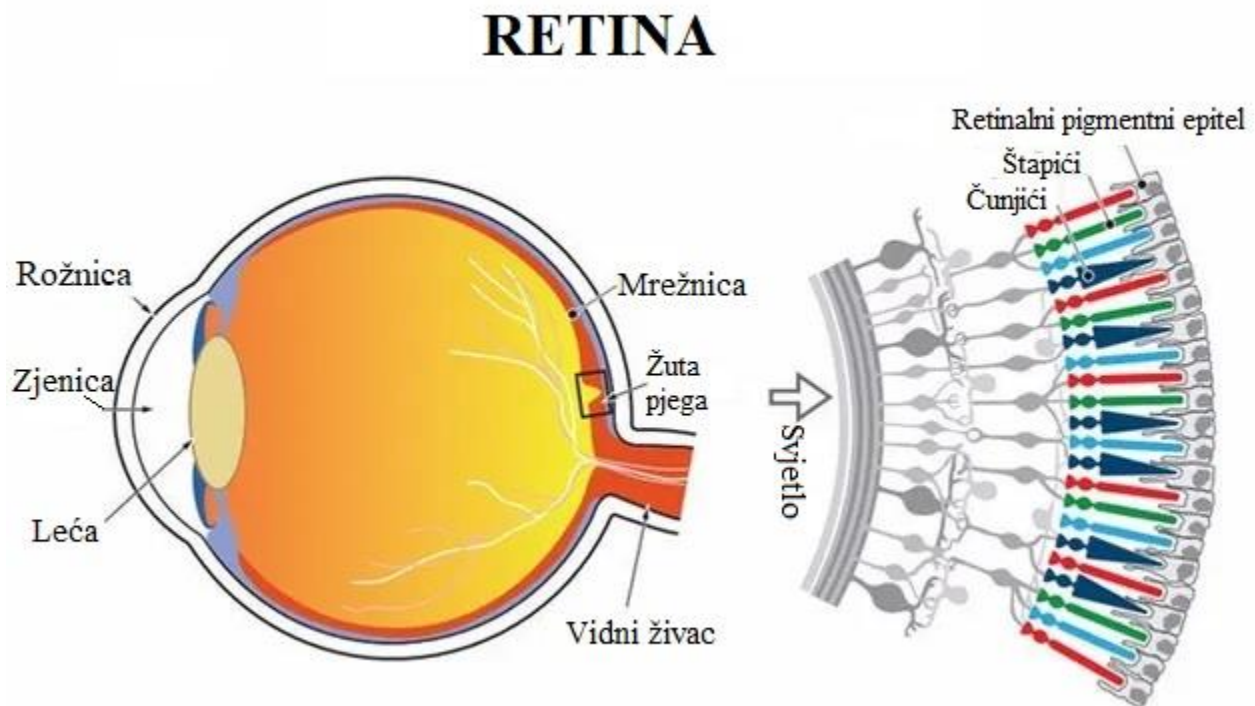


**Slika 1.** X- vezano recesivno nasljeđivanje (Preuzeto s:

<https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/genetics-dictionary/def/x-linked-recessive-inheritance>)

### 1.3. ETIOLOGIJA

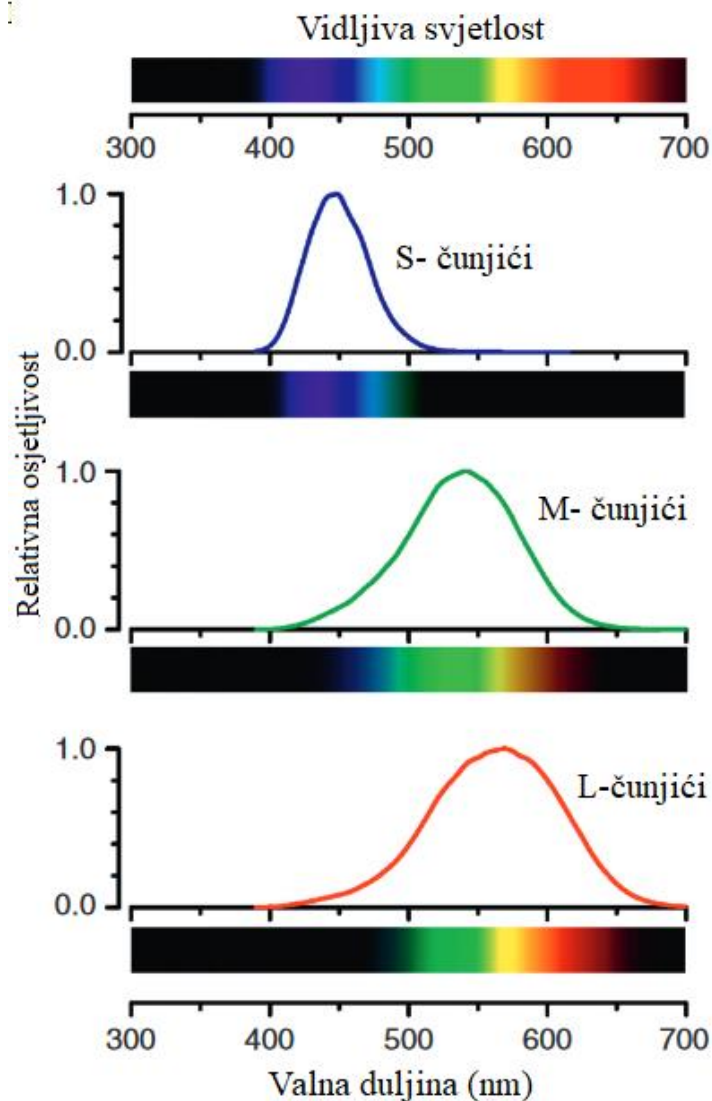
Percepcija boje je višefazni proces, počevši od retinalnih stanica osjetljivih na svjetlost pa sve do vizualnog korteksa. Prva faza, koja nam omogućuje diferencijaciju različitih valnih duljina, sastoji se od neuroepitelnih stanica- štapića i čunjića (10). Mrežnica sadržava otprilike 18 puta više štapića nego čunjića (11). Iako se općenito smatra da su štapići specijalizirani za noćno gledanje, istraživanje Bowmakera i Dartnalla iz 1980. godine pokazalo je da su spektralno podešeni dostižući maksimalnu apsorpciju svjetlosti na 498nm, te prema istraživanju Knighta i Bucka iz 2001. godine, pokazalo se da pri umjerenim razinama svjetlosti, kada su čunjići predominantni fotoreceptor, štapići mogu pridonijeti percepciji boja (10). Čunjići su podijeljeni u tri klase (S, M, i L) i svaka klasa sadržava različite opsine, fotoreceptorske molekule koje imaju različitu maksimalnu apsorpciju svjetlosti: S na 419nm (plavi spektar), M na 531nm (zeleni spektar) i L na 558nm (crveni spektar) (12).



**Slika 2.** Skica građe oka i retine (preuzeto s:

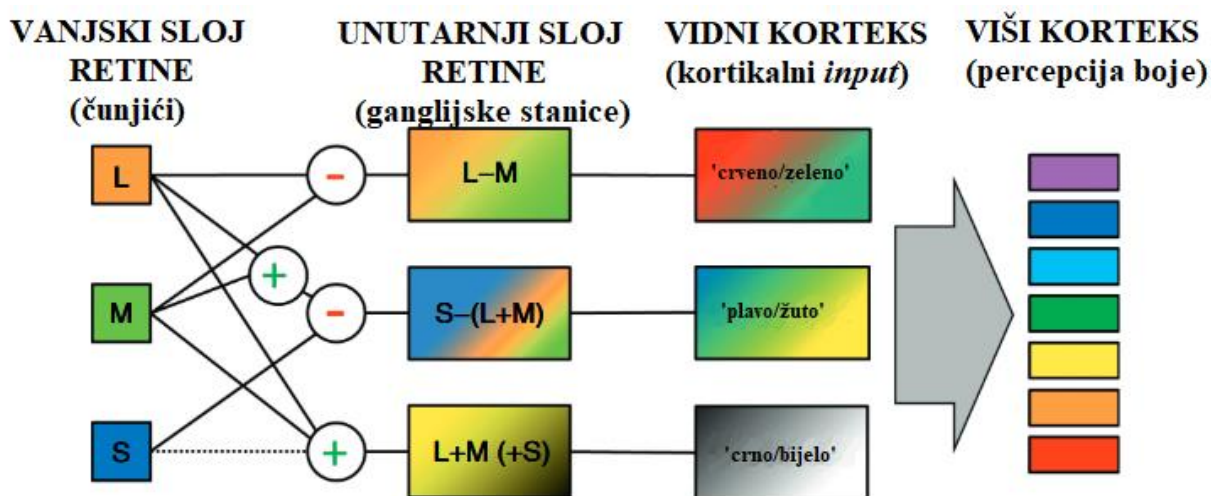
<https://sites.psu.edu/intropsychf19grp9/2019/09/18/color-blindness-deficiency/>)

Drugi preduvjet za funkcionalni kolorni vid je sposobnost usporedbe signala iz S-, M- i L-čunjića. Taj proces se odvija u mrežnici, gdje retinalne ganglijske stanice kombiniraju signale dobivene iz čunjića i stvaraju tri puta prijenosa informacija. Signali iz L- i M-čunjića za crveno-zelenu otonenciju, signali iz sve tri vrste čunjića za žuto-plavu otonenciju i treći dodatni signalni put koji prenosi informacije o kontrastu tj. tamno-svijetlo. Dakle, osnovni mehanizam za dobivanje kolornog vida je stvoren i prije što signal izađe iz retine (10).



**Slika 3.** Klase čunjića i njihova apsorpcija vidljive svjetlosti (preuzeto s: Parry N. Color Vision Deficiencies. Handbook of Color Psychology. Cambridge: Cambridge University Press;2015)

Iduće faze uključuju obradu informacija u lateralnim genikulatnim jezgrama i primarnom vizualnom korteksu. Kortikalna obrada boje je vrlo kompleksna i nedovoljno istražena, a većina informacija kako mozak obrađuje signale za boju proizlaze iz studija s funkcionalnom magnetnom rezonancom iz kojih je opće prihvaćeno da je V4 područje korteksa centar za percepciju boje (10).



**Slika 4.** Shema procesiranja boje od čunjića do viših korteksa (preuzeto s: Parry N. Color Vision Deficiencies. Handbook of Color Psychology. Cambridge: Cambridge University Press;2015)

Poremećaji kolornog vida obično nastaju promjenom fotopigmenta u fotoreceptorima čunjića. Jednostavno rečeno, pojedincima može u potpunosti nedostajati jedna od klasa čunjića ili se spektralna osjetljivost pigmenta može promijeniti. Većina oboljelih osoba s prirođenim poremećajem kolornog vida ima defekt u kodiranju fotoreceptora osjetljivih na duge valne duljine ili srednje valne duljine (odnosno L-čunjića i M-čunjića), što dovodi do onog što se obično naziva crveno-zeleni daltonizam. Rijetko se susrećemo s poremećajem u sustavu kratkih valnih duljina (S-čunjića), no taj je defekt češći u stečenim nego u prirođenim diskromatopsijama (10).

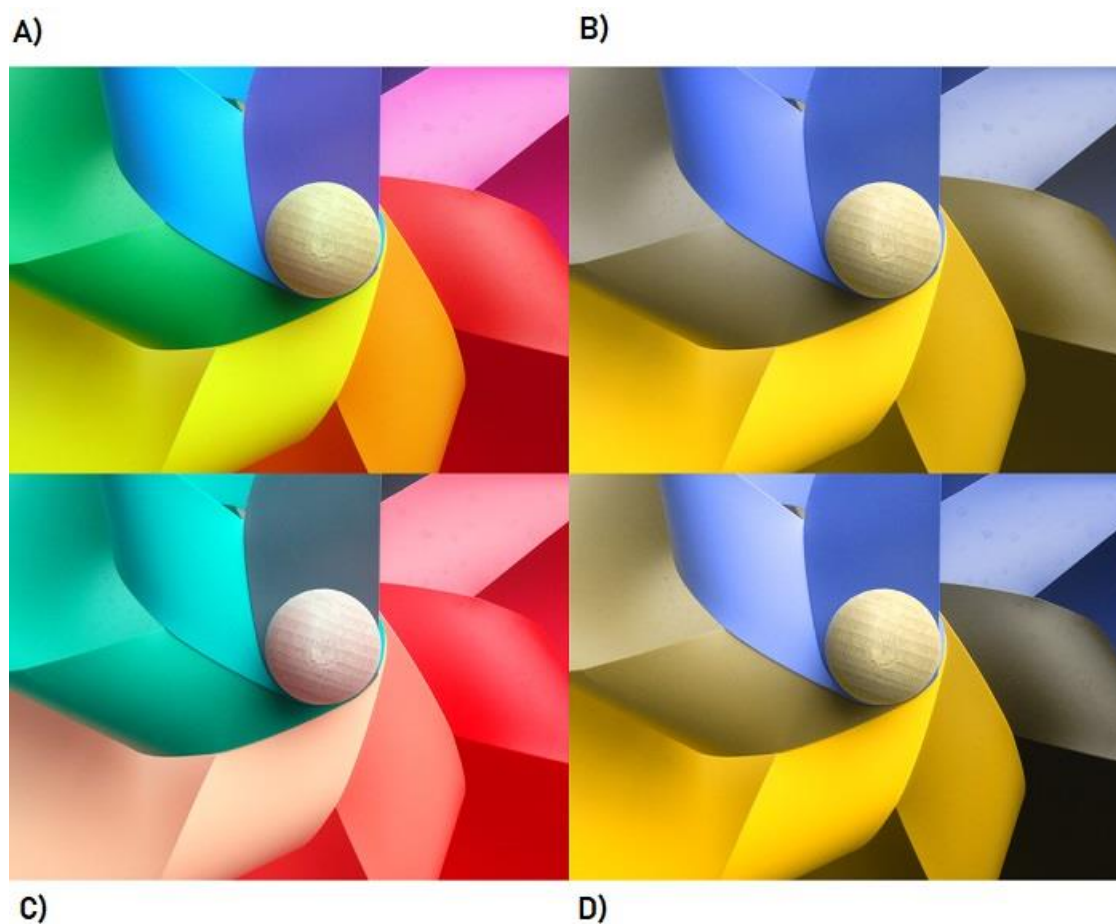
#### 1.4. PODJELA DISKROMATOPSIJA

Poremećaji kolornog vida se najjednostavnije dijele na prirođene (kongenitalne) i stečene. Prirođene su prisutne od rođenja, stabilne su, bilateralno simetrične i smatra se da zahvaćaju cijelo vidno polje (13). Kongenitalne se javljaju kao posljedica poremećaja na razini fotoreceptora ili u prijenosu signala vidnim putem i dijele se prema težini poremećaja i vrsti zahvaćenih čunjića (14).

Nasuprot prirođenim, stečene diskromatopsije mogu imati varijabilan tijek te se mogu pogoršavati ili poboljšavati. One mogu utjecati na samo jedno oko ili pak oba, te se mogu pojaviti asimetrično. Također, mogu utjecati samo na određeni dio vidnog polja (13). Javljaju se kao posljedica bolesti oka ili vidnog puta, a važno je napomenuti da uzročna bolest može biti nasljedna (14).

#### 1.4.1. KONGENITALNE DISKROMATOSIJE

- Anomalna trikromazija: najčešći poremećaj kolornog vida, oslabljena je percepcija za jednu od osnovnih boja vidljivog spektra (11)
- Dikromazija: odnosno anopija je poremećaj u kojem osoba razlikuje samo dvije boje (11)
- Monokromazija: odnosno akromatopsija, najteža je anomalija u kojima pogođene osobe vide svijet u nijansama sive (11)



**Slika 5.** a) Normalna trikromazija, b) Deuteranopija, c) Tritanopija, d) Protanopija (preuzeta s: <https://www.essilorindia.com/vision/eye-problems/colour-blindness>)

#### **1.4.1.1. Anomalna trikromazija**

Anomalna trikromazija je kongenitalni poremećaj kolornog vida u kojem, kao i kod normalnog kolornog vida, postoje tri klase čunjića, ali spektralna osjetljivost anomalnog fotopigmenta razlikuje se od norme. U ovaj poremećaj ubrajamo protanomaliiju, deuteranomaliiju i tritanomaliiju. Kod ove vrste poremećaja, dvije vrste čunjića koje su osjetljive na srednje i duge valne duljine svjetlosti su sličnije u svojim spektralnim osjetljivostima nego što je to slučaj kod normalnih M i L čunjića. Stoga u protanomaliiji, promijenjeni M-čunjić koji je spektralno sličan normalnom M-čunjiću zamjenjuje L-čunjić i kao rezultat osoba ima oslabljen osjet za crvenu boju. Slično tome, u deuteranomaliiji, promijenjeni L-čunjić koji je spektralno sličan normalnom L-čunjiću zamjenjuje M-čunjić te osoba ima smanjenu sposobnost percipiranja zelene boje (15). U slučaju tritanomaliije, osjet za zelenu i crvenu boju je očuvan, dok se primjećuje oslabljen osjet za plavu boju i djelomično žutu boju zbog smanjene osjetljivosti S-čunjića. Anomalni trikromati, bez obzira na razinu poteškoća, mogu imati određenu sposobnost razlikovanja osnovnih boja (11).

#### **1.4.1.2. Dikromazija**

Poznata još pod nazivom anopija, dikromazija je poremećaj u kojem osoba razlikuje samo dvije boje. Razlikujemo tri vrste dikromazije, ovisno koja klasa čunjića gubi svoju funkciju pa ih nazivamo protanopima, deuteranopima i tritanopima. Protanopija podrazumijeva gubitak funkcije L-čunjića i zahvaćene osobe ne vide crvenu boju, deuteranopija označava gubitak funkcije M-čunjića i blokiran osjet za zelenu boju, a u tritanopije nalazi se gubitak funkcije S-čunjića što rezultira plavo-žutom sljepoćom. Protanopija i deuteranopija su X-vezano nasljedne i češće su od tritanopije koja, za razliku od njih, ima defektne gene za S-čunjiće na 7. kromosomu i podjednako zahvaća mušku i žensku populaciju (16). U odnosu na anomalne trikromate, dikromati su od rane životne dobi svjesni svog poremećaja zbog brojnih grešaka pri procjeni boja. Ova vrsta sljepoće za boje značajno utječe na svakodnevni život pošto nisu sposobni obavljati zanimanja u kojima je potrebno dobro raspoznavanje boja kao što su sve vrste prometa te pojedina zanimanja u granama industrije (11).

Česti oblik poremećaja kolornog vida su anomalni za pigmentne boje. U takvoj vrsti poremećaja, pacijenti ne prolaze na pseudoizokromatskim tablicama što odmah sugerira na poremećaj vida za boje, no na anomaloskopu nema devijacija od norme (anomalni kvocijent je

između 0,65 i 1,3) (11). Podtipovi su protan i deutan tip; tip protan je češći i poremećaj je izraženiji u crvenoj boji (8,17). Prema istraživanju prof.dr.sc. Bosiljke Cvetnić, njihova zastupljenost iznosi četvrtinu ukupnog broja kongenitalnih diskromatopsija. Osobama s ovom vrstom anomalije nije dozvoljeno profesionalno sudjelovanje u prometu (11).

#### **1.4.1.3. Monokromazija**

Monokromazija ili akromatopsija je najteža kongenitalna anomalija kolornog vida koja je karakterizirana potpuno odsutnom ili smanjenom funkcijom čunjića. Razlikujemo tipičnu i atipičnu monokromaziju. U tipičnoj postoji potpuno odsutna ili smanjena funkcija čunjića, prate je simptomi u smislu nistagmusa, fotofobije i teške ambliopije i zahvaća 1 na 30 000 osoba. Atipična se javlja pri ispadima u višim nervnim centrima ili putovima vidnog sustava. Razlikujemo dvije forme: blue monocony achromatopsy koju obilježava snižena oštrina vida i nedostatak M- i L-čunjića, te atipična monokromazija s urednom oštrinom vida koja se također pojavljuje u dvije forme- dutanoidni tip (Muller I) i protanoidni tip (Muller II) (11,18).

#### **1.4.2 STEČENE DISKROMATOPSIJE**

Stečene diskromatopsije se javljaju kao rezultat očnih, neuroloških ili sistemskih bolesti. Za razliku od kongenitalnih gdje se nalaze defektni M- i L-čunjići, u stečenima u većini slučajeva se nalazi defektan S-čunjić.

Najčešće korištena klasifikacija je po Varriestu (14):

1. Tip I stečenog poremećaja kolornog vida je nedostatak M-L mehanizma (crveno-zeleni) s pomakom maksimuma spektralne osjetljivosti prema kraćim valnim duljinama. Pojavljuje se kod bolesti mrežnice i makule (11).
2. Tip II stečenog poremećaja kolornog vida je nedostatak M-L mehanizma s relativnim očuvanjem funkcije spektralne osjetljivosti. Posljedica je upalnih, degenerativnih ili neoplazmatskih procesa u očnom živcu ili kod intoksikacija (11).
3. Tip III je stečeni nedostatak S-mehanizma (plavo-žuti) koji može biti praćen pomakom maksimuma spektralne osjetljivosti prema kraćim valnim duljinama. Javlja se kod miopije, u ranom stadiju glaukoma i degeneraciji periferne mrežnice (11).
4. Slabo definirano/nemoguće klasificirati.



## **1.5. DIJAGNOSTIKA DISKROMATOPSIJA**

Dijagnoza diskromatopsija može se postaviti korištenjem četiri dijagnostičke metode: denominacija (imenovanje), komparacija (usporedba), diskriminacija (razlikovanje) i egalizacija (izjednačavanje). Osim toga, postoje tri tipa dijagnostičkih testova koje dijelimo u dvije skupine: testovi pigmentacije i testovi spektralne osjetljivosti (19).

### **1.5.1. DIJAGNOSTIČKE METODE**

- metoda denominacije ili imenovanja
- metoda komparacije ili usporedbe
- metoda diskriminacije ili razlikovanja
- metoda egalizacije ili izjednačavanje

#### **1.5.1.1. Metoda denominacije boja**

U metodi denominacije ispitanici moraju imenovati ponuđenu boju koja im je pokazana pod posebnom lampom s filtrima različitih boja. Ovom metodom je moguće stvoriti uvjete na koje nailazimo u stvarnosti, na primjer smanjena vidljivost. Najčešće se koriste za ispitivanje kolornog vida u vojsci, željeznici, zrakoplovstvu, pomorstvu i u prometovanju na cestama. Nedostatak ove metode je što ne može samostalno dijagnosticirati poremećaj niti težinu poremećaja.

#### **1.5.1.2. Metoda komparacije boja**

Ova metoda ispitivanja kolornog vida koristi Holmgrenove smotuljke vune. Vršiti se tako da liječnik izdvaja jedan snopić specifične boje, a pacijent iz ostatka gomile izdvaja snopiće identične ili slične nijanse. Umjesto smotuljaka mogu se koristiti okrugle pločice ili pion i cilj je da pacijent obojene smotuljke ili pione poreda po najsličnijoj boji prethodnog modela. Ovim modelom može se zaključiti postojanje i vrstu poremećaja kolornog vida.



### **1.5.1.3. Metoda diskriminacije boja**

Metoda diskriminacije boja služi se pseudoizokromatskim tablicama kao što su Ishihara i Stilling tablice. Tablice se sastoje od točaka različitih veličina i boja iste zasićenosti koje su posložene tako da formiraju brojeve, slova ili figure. Osoba s diskromatopsijom će prikazane boje vidjeti kao iste te neće moći razlikovati i imenovati zadani oblik. Tablice su pogodne za brzi screening velikog broja ispitanika (20, 21).

### **1.5.1.4. Metoda egalizacije boja**

Metoda egalizacije boja služi se Nagelovim anomaloskopom koji je smatra najpouzdanijim aparatom za testiranje diskromatopsija crveno-zelene osi. Osim Nagelovog anomaloskopa, mogu se koristiti i aparati nove generacije kao što su Oculus Heidelberg anomaloskop i Tomey all color anomaloskop, a pogodni su i za dijagnosticiranje diskromatopsije plavo-žute boje (19).

## **1.5.2. DIJAGNOSTIČKI TESTOVI**

Dijelimo ih u dvije grupe: testovi s pigmentnim bojama odnosno pigmentni i testovi s obojenim svjetlima takozvani spektralni. U pigmentne testove spadaju pseudoizokromatske tablice i panel testovi, a pod spektralne ubrajamo anomaloskope i lanterne (8,17). Na temelju diferencijalno dijagnostičke mogućnosti dijelimo ih u tri osnovne skupine testova: dihotomni, kvalitativni i kvantitativni dijagnostički testovi.

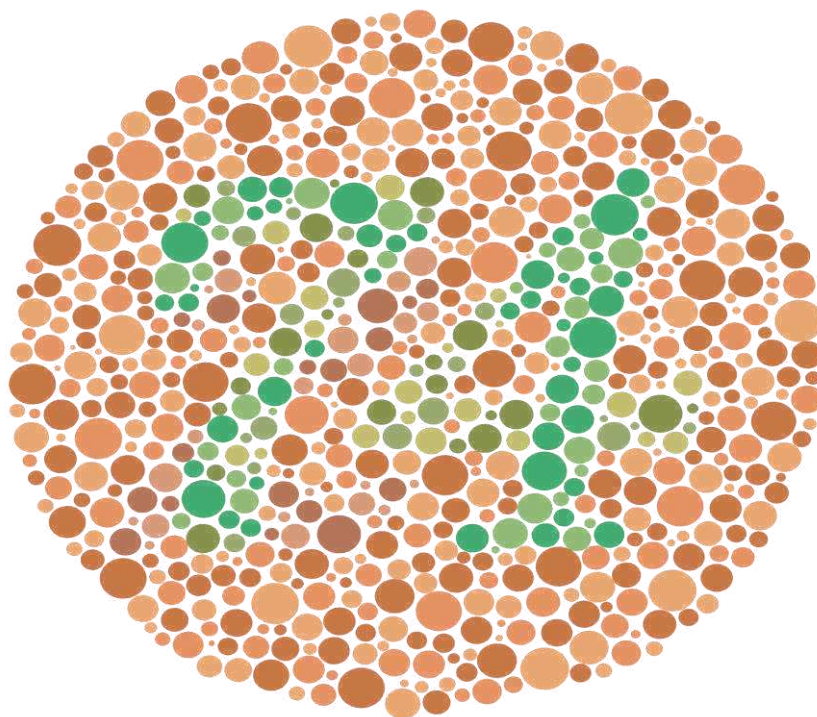
### **1.5.2.1. Dihotomni dijagnostički testovi**

Koriste se za brzi skrining i trijažu normalnih trikromata od diskromata. Pod dihotomne testove spadaju Holmgren Wool test, pseudoizokromatske tablice po Stillingu i New London Navy Lantern test (NTL). Holmgren Wool test se sastoji od 3 klupka standardno obojene vune i 125 različito obojenih smotuljaka i ispitanik treba prvo poredati vunu prema srodnosti boja tri zadana klupka, potom ih sortirati u tri skupine po nijansi tih zadanih boja. Pseudoizokromatske tablice po Stillingu sadržavaju obojene točkice koje oblikuju duplirani broj. Normalni trikromati čitaju jedno, dok osobe s poremećajem kolornog vida drugo. Ispitanik se klasificira u grupu s poremećajem za crveno-zeleni spektar ako pogrešno pročita više od četiri tablice. Postoje i modifikacije ove tablice za otkrivanje plavo-žutog poremećaja, a veoma je bitno osvjetljenje i kut gledanja pri testiranju.

NTL se najviše koristi za ispitivanje ekstremnih crveno-zelenih ispada u mornarici simulirajući otežane uvjete rada odnosno uvjete smanjene vidljivosti.

### 1.5.2.2. Kvalitativni dijagnostički testovi

Jedne od danas najkorištenijih testova su Ishihara pseudoizokromatske tablice koje su dizajnirane za razlikovanje protan i deutan poremećaja. Sastoje se od početne ploče koju mogu pročitati svi ispitanici, zatim je slijede četiri serije ploča manjeg ili većeg broja (8,22). Prvu seriju ploča (drugi do deveti redni broj) točno čitaju normalni trikromati dok će diskromati (protani i deutani) najčešće pogriješiti. Ploče u drugoj seriji (od 10. do 17. rednog broja) mogu se točno pročitati samo od strane osoba s punim kolornim vidom, dok će osobe s protanopijom i deuteranopijom biti zbunjene zbog točkica i podloge na tim pločama. Treća serija se sastoji od 18. do 21. ploče koje diskromati mogu pročitati, a trikromati ne. Ploče u četvrtoj seriji (od 22. do 25. ploče) razlučuju postoji li odstupanje u crvenom ili zelenom spektru. Svaka ploča u ovoj seriji sadrži dva broja koji su različito obojeni (crveno i purpurno) na sivoj podlozi. Protan ne vidi crveno obojanu brojku, a deutan purpurnu.

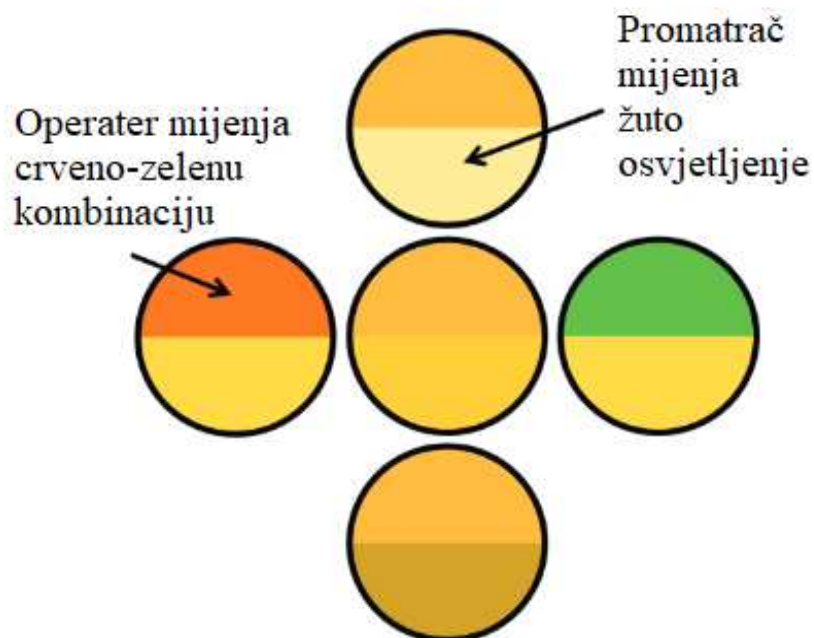


**Slika 6.** Pseudoizokromatska tablica po Ishihari (preuzeto s: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Ishihara\\_plates](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Ishihara_plates))

U ordinacijama medicine rada, za brzu trijažu pacijenata, najčešće se koristi Rodenstock ortoreter R 7 s test pločom broj R 173. Omogućuje pouzdano i brzo diferenciranje većine diskromatopsija, ali nije dovoljan za dijagnosticiranje poremećaja u žuto-plavom spektru. Također, velika prednost je što omogućuje ispitivanje oštine vida, binokularni vid i stereovid. Testiranje se provodi prikazivanjem ploče sa šest kombinacija boja ispitaniku. Pet pozicija polja sadrže različite boje, dok je jedna pozicija polja iste boje kako bi se otkrili ispitanici koji simuliraju. Tijekom testa se ne imenuju boje, nego se daje odgovor „slično“, odnosno „različito“(19).

### **1.5.2.3. Kvantitativni dijagnostički testovi**

Anomaloskopi i paneli su ključni instrumenti kvantitativnih dijagnostičkih testova koji omogućuju donošenje konačne dijagnoze u vezi poremećaja kolornog vida i obavljaju se pod nadzorom specijalista oftalmologije. Od anomaloskopa najčešće primjenjivan je po Nagelu, a postoje dva tipa: tip I za ispitivanje crveno-zelenog spektra i tip II koji je noviji i ima šire mogućnosti dijagnosticiranja. Ova vrsta testa može imati dijagnostičku ulogu na dihotomnoj, kvalitativnoj i kvantitativnoj razini, te spada u kategoriju spektralnih testova. Anomaloskop se sastoji od dva kružna polja, pri čemu se u gornjem polju prezentira kombinacija crvene i zelene svjetlosti, dok se u donjem polju prezentira žuto svjetlo. Ispitanici nastoje uskladiti boju gornjeg polja s bojom donjeg polja, a na temelju rezultata moguće je odrediti vrstu i jačinu poremećaja u crveno-zelenoj osi.



**Slika 7.** Anomaloskop po Nagelu (preuzeto s: Parry N. Color Vision Deficiencies. Handbook of Color Psychology. Cambridge: Cambridge University Press;2015)

Za razliku od Ishihara tablica i anomaloskopa po Nagelu II koji su najpogodniji testovi za otkrivanje prirodnih poremećaja, 40 Hue Lanthony test najpouzdaniji je za otkrivanje stečenih poremećaja kolornog vida. Test obuhvaća četiri grupe po deset pionu: u prvoj grupi su pionu iz crvenog i narančastog spektra, u drugoj iz žutog i žutozelenog, treća obuhvaća zeleni i plavi spektar, a četvrta purpurni spektar. Ispitanik prilikom ovog testiranja rangira piona prema sličnosti boje s prethodnim pionom iz svake grupe. Uvjeti koji se moraju ispuniti pri izvođenju testa su: testiranje se provodi pri danjem svjetlu, nije poželjno piona direktno dodirivati prstima i nužno ih je pohraniti u predviđenim spremnicima (23,24).

## 1.6 ZNAČAJ RANE DETEKCIJE DISKROMATOPSIJA

Detekcija poremećaja kolornog vida od rane dobi iznimno je važna upravo što se time olakšava proces učenja i savladavanje nastavnog gradiva. Prijavljeni su brojni slučajevi poteškoća u igri i učenju kod najranije školske dobi stoga roditelji i učitelji trebaju biti pravovremeno informirani o poremećajima vida za boju kako bi se moglo pomoći djeci u učenju i olakšalo rješavanje problema povezanih s poremećenim kolornim vidom (25). Krajnji cilj rane dijagnostike

diskromatopsija je da se mladima na vrijeme omogući stjecanje potrebnih vještina i znanja, te da ih se usmjeri prema pravilnom odabiru budućeg zanimanja (20,22). Prihvaćeno je da je optimalna dob za testiranje upravo prije početka školske dobi, dok H. C. Thuline ipak preporučuje testiranje u četvrtoj godini života (26).

U odrasloj dobi za mnoga zvanja potreban je uredan vid za boje, te G. Verriest opisuje tri kategorije (27):

- 1. Zanimanja koja zahtijevaju u potpunosti uredan kolorni vid:** restauracija umjetnina, sortiranje voća, zvanja u prometu, bavljenje fotografijom.
- 2. Zanimanja koja zahtijevaju uredan kolorni vid, ali sugestije kolega ili instrumenti pomažu pri obavljanju rada:** elektromehaničari, kemičari, botaničari, veterinari, medicinari i stomatolozi.
- 3. Zanimanja kod kojih uredan kolorni vid nije uvjet, ali je poželjan:** prosvjeta, uređenje okoliša, arhitektura i sl.

## 1.7. LIJEČENJE DISKROMATOPSIJA

Trenutno u svijetu ne postoji određena terapija koja vodi prema izlječenju diskromatopsija. Genski poremećaji se ne mogu izliječiti, no moguće je izliječiti stečene diskromatopsije ovisno o uzroku. Provedeno je nekoliko eksperimentalnih studija na životinjskim modelima za tri najčešća gena kod akromatopsije i pokazalo se kako je genska terapija obećavajući novi terapijski modalitet u poremećajima kolornog vida (28).

Tijekom godina razvili su se alati poput leća i naočala koji bi daltonistima trebale olakšati poremećaj. Istraživanje iz 2018. godine pokazalo je da kontaktne leće obojene bojama mogu djelomično poboljšati percepciju boja u osoba s poremećajem kolornog vida, kao i u osoba koje nemaju taj poremećaj. Međutim, ovo poboljšanje možda neće omogućiti osobama s poremećajem kolornog vida da imaju jednaku percepciju boja kao osobe s normalnim kolornim vidom (29). Kod naočala za daltonizam radi se o posebnim lećama koje blokiraju dio spektra svjetlosti kako bi se smanjilo preklapanje crvenog i zelenog spektra. S manjim preklapanjem, jednostavnija je obrada signala za razlikovanje boja.

## **2. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Cilj rada je ispitati i prikazati razinu zastupljenosti kolornog poremećaja anomala za pigmentne boje u zdravih muškaraca na području Splitsko-dalmatinske županije i na taj način osvijestiti važnost detaljne dijagnostičke obrade ovog poremećaja kako bi se olakšao odabir budućeg zvanja.

Hipoteze istraživanja su:

- Zastupljenost diskromatopsije na području Splitsko-dalmatinske županije je u skladu s europskim standardom.
- Očekuje se veća pojavnost anomalne trikromazije od dikromazije.
- Očekuje se da udio anomala za pigmentne boje iznosi četvrtinu ispitanika oboljelih od poremećaja kolornog vida.

### **3. ISPITANICI I METODE**



### **3.1. ISPITANICI**

Retrospektivna analiza podataka provedena je na temelju baze podataka Klinike za očne bolesti KBC-a Split, ambulante za medicinu rada DZ-a željezničara u Splitu te ambulante opće medicine na otocima i u Dalmatinskoj zagori. U diplomskom radu su djelomično korišteni podatci iz magistarske studije prof. dr. sc. Veljka Rogošića pod naslovom "Učestalost kongenitalnih diskromatopsija u neselektiranoj muškoj populaciji srednje Dalmacije". Istraživanjem je obuhvaćeno 9974 zdrava muškarca starosti od 15 do 45 godina iz Splitsko-dalmatinske županije od 1996. do 2022. godine. Osobni podatci i prava ispitanika se, tijekom i nakon istraživanja, štite sukladno sa Zakonom o zaštiti prava pacijenata (NN169/04, 37/08), Zakonom o provedbi Opće uredbe o zaštiti podataka (NN42/18), odredbama Kodeksa liječničke etike i deontologije (NN55/08, 139/15), te pravilima Helsinške deklaracije WMA 1964-2013. Istraživanje je odobreno od strane Etičkog povjerenstva Kliničkog bolničkog centra Split pod brojem 2181-147/01/06/M.S.-22-02.

### **3.2. METODE**

Ispitanicima je napravljen kompletan oftalmološki pregled: pregled vida na Snellenovom optotipu na udaljenosti od šest metara, biomikroskopija prednjeg očnog segmenta, mjerenje intraokularnog tlaka Goldmannovom aplanacijom i na kraju pregled očnog fundusa oftalmoskopom. Za daljnje testiranje kolornog vida uključeni su ispitanici s kompletno normalnim nalazom da bi se izbjegli poremećaji vida za boje uzrokovani nekom bolešću oka (stečene diskromatopsije) i tako dobili rezultati vezani samo za kongenitalne diskromatopsije. Ispitanicima se kolorni vid provjerio s Ishihara pseudoizokromatskim tablicama, gdje su im pokazane 24 ploče, a za ispitivanje poremećaja u žuto-plavom spektru koristile su se tablice prema Stillingu. Ispitanici koji su pogriješili u čitanju ploča bili su podvrgnuti daljnjem ispitivanju spektralnim kvalitativno-kvantitativnim dijagnostičkim testovima. Vrsta anomalije potvrđena je korištenjem Rodenstockovog ortoretera s test pločom No R173, a za konačno određivanje poremećaja kolornog vida korišteni su anomaloskop po Nagelu II i 40 Hue Lanthony test.

### **3.3. STATISTIKA**

Svi podatci su se unosili i pohranjivali u računalni program Microsoft Excel u kojem su se i izrađivale tablice i slike. Statistički su obrađeni pomoću programa Statistica 6.0 (StatSoftInc, SAD). U obradi podataka korišten je hi-kvadrat test, a rezultati su interpretirani na razini značajnosti  $P < 0,05$ .

## **4. REZULTATI**

Tablica 1. prikazuje raspodjelu poremećaja kolornog vida u 9974 muška ispitanika s područja Splitsko-dalmatinske županije.

**Tablica 1.** Raspodjela poremećaja kolornog vida u ispitivanoj skupini zdravih muškaraca (n=9974).

<b>DISKROMAZIJA</b>	<b>N ISPITANIKA (%)</b>	<b>95% CI</b>
<b>ANOMALNA TRIKROMAZIJA</b>	608 (6,1)	5,6-6,6
<b>DIKROMAZIJA</b>	239 (2,4)	2,1-2,7
<b>MONOKROMAZIJA</b>	0	0
<b>UKUPNO</b>	847 (8,5)	7,9-9,1

Relativne frekvencije su dobivene u odnosu na ukupnu ispitnu skupinu 9974 ispitanika životne dobi 15-45 godina s područja Splitsko-dalmatinske županije.

Ukupan broj ispitanika s poremećajem kolornog vida iznosio je 847. Postavili smo nul hipotezu da nema razlike između pojavnosti anomalne trikromazije i dikromazije, odnosno da je očekivana pojavnost svake od njih u 423,5 ispitanika. Rezultati našeg istraživanja pokazali su da je za 2,5 puta češća pojavnost anomalne trikromazije u odnosu na dikromaziju u skupini ispitanika s poremećajem kolornog vida ( $\chi^2=160$ ;  $P<0.001$ ).

Tablica 2. prikazuje razdiobu ispitanika na podvrste ispitanika u odnosu na anomalnu trikromaziju i dikromaziju.

**Tablica 2.** Udio ispitanika prema podvrstama anomalne trikromazije u odnosu na ukupan broj ispitanika s anomalnom trikromazijom (n=608) i udio ispitanika prema podvrstama dikromazije u odnosu na ukupnan broju ispitanika s dikromazijom (n=239).

<b>Diskromatopsija</b>	<b>Broj ispitanika, N (%)</b>	<b>95% CI</b>
<b>Anomalna trikromazija</b>		
Protanomaliya	127 (21)	17-25
Deuteranomaliya	419 (69)	62-75
Ekstremna protanomaliya	21 (3,4)	2,1-5,3
Ekstremna deuteranomaliya	41 (6,7)	4,8-9,0
Tritanomaliya	0	0,0
<b>Ukupno</b>	<b>608</b>	
<b>Dikromazija</b>		
Protanopija	149 (62)	53-73
Deuteranopija	90 (38)	30-46
Tritanopija	0	0,0
<b>Ukupno</b>	<b>239</b>	

Postavili smo nul hipotezu da nema razlike u pojavnosti broja ispitanika s deuteranomalijom u odnosu na broj ispitanika u ostalim podskupinama zajedno i usporedili dobivene eksperimentalne frekvencije u odnosu na očekivanu frekvenciju od 304 ispitanika  $\chi^2$  testom za jedan uzorak. Rezultati našeg istraživanja pokazali su da je za 12 puta češća pojavnost deuteranomaliye u odnosu na sve druge podskupine anomalne trikromazije ( $\chi^2=87$ ;  $P<0,001$ ).

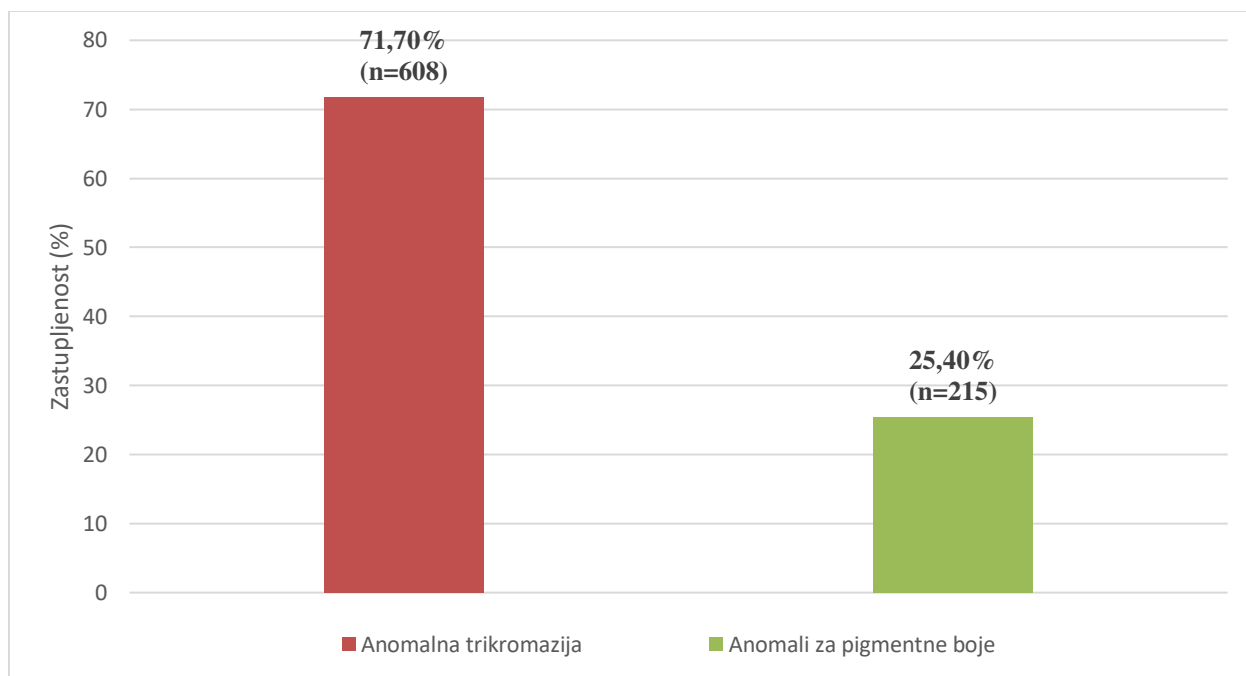
Postavili smo nul hipotezu da nema razlike u pojavnosti podskupina dikromazije, odnosno da je očekivana pojavnost svake od njih u 119,5 ispitanika i usporedili s eksperimentalnim

podacima. Rezultati našeg istraživanja pokazali su da je za 1,6 puta češća pojavnost protanopije u odnosu na deuteranopiju u skupini ispitanika s dikromazijom ( $\chi^2=14,6$ ;  $P<0.001$ ).

Posebno smo u našem istraživanju istakli vrstu anomalije pod nazivom anomalija za pigmentne boje. U tablici 3. prikazani su rezultati našeg istraživanja u vezi s ovom anomalijom.

**Tablica 3.** Udio (95% CI) anomalija za pigmentne boje u odnosu na ispitivanu skupinu zdravih muškaraca (n=9974) i u odnosu na skupinu ispitanika s poremećajima kolornog vida (n=847).

<b>Broj ispitanika s poremećajem pigmentnih anomalija (N)</b>	215	
<b>Udio ispitanika s poremećajem pigmentnih anomalija u skupini od 9974 ispitanika (%)</b>	2,2	95% CI: 1,9-2,5
<b>Udio ispitanika s poremećajem pigmentnih anomalija u skupini od 847 ispitanika (%)</b>	25,4	95% CI: 22-29



**Slika 8.** Udio anomala za pigmentne boje (zeleni stupić) i udio anomalne trikromazije (crveni stupić) u skupini ispitanika s poremećajima kolornog vida (n=847).

Iz dobivenih podataka izračunali smo prosječnu godišnju incidenciju diskromatopsija u muškaraca od 15 do 45 godina života. Ona iznosi 34 (95% CI: 23-49) muškaraca na 100 000 muškaraca odgovarajuće životne dobi. Incidencija anomala za pigmentne boje iznosi 8,8 (95% CI: 3,8-17,4) na 100 000 muškaraca odgovarajuće životne dobi.

## **5. RASPRAVA**



Tijekom godina proveo se veliki broj istraživanja kako bi se utvrdila prevalencija diskromatopsija u različitim populacijama. Pojedinačna istraživanja variraju u preciznosti koja ovisi o broju ispitanika, te u točnosti zbog učinkovitosti metode pretrage. U velikim populacijama prevalencija poremećaja kolornog vida crveno-zelene osi ostaje konstanta iz generacije u generaciju (30). Među različitim populacijama frekvencija poremećaja varira zbog geografskih ili klimatskih razlika, migracije naroda te radi bioloških faktora nasljeđivanja poremećaja. Drugačija prevalencija se može pronaći u manjim skupinama istog etniciteta koje su geografski ili vjerski izolirane (8). Studije rađene u Europi na muškoj bjelačkoj populaciji pokazale su globalnu zastupljenost diskromatopsija u Norveškoj od 8% do 10%, Francuskoj 8,95%, Grčkoj 7,95%, Njemačkoj od 7,75% do 7,80%, Velikoj Britaniji 7,25% i Belgiji 7,1% (30,31,32,33). Zastupljenost kolornih poremećaja u zdravih muškaraca na području Splitsko-dalmatinske županije od 8,5% korelira rezultatima europskih istraživanja. Zanimljivo je kako se prevalencija diskromatopsija unutar Republike Hrvatske razlikuje na određenim geografskim područjima, tako da kontinentalna Hrvatska ima učestalost poremećaja kolornog vida 8,95%, dok već spomenuta mediteranska Hrvatska ima nižu prevalenciju od 8,5% (34). Izvan Europe, zastupljenost kongenitalnih poremećaja kolornog vida je niža. U Aziji istraživanja pokazuju prevalenciju kongenitalnih diskromatopsija u Kini od 4,0% do 6,5%, u Japanu 3,82% do 5,85%, Koreji 4,2% do 5,9%, Tajvanu 5,3% i Singapuru 4,6% (30,35). Ostala istraživanja pokazala su prevalenciju kod Afroamerikanaca 3,71%, Židova 4,0%, a Eskima 1,0% (35).

Razlozi varijacija u prevalenciji su mnogobrojni. Karakteristike proučavane populacije obično se ne uzimaju u obzir, genski bazen je ograničen ako se brakovi sklapaju između osoba sa zajedničkim pretkom ili ako su brakovi ograničeni na susjedne regije sa sličnom učestalošću prevalencije stoga takva istraživanja pružaju sliku situacije samo u određenom trenutku. Također, prevalencija se mijenja ovisno o izboru ispitanika. Ako su istraživanju pristupili samo simptomatski ispitanici, a asimptomatski nisu, tada će prevalencija biti niža. U nekim područjima stigmatizirano je imati poremećaj kolornog vida stoga takvi ispitanici mogu odlučiti ne pristupiti istraživanju i tako tvoriti sliku niže prevalencije na tom području. Osim problema izbora ispitanika, pokazalo se kako službeno nema testa koji će se globalno koristiti, pa se u različitim studijama

koriste i različiti testovi (30). Ostali razlozi mogu biti nedostatna dokumentacija, nedostatak zakonski obaveznog programa probira za diskromatopsije u mnogim državama i krivo imenovanje vrsta poremećaja.

Podatci dobiveni u ovom istraživanju jasno pokazuju kako kongenitalne anomalije kolornog vida zahvaćaju znatan dio populacije, no usprkos tome i dalje su nedostatno shvaćene. Oboljeli od poremećaja kolornog vida se od rane životne dobi suočavaju s mnogobrojnim preprekama, te bi rana dijagnostika i informiranje moglo uvelike pomoći u smišljanju mogućih strategija za suočavanje s tim istim poteškoćama. U predškolskoj dobi, djeca mogu biti suočena s poteškoćama u učenju i socijalnom izoliranju, a osim toga mogu se lako izgubiti ako im se daju upute koristeći obojene znakove. U školskoj dobi stanje je obilježeno slabijim akademskim i sportskim uspjehom pošto pri sudjelovanju u timskom sportu nisu u mogućnosti raspoznati boje dresova. Nadalje, u profesionalnom uspjehu oboljeli su zakinuti za izbor u odnosu na normalne trikromate. Zanimanja poput profesionalnih sudionika u prometu bilo zračnom, morskom ili cestovnom zahtijevaju puni kolorni vid, a takvo prometovanje nije dozvoljeno velikoj većini diskromata (36).

Pravilnom edukacijom osobe s poremećajem kolornog vida mogu izbjeći greške u prepoznavanju boja u većini slučajeva. Zbog toga je važno da oftalmolozi rano informiraju ove osobe o poremećaju još u djetinjstvu te im pruže smjernice o načinima kako kompenzirati svoje nedostatke. U situacijama koje uključuju javnost i profesionalni kontekst, trebalo bi osigurati da sve informacije koje se prenose putem boje budu praćene natpisima ili drugim oblicima dodatne informacije kako bi se olakšalo osobama s poremećajem percepcije boje (37). Budući da nije jasno definirano ispitivanje kolornog vida, prepoznavanje poremećaja vida za boje u medicinskoj ordinaciji rada treba biti pod nadzorom oftalmologa. Oftalmolog će kroz odgovarajuću dijagnostiku utvrditi vrstu i ozbiljnost diskromatopsije. Pogrešno tumačenje pseudoizokromatskih tablica može imati negativne posljedice pri odabiru zanimanja posebno u skupini anomala za pigmentne boje. Anomali za pigmentne boje zauzimaju udio među diskromatopsijama od 25,4% i samo dobra dijagnostika ovog poremećaja može odrediti je li osoba sposobna ili nesposobna za edukaciju u željenom zanimanju (34).

## **6. ZAKLJUČCI**

#### Zaključci istraživanja:

1. Temeljem našeg istraživanja dobili smo da je vjerojatnost poremećaja kolornog vida u rasponu 7,9%-9,1% na razini značajnosti od 95% što je u skladu s europskim standardom od 8%.
2. U ispitanika s diskromatopsijama za 2,5 puta je više ispitanika s anomalnom trikromazijom od dikromazije.
3. Pigmentnih anomala je pronađeno u 215 ispitanika što je u rasponu od 22% do 29% ukupnog broja diskromatopsija.
4. Godišnja incidencija poremećaja kolornog vida iznosila je 34 na 100 000 muškaraca.

## **7. POPIS CITIRANE LITERATURE**

1. Cvetnić B. Razvitak i promjene kolornog vida čovjeka. *Ophthalmologica Croatica* 2000;9:1-10.
2. Peić M, Cvetnić B, Cerovski B. Prijelazni oblici prirođenih diskromatopsija. *Acta Ophthalmol Jugo.*1987;25:13-6.
3. V. Dorn. Ispitivanje osjeta za boje i Osjet boje. U: J. Šikić i sur. *Oftalmologija- udžbenik za studente medicine*. Zagreb: Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, 2003. str 24-25.
4. P. Lanthony. The History of Color Blindness. U: J. Hirshberg. *The History of Ophthalmology- The Monographs Volume 14*. Wayenborgh Publishing 2013. str. 2-19. Dostupno na: <https://libro.eb20.net/Reader/rdr.aspx?b=209554374>.
5. Simunovic MP. Colour vision deficiency. *Eye (Lond)* 2010;24:747–55.
6. Peić M. Rana detekcija prirođenih mana u raspoznavanju boja. *Acta. Ophthalmol. Jugo.* 1987;25:61-4.
7. Naifeh J, Kaufman EJ. Color Vision. [Updated 2022 Oct 31]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470227/>
8. Cvetnić B. Nesklad nalaza raspoznavanja boja na pseudoizokromatskim tablicama i anomaloskopu Nagel II [disertacija]. Zagreb: Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1990.str. 110-38.
9. Causes and incidence of colorblindness [Internet]. Webexhibits. 2013. Pristupljeno: 13.lipnja 2023. Dostupno na: <https://www.webexhibits.org/causesofcolor/2C.html>
10. Parry N. Color Vision Deficiencies. U: In A. Elliot, M. Fairchild, & A. Franklin (Eds.), *Handbook of Color Psychology (Cambridge Handbooks in Psychology)*. Cambridge: Cambridge University Press. 2015. str. 216-42.
11. Rogošić V, Bojić L, Ivanišević M, Lakoš V, Lešin M, Žuljan I i sur. Defective colour vision. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2003;54:141-4.

12. Bowmaker JK, Dartnall HJ, Mollon JD: Microspectrophotometric demonstration of four classes of photoreceptor in an old world primate, *Macaca fascicularis*. *J Physiol* 1980;298:131-43.
13. Hart WM, Jr. Acquired dyschromatopsias. *Surv Ophthalmol.* 1987;32:10-3.
14. Simunovic MP: Acquired color vision deficiency. *Survey of Ophthalmology.* 2016;66:132-55.
15. Boehm AE, Bosten J, MacLeod DIA. Color discrimination in anomalous trichromacy: experiment and theory. *Vision Research.* 2021;188:85-95.
16. Hofer H, Carroll J, Williams DR. Photoreceptor Mosaic. *Encyclopedia of Neuroscience.* Academic Press, 2009;661-8.
17. Cvetinić B. Raspoznavanje boja. *Željeznica u teoriji i praksi.* 1999;25:67-9.
18. Carroll J, Tait DM. Color blindness: inherited. *Encyclopedia of the eye,* 2010. str. 318-25.
19. Rogošić V, Ivanišević M, Bojić L, Karaman K, Lakoš V, Cvetinić B i sur. Detection of defective colour vision, diagnosis methods and diagnosis tests. *Paediatr Croat.* 2004;48:93-6.
20. Staničić V. Oštećenja vida- biopsihosocijalni aspekti. Prvo izdanje. Školska knjiga, Zagreb 1991. str. 49-71, 153-200.
21. Burns DM, Mac Donald SGG. Fizika za biologe i medicinare. Drugo izdanje. Školska knjiga, Zagreb 1980. 253-263, 315-21.
22. Čupak K. i sur. Oftalmologija. Četvrto izdanje. Nakladni zavod Globus, Zagreb 1994. str. 178-82.
23. Pau H. Differential diagnosis of eye diseases. 2. izdanje. Thieme; 1988. str. 9-13.
24. Peić M. Doprinos testiranju prirođenih anomalnih trikromazija s posebnim osvrtom na veličinu anomalnog kvocijenta i fenomen obojenog simultanog kontrasta [disertacija]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu; 1976. str. 27-36.
25. Rogošić V, Bojić L, Ivanišević M, Karaman K, Kovačić Ž, Bučan K i sur. Specific problems of colour vision in childrens and teenagers. *Paediatr Croat.* 2004;48:89-91.

26. Thuline HC. Colour blindness in children. *Clin. Pediat.* 1972;11:48-56.
27. Verriest G, Hermans G. *Vue et profession.* Editions Sci. et Physiologiques- EAP, Issy les Moulineaux- France; 1981.
28. El Moussawi, Z., Boueiri, M., & Al-Haddad, C. (2021). Gene therapy in color vision deficiency: a review. *Int Ophthalmol*, 2021;41(5):1917–27.
29. Badawy AR, Hassan MU, Elsherif M, Ahmed Z, Yetisen AK, Butt H. Contact Lenses for Color Blindness. *Adv Healthc Mater.* 2018;7(12):1800152.
30. Birch J. Worldwide prevalence of red-green color deficiency. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis.* 2012 Mar 1;29(3):313-20.
31. Fletcher R, Voke J. *Defective colour vision- fundamentals, diagnosis and menagement.* 1.izd. Bristol and Boston: Adam Hilger;1985. str. 187-95.
32. Fletcher R. Investigating juvenile Daltonisam. *The Optican* 1979;177:9-14.
33. Francois J, Verriest G, Rouck A. L'achromatopsie congenitale. *Doc.Ophthalmol.* 1975;9:388-424.
34. Rogošić V, Bojić L, Karaman K, Vanjaka-Rogošić L, Titlić M, Pleština-Borjan I i sur. Comparative follow-up study of unselected male population with congenital defective colour vision from inland and mediterranean areas of Croatia. *Acta Med Croatica*, 2011;65:19-24.
35. Peić M. Istraživanja učestalosti prirođenih diskromatopsija kod muškaraca. *Med.vijesnik* 1977;1-4:85-90.
36. Chan XB, Goh SMS, Tan NC. Subjects with colour vision deficiency in the community: what do primary care physicians need to know?. *Asia Pac Fam Med* 13. 2014;10.
37. Ichikawa K, Tanabe S. Congenital color vision deficiencies as a social problem. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi.* 1995;99(2):123-8.



## **8. SAŽETAK**

**CILJ ISTRAŽIVANJA:** Istražiti i prikazati stupanj prevalencije kolornog poremećaja anomalna za pigmentne boje u zdravih muškaraca na području Splitsko-dalmatinske županije i na taj način osvijestiti važnost detaljne dijagnostičke obrade ovog poremećaja kako bi se olakšao odabir budućeg zvanja.

**ISPITANICI I METODE:** Istraživanja su provedena u Klinici za očne bolesti KBC-a Split, ambulanti za medicinu rada DZ-a željezničara u Splitu te ambulantama opće medicine na otocima i u Dalmatinskoj zagori. Podatci su skupljani retrospektivno i istraživanje je obuhvatilo period od 1996. do 2022. godine. U istraživanje je uključeno 9974 muškarca starosti od 15 do 45 godina. Svim ispitanicima je napravljena sveobuhvatna evaluacija vida i za daljne ispitivanje kolornog vida uključeni su ispitanici s kompletno normalnim nalazom oftalmološkog pregleda. Provjera kolornog vida se vršila s Ishihara i Stilling tablicama, a u slučaju pogrešnog čitanja tablica, ispitanici su upućeni na dodatne testove poput ortoretara Rodenstock s pločom No R 173, anomaloskopa Nagel II te, ako je potrebno, Hue-Lanthony 40 test.

**REZULTATI:** Od 9974 ispitivana muškarca, u 847 (8,5%) ispitanika pronađen je poremećaj kolornog vida (95% CI: 7,9-9,1). U 608 (6,1%, 95% CI: 5,6-6,6) ispitanika pronađena je anomalna trikromazija, u 239 (2,4%, 95% CI: 2,1-2,7) dikromazija, a monokromazija nije bila dokazana. Pojavnost anomalne trikromazije bila je 2,5 puta veća od pojavnosti dikromazije ( $\chi^2=160$ ;  $P<0,001$ ). Udjeli podtipova anomalne trikromazije iznosili su: u 127 ispitanika je dijagnosticirana protanomalija (21%, 95% CI: 17-25), u 419 ispitanika deuteranomalija (69%, 95% CI: 62-75), u 21 ispitanika ekstremna protanomalija (3,4%, 95%CI: 2,1-5,3), a u 41 ispitanika ekstremna deuteranomalija (6,7%, 95% CI: 4,8-9,0). Tritanomalija u ovom istraživanju nije bila dijagnosticirana. Pojavnost deuteranomalije bila je 12 puta češća od pojavnosti protanomalije ( $\chi^2=87$ ;  $P<0,001$ ). Udjeli podtipova dikromazije iznosili su: U 149 ispitanika je dijagnosticirana protanopija (62%, 95% CI: 53-73), a u 90 ispitanika je dijagnosticirana deuteranopija (38%, 95% CI: 30-46). Tritanopija u ovom istraživanju nije bila dijagnosticirana. Pojavnost protanopije bila je 1,6 puta češća od pojavnosti deuteranopije ( $\chi^2=14,6$ ;  $P<0,001$ ). Broj ispitanika kojima je ustanovljen poremećaj pigmentnih anomalna u odnosu na broj ispitanika iznosio je 215 (2,2%, 95% CI: 1,9-2,5). U odnosu na broj oboljelih muškaraca od poremećaja kolornog vida, anomalni za

pigmentne boje iznose 25,4% (95% CI: 22-29). Incidencija diskromatopsija bila je 34 na 100 000 muškaraca godišnje (95% CI: 23-49), a incidencija anomalija za pigmentne boje iznosila je 8,8 na 100 000 muškaraca godišnje (95% CI: 3,8-17,4).

**ZAKLJUČAK:** Ovo istraživanje pokazalo je da se kolorni poremećaj anomalija za pigmentne boje javlja u rasponu od 22% do 29% u odnosu na ukupan broj diskromatopsija u muškaraca na području Splitsko-dalmatinske županije u promatranom razdoblju od 26 godina. Godišnja incidencija tog poremećaja iznosila je 8,8 na 100 000 muškaraca odgovarajuće životne dobi.

## **9. SUMMARY**

**DIPLOMA THESIS TITLE:** Pigment anomalies among healthy men in Split-Dalmatia County.

**RESEARCH OBJECTIVE:** To examine the prevalence of pigment anomalies color vision disorders in the Split-Dalmatia County area and promote understanding about the importance of detailed diagnostic assessment of these disorders to facilitate career choices.

**PARTICIPANTS AND METHODS:** The study was conducted at the Clinic for Eye Diseases of the University Hospital Center Split, the Occupational Medicine Clinic of the Railway Workers Health Center in Split, along with general medicine office on the islands and in the Dalmatian Hinterland. Data were collected retrospectively, covering the period from 1996 to 2022. A total of 9,974 males aged 15 to 45 years were included in the study. All participants underwent a comprehensive ophthalmological examination, and only those with normal ophthalmological findings were selected for further color vision testing. Color vision assessment was performed using Ishihara and Stilling plates, and in case of incorrect readings, participants were referred for additional tests such as the Rodenstock orthoretar with Plate No R 173, Nagel II anomaloscope, also if required, the Hue-Lanthony 40 test.

**RESULTS:** Out of 9,974 examined men, a color vision disorder was found in 847 participants (8.5%, 95% CI: 7.9-9.1). Among them, 608 participants (6.1%, 95% CI: 5.6-6.6) had anomalous trichromacy, 239 participants (2.4%, 95% CI: 2.1-2.7) had dichromacy, and no cases of monochromacy were detected. The prevalence of anomalous trichromacy was 2.5 times higher than the prevalence of dichromacy ( $\chi^2=160$ ;  $P<0.001$ ). The subtypes of anomalous trichromacy were distributed as follows: protanomaly was diagnosed in 127 participants (21%, 95% CI: 17-25), deuteranomaly in 419 participants (69%, 95% CI: 62-75), extreme protanomaly in 21 participants (3.4%, 95% CI: 2.1-5.3), and extreme deuteranomaly in 41 participants (6.7%, 95% CI: 4.8-9.0). Tritanomaly was not diagnosed in this study. The prevalence of deuteranomaly was 12 times higher than the prevalence of protanomaly ( $\chi^2=87$ ;  $P<0.001$ ). Regarding dichromacy subtypes, protanopia was diagnosed in 149 participants (62%, 95% CI: 53-73), and deuteranopia in 90 participants (38%, 95% CI: 30-46). Tritanopia was not diagnosed in this study. The prevalence of protanopia was 1.6 times higher than the prevalence of deuteranopia ( $\chi^2=14.6$ ;

P<0.001). The number of participants with pigment anomalies compared to the total number of participants was 215 (2.2%, 95% CI: 1.9-2.5). In relation to the total number of men with color vision disorders, pigment anomalies accounted for 25.4% (95% CI: 22-29). The incidence of dyschromatopsia was 34 per 100,000 men per year (95% CI: 23-49), and the incidence of pigment anomalies was 8.8 per 100,000 men per year (95% CI: 3.8-17.4).

**CONCLUSION:** This study revealed that color vision disorder, specifically pigment anomalies, occurs in the range of 22% to 29% concerning the total number of dyschromatopsia cases in men during observed time period of 26 years in the Split-Dalmatia County. The annual incidence of this disorder was 8.8 per 100,000 men in the corresponding age group.

## **10. ŽIVOTOPIS**

## **OSOBNI PODATCI**

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

## **OBRAZOVANJE**

2003.-2005. Osnovna škola „Meje“, Split

2005.-2011. Osnovna škola „Mertojak“, Split

2007.-2009. Škola stranih jezika „Centar Znanja“

2011.-2015. III. gimnazija, Split

2015.-2023. Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu, studij medicina

## **ZNANJA I VJEŠTINE**

Vozačka dozvola B kategorije

Aktivno služenje engleskim jezikom

Poznavanje talijanskog i španjolskog jezika

## **AKTIVNOSTI**

2017.-2019. Demonstratorica na Katedri za medicinsku kemiju i biokemiju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Splitu