

## Fargede filtre gir ikke rød-grønne fargesvake normal fargebedømmelse

Elise W. Dees\* og Rigmor C. Baraas

Høgskolen i Buskerud, Avdeling for optometri og synsvitenskap,  
Frogs vei 41, 3611 Kongsberg, Norge.

Mottatt 13. desember 2010, akseptert 23. november 2011

Nøkkelord: Fargesyn, fargesynssvakheter, fargede filtre, ChromaGen, fargesynstester

\*Korrespondanse: elised@hibu.no

### Sammendrag

Fargede filtre har i over 200 år blitt utprøvd for å bedre fargediskriminering hos rød-grønne fargesvake. Fargesvake som får kjennskap til slike filtre, kan få urealistiske forventninger til effekten disse kan ha på fargesynet. I denne kasuistikken belyses dette ved å studere tre fargesvake menn som har fått tilpasset fargede filtre. Alle tre ønsker å utdanne seg innenfor fagområder hvor det kreves normalt trikromatisk fargesyn: henholdsvis skipsfører, overstyrmann og flytekniker. For å se hvordan fargede filtre påvirker de fargesvakes resultater på fargesynstester, ble ChromaGen-filtre tilpasset og utprøvd, og kasusene ble testet med en rekke fargesynstester. Alle tre kasusene ble klassifisert til å ha deutansvakheter. Resultatene fra testing og utprøving av filtre blir diskutert i forhold til funksjonsforbedring og bruk, samt i forhold til etiske problemstillinger.

### Bakgrunn

Fargesyn er evnen til å diskriminere lysets bølgelengder. Tre typer med ulike pigmenter i retina har maks følsomhet for lys ved ulike bølgelengder, henholdsvis ~420, ~530 og ~560 nm (Merbs & Nathans, 1992; M. Neitz & Neitz, 2000; Schnapf, Kraft, & Baylor, 1987). I dagligtalen omtales tappene ofte som blåe, grønne og røde, men i engelskspråklig akademisk litteratur benyttes betegnelsene short- (S-tapp), medium- (M-tapp) og long- (L-tapp) wavelength sensitive. Dersom de tre tappepigmentene er til stede på øyets netthinne, foreligger det normalt trikromatisk syn. Trikromatisk fargesyn foreligger ikke hos alle personer; noen er fargesynssvake og noen også helt fargeblinde.

Genene som koder M- og L-tappene ligger på X-kromosomet (Nathans, Thomas, & Hogness, 1986), og en endring av genkoden for M- eller L-pigmentet forårsaker en endring i tappenes spektrale følsomhet. I noen tilfeller mangler det en genkode som koder for ett av pigmentene (Nathans, Piantanida, Eddy, Shows & Hogness, 1986), og personen får en rød-grønn fargesynssvakheter. Rød-grønne fargesynssvakheter har høy prevalens i befolkningen, hvor anomal trikromasi har en forekomst blant menn på ca 6% og dikromasi ca 2% (for en oversikt, se Sharpe, Stockman, Jägle & Nathans, 1999; se også Baraas, 2008). Anormale trikromater har, som normale trikromater, tre typer tapper, men den ene inneholder et fotopigment med endret spektral følsomhet. Dikromater har kun to av de tre typene tappepigmenter (Nathans, Piantanida et al., 1986). Rød-grønne fargesynssvakheter deles videre inn i protan- og deutansvakheter. Protanomale trikromater mangler L-pigmentet fullstendig og har to M- (eller M-like) pigment, som normalt differensieres ved et lite skift i maksimal spektral følsomhet, i tillegg til tapper med S-pigmentet. Hos deutanomale trikromater foreligger det tapper med to typer L-pigment i tillegg til S-pigmentet. Dikromate svakheter er de alvorligste av de vanligste arvede rød-grønne fargesynssvak-

hetene. Dikromate personer mangler genene som koder for et av pigmentene, og har enten S- og M-pigment (protanop), S- og L-pigment (deutanop) eller M- og L-pigment (tritanop) (for en oversikt, se M. Neitz & Neitz, 2000). I motsetning til protanomali og deutanomali, forekommer ikke tritanomali (anormal trikromasi). Mutasjoner på genet for S-pigmentet, som ligger på kromosom 7, forårsaker en tappedystrofi, tritanopia, som i noen tilfeller kan være progredierende (Baraas et al., 2007).

### Introduksjonen av fargede filtre

Bruken av fargede filtre for å bedre fargediskriminering hos en person med en rød-grønn fargesynssvakheter ble først utprøvd på begynnelsen av 1800-tallet (for en oversikt, se Birch, 2001). I 1971 ble en rød kontaktlinse, X-Chrom, patentert av Zeltzer (1971). Det rapporteres at filteret i X-Chrom-linsen skal gjøre korte bølgelengder mindre intense enn lengre bølgelengder. Zeltzer rapporterte også at bruk av X-Chrom-linsen medførte at personer med rød-grønne fargesynssvakheter hadde bedre fargenavngivings- og fargediskrimineringsevne, men samtidig en reduksjon i visus og stereosyn. X-Chrom-linsen forbedret også testresultatene på pseudoisokromatiske screeningstester, dette på grunn av en endring i den relative luminansen av figurene og bakgrunnen. Dette kan også normale trikromater observere når de ser på platene gjennom et rødt filter (Lerner, 1998). Fargede filtre endrer ikke fargene personen ser, men kan endre luminanskontrasten. Ved å se på fargene rødt og grønt gjennom et rødt filter, vil en fargesvak som tidligere har sett disse fargene som like, nå kunne skille dem ved hjelp av luminanskontrast: det røde filteret gjør det grønne feltet mørkere i fargen (Birch, 2001). Det har blitt rapportert at bruk av X-Chrom-linsen kan føre til at bildet fra øyet med filteret foran blir forsinket i forhold til bildet fra øyet uten filter. Dette er kjent som Pulfrich-effekten, og fører til dårligere stereosyn og dybdeoppfattelse (Carney, Paradiso, & Freeman, 1989; Lerner, 1998), noe som er relatert til det faktum at ethvert farget filter vil redusere mengden lys transmittert til øyet. Det er så vidt forfatterne vet ikke publisert noen artikler som beskriver og beviser om fargede filtre gir fargesvake noen gevinst i hverdagslige situasjoner utover tradisjonell fargesynstesting (se også Welsh, Vaughan, & Rasmussen, 1979).

### ChromaGen

ChromaGen er en serie med fargede filtre til bruk i briller og som kontaktlinser. I produktinformasjonen står det at filterene i utgangspunktet er utviklet for å forbedre fargediskriminering hos personer med rød-grønne fargesynssvakheter, samt for å forbedre leseferdigheter hos de med lese- og skrivevansker. I denne kasuistikken er det kun bruk i forbindelse med forbedring av fargediskriminering som drøftes. I følge produsenten skal ChromaGen-filtre gjøre det enklere for en rød-grønn fargesvak å diskriminere farger, samt at han/hun vil se flere farger (Harris, 1998). ChromaGen-filtre påstås å fungere ved at de forskyver den spektrale følsomheten i personens ene øye. Personen vil da med det ene øyet se fargene slik han/hun alltid har sett dem, mens øyet med ChromaGen-filteret får endret spektral følsomhet (Harris, 1998; Hodd, 1998, 2000). Det påstås at prestasjonene på noen fargesynstester skal kunne forbedres med dette filteret.

Da det er en rekke fargede filtre som er tilgjengelig, vil fargevalget kunne individualiseres og optimaliseres for hver person som får tilpasset ChromaGen-filtre. I populæroptometrisk litteratur er det rapportert om et stort antall personer med ChromaGen-kontaktlinse som får forbedret fargeoppfattelse, henholdsvis 97% (Harris, 1997) og 67% (Hodd, 1998), hvilket vises hovedsakelig ved lavere feilscore på Ishihara. Swarbrick og kollegaer (2001) benyttet ChromaGen-kontaktlinser sammen med fargesynstestene Ishihara, Farnsworth Lanternetest samt Farnsworth Munsell D-15-test, og rapporterte en bedring i testresultatene kun på Ishihara. De rapporterte også at evnen til å diskriminere og navnsette farger ikke ble bedret med ChromaGen-kontaktlinser dersom det ikke var andre ledetråder til stede (mulighet til å endre luminans etc.), og frarådet derfor bruk av fargede linser og filtre i forbindelse med yrker som stiller krav til fargesyn (Swarbrick et al., 2001).

### Yrkene i kasuistikken

#### Skipsfører og overstyrmann

En skipsfører er en del av skipsledelsen og er den administrative leder om bord på et skip. En overstyrmann er også en del av skipsledelsen og har ansvaret for dekkdepartementet. I tillegg har han/hun ofte ansvar for vedlikeholdsarbeid på dekk, samt lasting og lossing av skipet. Både skipsfører og overstyrmann har primærfunksjon som brovakt/navigatør hvor det stilles krav til fargesynet ved at de blant annet skal bedømme fargede lys og signaler på ulike skjermene og fra lanterner/lykter. Ved opptak til bachelorstudiet i nautikk (skipsfører- og overstyrmannstudiet) stilles det ingen krav til fargesyn. Derimot skal kandidatene innen fire år fra studiestart ta skipsførersertifikat klasse 3, hvor det stilles krav til fargesyn ved at kandidaten må bestå testen Ishihara ("Forskrift om helseundersøkelse på skip", 2001; "Forskrift om kvalifikasjonskrav på norske skip", 2003). Dersom kandidaten ikke består denne testen, gis det mulighet til å gjennomføre en lanternetest. Bestås en lanternetest kan kandidaten søke om fritak fra kravet om bestått Ishihara-test. Det er ikke tillatt å benytte kontaktlinser eller briller som forbedrer kandidatens fargesyn, for å kunne passere Ishihara eller lanternetesten ("Forskrift om helseundersøkelse på skip", 2001).

#### Flytekniker

En flytekniker (avioniker) utfører arbeid på det elektriske anlegget og styringssystemene i fly. Heller ikke ved opptak til avionikerutdanningen stilles det krav til fargesyn. I Læreplan for videregående opplæring Studieretning for elektrofag og Studieretningsfag i videregående kurs II avionikk (Kunnskapsdepartementet, 2000) står det dog at yrkesutøvere i flybransjen må ha normalt fargesyn. Samtidig stiller ikke lovverket krav til fargesyn ved utøvelse av yrket som avioniker. Imidlertid kan det være slik at potensielle arbeidsgivere er tilbakeholdne med å ansette fargesvake, og derfor i praksis har interne krav til fargesyn.

#### Kasuistikk

Dette er en retrospektiv gjennomgang av tre sammenlignbare kasuser testet over de siste seks årene. Det har vært innhentet informert samtykke fra alle tre kasusene.

##### Kasus 1

En fargesvak, 29 år gammel, kaukasisk mann ønsker å bli skipsfører. Han var ti år gammel da fargesynet hans ble testet for før-

ste gang av helsesøster, og han fikk vite at han var rød-grønn fargesvak. Morfar og bror er også rød-grønn fargesvake. Kasus 1 er interessant i å prøve fargede filtre for å se hvilken endring og eventuell forbedring av fargesynet hans de kan gi.

##### Kasus 2

En fargesvak, 22 år gammel, kaukasisk mann ønsker å utdanne seg som overstyrmann på skip. Som 15-åring oppsøkte Kasus 2 en øyelege da han hadde problemer med å skille noen farger fra hverandre. Øyelegen stadfestet da at kasusen hadde en rød-grønn fargesynssvakhet. Ettersom han har en rød-grønn fargesynssvakhet, ønsker han å få tilpasset et farget filter som eventuelt kan forbedre fargesynet hans.

##### Kasus 3

En fargesvak, 19 år gammel, kaukasisk mann skal søke om praksisplass etter endt utdanning som avioniker. På grunn av hans rød-grønne fargesynssvakhet har det vært vanskelig for ham å få praksisplass. Dette skyldes at mange er skeptiske til å ansette en fargesvak, til tross for at det ikke stilles krav til fargesyn for å bli avioniker. Han vurderer å videreutdanne seg til flytekniker og er derfor interessert i finne ut av alvorlighetsgraden av fargesynssvakheten, samt om filter kan være til hjelp.

Som barn hadde Kasus 3 problemer med å skille farger fra hverandre når han tegnet, men det var først da han begynte på videregående skole innen elektronikk og avioteknikk at han oppdaget at det faktisk var et problem, siden han ikke så forskjell på fargene på de ulike ledningene. Fargesynet hans ble testet med Ishihara, og dette avdekket at han var rød-grønn fargesvak. Til tross for dette fikk han ingen videre anbefalinger eller råd i forhold til sin fargesynssvakhet, videre utdanning og karrierevalg. Hans morfar er også fargesvak.

#### Prosedyrer

##### Undersøkelser før utprøving av filter

Etter en full synsundersøkelse inkludert undersøkelse av netthinnen og forundersøkelse for kontaktlinsetilpassning, ble følgende fargesynstester utført: Ishihara 24-platersutgaven; Richmond Products Hardy-Rand-Rittler fjerde utgave 2002 (HRR 2002); Farnsworth-Munsell 100-Hue test (FM100-Hue); Farnsworth D15 (D15, magnet-utgaven); Lanthony desaturert D15 (L-D15, magnet utgaven); Cambridge Colour Test (CCT trivektortest) og Rayleigh anomaloskopi. CCT og anomaloskopi ble utført i et ellers mørkt rom. De andre testene ble utført under kontrollerte lysforhold, dvs. kunstig lys med spektralfordeling som tilsvarer dagslys. Stereosyn ble testet med 16. utgave av TNO-test for stereoscopic vision.

Ishihara og HRR 2002 benyttes ofte som screeningstester (Bailey, Neitz, Tait, & Neitz, 2004; Cole, Lian, & Lakkis, 2006; Dain, 2004), og det er derfor aktuelt å se hvordan kasusene gjør det på disse testene før og etter tilpassning av ChromaGen-filtre/-kontaktlinse. Dersom en person leser færre enn 10 av 15 plater riktig på Ishihara, er det sannsynlig at han har en rød-grønn fargesynssvakhet. Ishiharas 24-platersutgave har bare to klassifiseringsplater, noe som er for lite til å kunne klassifisere type rød-grønn fargesynssvakhet. FM100-Hue er en diskrimineringsringstest (Dain, 2004; Kinnear & Sahraie, 2002) og er interessant å benytte da ChromaGen-filtre endrer personenes spektrale følsomhet. Feilscoren til den enkelte som testes, sammenlignes

Tabell 1: Resultater fra de ulike fargesynstestene

Tester	Kasus 1				Kasus 2		Kasus 3	
	Uten korreksjon	Filterglass Pink	Filterlinse P1	Filterlinse M1	Uten korreksjon	Filterlinse M1	Uten korreksjon	Filterglass Pink
VA (logMar-tavle) OD/OS	1,6/1,6		1,6/1,6	1,6/1,6	1,0/0,8		1,15/0,7	
Sfærisk ekvivalens OD/OS	+0,25/+0,25				+0,75/+1,25		+0,25/+1,0	
Stereosyn (TNO)	30''		30''	30''	0		120''	
Ishihara								
Pl. <sup>1</sup> korrekt lest	7	13	12	12	5	15	1	11
Indikasjon	Rød-grønn uklassifisert	Rød-grønn uklassifisert	Rød-grønn uklassifisert	Rød-grønn uklassifisert	Rød-grønn uklassifisert	Normal trikromat	Sterk deutan	Rød-grønn uklassifisert
HRR								
Rød-grønne screeningspl. (7-10) lest feil	5	3	4	2	5	3	5	5
Rød-grønne klassifiseringspl. (11-20) lest feil	1	0	1	1	9	1	11	6
Diagnose	Mild deutan	Rød-grønn uklassifisert	Mild deutan	Mild deutan	Sterk deutan	Mild deutan	Sterk deutan	Medium deutan
FM 100 hue								
Feilscore	78		73	69	155	143	238	322
Diagnose	Normal trikromat		Normal trikromat	Normal trikromat	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
CCT trivektortest								
Protanakse	298		80	136			546	
Deutanakse	488		325	302			1100	
Tritanakse	96		90	68			74	
Rayleigh anomaloskopi								
Matchingrange	1,2				22,7		21,2	
Midpoint	12,9				27,1		62,5	
Diagnose	Deuter-anomal				Deuter-anomal		Sterk deuter-anomal	

<sup>1</sup>Plater (Pl.)

med forventet feilscore for testpersonens aldersgruppe med hensyn til et 95 % konfidensintervall (Kinnear & Sahraie, 2002). D-15 og L-D15 ble kun benyttet på Kasus 1, og da før ChromaGen-filter/-kontaktlinse ble tilpasset. Dersom forsøkspersonen har normalt trikromatisk syn, er forventede maksimalverdier på CCT trivektortesten 100 (protan), 100 (deutan) og 150 (tritan) langs de ulike forvirringsaksene (Mollon & Regan, 2000; Regan, Reffin, & Mollon, 1994; Ventura et al., 2003). Anomaloskopet ble benyttet for å bekrefte, klassifisere og gradere kasesenes fargesynsvakheter og ble også kun benyttet før ChromaGen-filter/-kontaktlinse ble tilpasset. Alle testene ble utført binokulært, bortsett fra anomaloskopi, som ble utført monokulært (kun det dominante øyet). Det dominante øyet ble bestemt ved at kasesene siktet inn en optotyp/bokstav på synsprøvetavlen gjennom et lite hull som de laget med hendene. Benyttet øye ble registrert som det dominerende øyet.

#### Utvelgelse av filter

ChromaGen-kontaktlinse har et vanninnhold på 55 % og er laget i materialet Benz 5X (Filcon 4a). Kontaktlinse kommer i tre ulike basekurver (8.3, 8.6 og 8.9 mm) og med én fast diameter (14.5 mm). Den kan bestilles med både sfæriske og toriske styr-

ker. Kontaktlinse leveres i syv ulike filterfarger (magenta, rosa (pink), fiolett, gul, blå, oransje og grønn), med tetthetsgradene mild, medium og mørk. Det fargede området dekker pupillen, og kan bestilles i tre ulike diametre (5, 6 og 7 mm) (Harris, 1998).

ChromaGen-kontaktlinse skal tilpasses på personens ikke-dominante øye (Hodd, 2000). For å finne riktig filterfarge på kontaktlinse benyttes prøvefilter. Personen ser på en av Ishiharas plater som han tidligere feilet, mens ett og ett filter holdes opp foran det ikke-dominante øyet. Det dominante øyet ser fargene slik det alltid har sett dem, mens det ikke-dominante øyet får den spektrale følsomheten endret på grunn av filteret. I de fleste tilfeller øker kontrasten mellom farger som personen tidligere ikke har kunnet skille fra hverandre, slik at de nå oppfattes som forskjellige. Personen skal så fortelle om fargene blir lettere å diskriminere. Filteret som fører til at personen ser tallet på testplaten, testes så videre på de andre platene i Ishihara. Det filteret som gir færrest feil på de 15 første platene blir så tilpasset i en kontaktlinse. For å se hvordan den fargede linsen fungerer utenfor testoppsettet, får personen orientere seg i nærområdet (kantinen, biblioteket etc.). Noen av testene ble repetert etter denne utprøvingen, dette for å se hvilken effekt filteret hadde, samt for å vise dens begrensninger. Filterets begrensninger og

konsekvensen av å bruke et slikt filter ble også diskutert med den enkelte.

#### Undersøkelser etter tilpasning av og tilvenning til filter

Måling av visus ble repetert, og fargesynstestene Ishihara, HRR 2002, FM100-Hue og CCT trivektortest ble gjentatt. Lanternetest ville vært svært aktuell å benytte både før og etter tilvenning av det bestemte filteret. Denne testen var dessverre ikke tilgjengelig på testtidspunktet.

### Resultater

Tabell 1 viser de numeriske resultatene for de tre kasesene på de ulike testene både med og uten filter. Figur 1 viser resultatene fra FM-100 Hue for de tre kasesene uten filter og med det filteret som ble vurdert som best.

#### Kasus 1

Kasus 1 bruker verken briller eller kontaktlinser og synes selv han ser bra både på avstand og nært. Anamnese, innledende tester og undersøkelse av netthinnen viste ingen unormale funn hos Kasus 1. Han oppgav at han var frisk og at han ikke benyttet noen medikamenter. Hans venstre øye (OS) var dominant.

#### Valg av filterfarge

Fargede filtre ble utprøvd foran kasesens ikke-dominante øye (OD). Kasus 1 opplevde at filteret Pink ga best fargekontrast, etterfulgt av filteret med fargen Magenta. En kontaktlinse med fargen Magenta og tetthetsgraden mild (M1) ble så tilpasset og utprøvd. Så ble linsen Pink (P1), også denne med tetthetsgrad mild, tilpasset og utprøvd. Begge kontaktlinser var uten styrke.

#### Test av fargesyn

Ishihara, HRR 2002, FM100-Hue og CCT trivektortest ble utført både uten og med kontaktlinserne M1 og P1. I tillegg ble kasesen testet med anomaloskopet, D15 og L-D15 uten filterlinser.

Resultatene fra de pseudoisokromatiske testene (Ishihara, HRR 2002 og CCT) viser at Kasus 1 har en mild deutansvakhet (tabell 1). Dette gjelder også når testene blir utført med filterlinserne, hvor filterlinsen M1 var den som ga størst forbedring. Kasesens feilscore på FM100-Hue både uten og med filterlinser var i alle tilfellene innenfor forventet feilscore som er 78 for en normal trikromat på samme alder (Kinnear & Sahraie, 2002). Derimot har han større problemer med å diskriminere farger langs den rød-grønne aksens [se Fig. 1(a) og 1(d)] sammenlignet med normale trikromater. Kasesen gjorde ingen feil på verken D15- eller L-D15-testene. Resultatene fra Rayleigh anomaloskopi viste at Kasus 1 er deuteranomal.

#### Kasesens opplevelse og videre bruk av filterlinse

Visus og stereosyn var uendret med ChromaGen-linsene P1 og M1, men subjektivt opplevde kasesen noe dårligere synsskarpheit da han brukte kontaktlinserne M1. Kasus 1 opplevde selv at flere av fargesynstestene ble enklere å utføre med fargede filtre enn uten. Da han prøvde ut den ene kontaktlinserne (M1) utenfor testoppsettet, opplevde han en tredimensjonal effekt han tidligere ikke hadde sett, samt at røde farger ble mer fremtredende og lysende. Han opplevde ikke noen problemer med dybdesyn eller -oppfattelse. Det ble ikke foreskrevet noen filterlinser til Kasus 1.

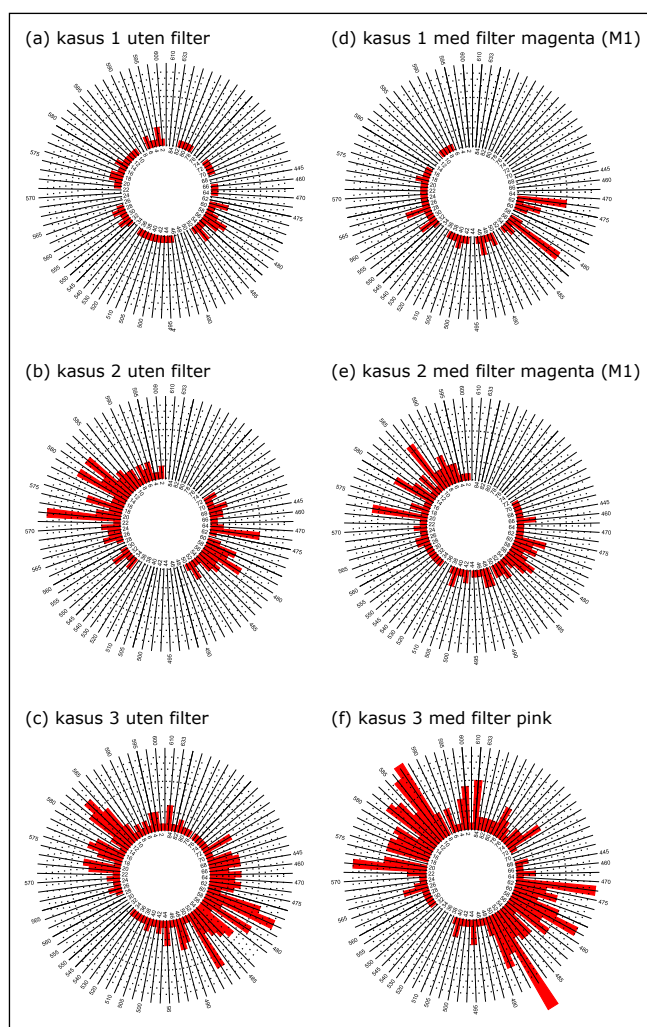


Figure 1: Grafisk fremstilling av resultatene fra FM-100 Hue for de tre kasesene uten filter [(a), (b), (c)] og med filter [(d), (e), (f)].

#### Kasus 2

Kasus 2 har en alternerende esotropi, hvor han foretrekker å fikserer med sitt høyre øye. Han er hypermetrop med astigmatisme ou. Da han var 20 år gammel ble det gjort en kosmetisk operasjon for å rettstille øynene hans. Ellers oppga han at han var frisk og at han ikke benyttet noen medikamenter. Undersøkelser av netthinnen viste ingen unormale funn.

#### Valg av filterfarge

Fargede filtre ble prøvd ut foran kasesens ikke-dominante øye (OS). Kasus 2 opplevde at filteret Magenta ga best fargekontrast. En kontaktlinse med fargen Magenta (M1) og tetthetsgrad mild, ble tilpasset og utprøvd. Kontaktlinserne hadde styrke plan (testene ble utført med kasesens briller på).

#### Test av fargesyn

Fargesynstestene Ishihara, HRR 2002 og FM100-Hue ble utført både uten og med kontaktlinserne Magenta foran hans ikke-dominante øye (OS).

Resultatene fra Ishihara viste at Kasus 2 hadde en mild rød-grønn fargesynssvakhet (tabell 1). Med filterlinsen Magenta leste han alle Ishiharas plater som en normal trikromat. HRR 2002 klassifiserte Kasus 2 til å ha en sterk deutansvakhet, som med

filterglasset Magenta ble redusert til en mild deutansvakhet. For normale trikromater i denne aldersgruppen er forventet feilscore på FM100-Hue-testen 78 (Kinnear & Sahraie, 2002). FM100-Hue-resultatene viste at kasusen hadde en feilscore på 155 og en forvirringsakse som tilsvarer en deutansvakhet. Filterlinsen Magenta endret ikke feilscoren på FM100-Hue av betydning, men forvirringsaksen ble noe vridd mot lengre bølgelengder [sammenlign Fig. 1(b) med 1(e)]. Ut i fra disse resultatene klassifiseres han derved til fortsatt å ha en rød-grønn fargesynssvakhet. Resultatene fra Rayleigh anomaloskopi viste at Kasus 2 er deuteranomal.

#### *Kasusens opplevelse og videre bruk av filterlinse*

Kasus 2 opplevde selv at flere av fargesynstestene ble enklere å utføre med fargede filtre, og har senere fått foreskrevet filterlinse av sin lokale optiker. Han opplever at filteret er til god hjelp i dagliglivet.

### **Kasus 3**

Kasus 3 sier selv at han alltid har sett litt dårligere på venstre øye. Hans venstre øye er amblyopt, men øynene er rettstilte. Spalte-lampeundersøkelse viser at han har øyekatarr. Undersøkelser av netthinnen viste ingen unormale funn. Ellers oppgir kasusen at han er frisk og at han ikke benytter noen medikamenter. Hans høyre øye (OD) var dominant.

#### *Valg av filterfarge*

Også Kasus 3 opplevde at filteret Pink gav best fargekontrast. Det ble ikke tilpasset kontaktlinser pga. øyekatarr, og fargesynstestene ble utført ved å holde filterglasset Pink foran hans ikke-dominante øye (OS).

#### *Test av fargesyn*

Fargesynstestene Ishihara, HRR 2002 og FM100-Hue ble utført både uten og med filterglasset Pink foran hans ikke-dominante øye (OS). CCT trivektortest og anomaloskopi ble kun utført uten filterglass.

Resultatene fra de pseudoisokromatiske testene (Ishihara, HRR 2002 og CCT) viser at Kasus 3 har en sterk deutansvakhet (tabell 1). Det er noe forbedring med filterlinsene, men selv om han nå leser 11 av 15 plater riktig på Ishihara-testen, så er graden av fargesynssvakheten bare forbedret fra sterk til medium på de to andre testene. FM100-Hue viste også at kasusen hadde en deutansvakhet. I motsetning til testene Ishihara og HRR 2002, hvor filterglasset gav lavere feilscore enn uten, økte filteret Pink feilscoren på FM100-Hue og ga han redusert fargediskriminering langs den rød-grønne aksens [sammenlign Fig. 1(c) med 1(f)]. Kasusens feilscore på FM100-Hue både uten og med filterlinse var i begge tilfellene over forventet feilscore som er opp til 75 for en normal trikromat på samme alder (Kinnear & Sahraie, 2002), og han ble dermed klassifisert som fargesvak ut i fra disse resultatene. Resultatene fra Rayleigh anomaloskopi viste at Kasus 3 er sterk deuteranomal og trolig dikromat.

#### *Kasusens opplevelse og videre bruk av filterlinse*

Kasus 3 ble svært skuffet over å finne ut at hans rød-grønne fargesyn var mer svekket enn han hadde håpet og trodd. Han var også skuffet over at filtrene ikke ga noen forbedring i resultatene på flere av testene som ble utført. Da det ikke stilles noen krav

til normalt fargesyn i yrket til Kasus 3, ble han anbefalt å prøve et rosa-rødt-farget håndholdt filter som han holder foran det ikke-dominante øyet i situasjoner hvor han ikke ser forskjell på for eksempel ledninger. Dersom han opplever at dette hjelper, vil han ha muligheter til også å bruke det på jobb. Ved behov holder han da dette filteret opp foran det ene øyet, slik at han kan sammenligne hvordan objektet ser ut uten og med filteret. Kasus 3 ble også gjort oppmerksom på at ved alle tvilstilfeller og usikkerhet som han opplever i jobbsituasjonen sin, må han oppsøke hjelp og assistanse av kollegaer med normalt trikromatisk fargesyn til å bedømme og avgjøre hva han ser.

### **Diskusjon**

ChromaGen-filtrene endret kasusenes score på fargesynstestene som ble utført. På bakgrunn av fargesynstestene utført uten filter, kan det fastslås at Kasus 1 og Kasus 2 var deuteranomale, mens Kasus 3 sannsynligvis var deuteranop. Testingen med ChromaGen-filter og -lenser viser at kasusene får endret spektral følsomhet ved bruk av fargede filtre, men ingen fikk bedre fargediskriminering. Visus og stereosyn ble ikke endret ved bruk av fargede filtre (Kasus 1), selv om det i forhold til Pulfrich-effekten forventes at resultatene på stereosynstesten skal være redusert med fargede filtre (Carney et al., 1989; Lerner, 1998).

I enkelte testsituasjoner kan fargede filtre hjelpe rød-grønn fargesvake slik at de kan se noen fargeforskjeller de ellers ikke vil se forskjell på, men det gir ikke en rød-grønn fargesvak generelt bedre fargediskrimineringsevne og ei heller normalt trikromatisk fargesyn. Dette er imidlertid ikke enkelt å avgjøre kun basert på resultater fra Ishihara-testen. Tidligere case-studie har vist at fargesvake tilpasset X-Chrom-linsen får lavere feilscore på pseudoisokromatiske fargesynstester, til tross for at det er vist at fargebedømmelsen og -diskrimineringen ikke er som hos normale trikromater (Pye & Dain, 1988; Taylor, 1982). Denne bedringen vil kunne forklares med at det fargede filteret endrer den fargesvakes luminansopplevelse, og at han/hun på bakgrunn av det kunne dekode pseudoisokromatiske mønstre (Diaconu, Sullivan, Bouchard, & Vuca, 2010). Det er altså ikke den rød-grønne fargediskrimineringsevnen som blir forbedret (Diaconu et al., 2010; Moreland, Westland, Cheung, & Dain, 2010), noe som også er tilfelle for kasusene presentert her (Fig. 1).

Fargesynstestene som kasusene utførte, viser at hvilke farger som kan diskrimineres endres ved kortvarig bruk av fargede filtre. Dette er gjerne på grunn av forskjell i lyshet, slik at fargesvake med tilpassede filtre vil kunne diskriminere noen farger de tidligere ikke har sett. På den annen side vil enkelte farger som de tidligere har sett, forveksles ved bruk av fargede filtre. En klinisk testsituasjon vil ikke kunne fortelle noe om effekten av langvarig adaptasjon ved daglig bruk av filter. Det er vist at langvarig adaptasjon til røde filtre vil endre fargepersepsjon hos normale trikromater, og når de tar av de røde filtrene så oppleves verden som mer grønn (J. Neitz, Carroll, Yamauchi, Neitz, & Williams, 2002). Det er trolig at en slik normalisering vil finne sted hos rød-grønne fargesvake også, men dette kan være forvirrende for en fargesvak på sikt, spesielt om de har normalt binokulært syn.

Fargede filtre forskyver den spektrale følsomheten i kasusens ene øye. For at kasusen skal kunne utnytte denne forskyvningen, må han/hun alternere mellom å se med øyet med og uten filter (Schwartz, 2004). Ser man dette i sammenheng med effekten av langvarig adaptasjon forklarer dette trolig hvorfor Kasus 2, som

har en alternerende esotropi, får bedre resultater med filter enn både Kasus 1 og Kasus 3 på de ulike fargesynstestene. Alternering av hvilket øye han ser med fører til at Kasus 2 vekselvis ser bildet slik han alltid har sett det, for så å se bildet med endret spektral følsomhet. Dersom denne alterneringen ikke foreligger, vil han enten suppressere synsintrykket fra øyet med filter foran, eller oppfatte det han ser som om begge øynene ser gjennom det fargede filteret (Schwartz, 2004).

I markedsføringen av filtre for rød-grønne fargesvake blir det ofte fremhevet at en fargesvak vil se flere farger ved bruk av filter. Det er dessverre ingen beviser for dette. I en studie utført av Linhares og kollegaer (2008) viser det seg at normale trikromater potensielt kan skille mellom flere farger ved å bruke filter, mens dette ikke er tilfelle for dikromater. Det er viktig å være klar over at de fleste kommersielt tilgjengelige filtrene ofte viser seg å redusere fargeforskjeller for rød-grønne farger, og på grunn av mørkhetsgraden vil de også slippe igjennom for lite lys til at en skal kunne oppfatte trafikklys i forhold til Europeisk Standard (CEN, 2007; Moreland et al., 2010).

Fargesvake diskriminerer farger best uten fargede filtre foran øynene, ettersom de har tilegnet seg en måte å skille de ulike fargene fra hverandre på, blant annet ved hjelp av strategier og ledetråder. Selv om fargede filtre gjør det mulig å lese flere av platene på pseudoisokromatiske platetester som Ishihara og HRR 2002 korrekt, vil de ikke nødvendigvis være til det beste i det praktiske liv (Linksz, 1964). Det er ikke en sammenheng mellom resultater fra en enkelt standard klinisk fargesynstest og en rød-grønn fargesvak persons evne til å navngi farger (Cole, Lian Lakkis, 2007), ei heller deres evne til å bedømme fargeforskjeller når spektralfordelingen på dagslyset endrer seg (Baraas, Foster, Amano, & Nascimento, 2006; Baraas, Foster, Amano, & Nascimento, 2010). Dette fører til at en stiller spørsmål ved relevansen av tilgjengelige kliniske tester i forhold til å avgjøre om en person er egnet for et yrke eller ikke. Et monokulært tilpasset farget filter vil forskyve den spektrale følsomheten i personens ene øye, noe som vil gi han en annen opplevelse av farger enn tidligere. Ledetråder som tidligere ble brukt for å diskriminere farger, vil også endre seg. Dette kan skape forvirring og gjøre at han oppfatter ting i det praktiske liv tregere med filter og også tregere sammenlignet med normale trikromater.

I følge "Forskrift om helseundersøkelse på skip" (2001) er det under fargesynstesting av kandidatene ikke lov å benytte kontaktlinser eller briller som forbedrer fargesynet eller øker kontrasten mellom grønne, gule og brune farger. Alle tre kasusene ønsker å utdanne seg for å praktisere innenfor yrker som omhandler menneskers sikkerhet til havs og til værs. Kasus 1 og Kasus 2 vil ha mulighet til å utdanne seg innenfor yrker med disse kravene, men de vil ikke ha mulighet til å praktisere yrket. I tillegg til at fargesvake har problemer med å skille noen farger fra hverandre under klinisk testing vil de også ha en rekke problemer i hverdagslivet. Dette er tilfelle når det gjelder oppfattelse av fargesignaler, noe de er tregere til sammenlignet med normale trikromater, men det gjelder også problemer med å sammenligne farger, samt at avstanden til objektene og belysningsnivået er avgjørende for om de oppfatter forskjeller i farger (for en oversikt, se Cole, 2004). Da en del av arbeidsoppgavene til disse yrkene dreier seg om diskriminering av farger og fargesignaler i ulike, og til tider krevende omstendigheter, er det derfor avgjørende at slike arbeidstakere faktisk tilfredsstillende de kravene som stilles av forskriften. Det er verdt å merke seg at kasusene som er

beskrevet selv følte seg sikrere ved bruk av filteret, noe som står i kontrast til at deres fargediskrimineringsevne faktisk ikke ble forbedret. Disse observasjonene er også gjort i en tidligere case-studie (Pye & Dain, 1988). Selv om det ikke foreligger et formelt krav til normalt fargesyn i yrket som flytekniker, er det essensielt i utøvelsen av dette yrket at Kasus 3 bedømmer farger korrekt og at han ved alle tvilstilfeller oppsøker hjelp og assistanse av kollegaer med normalt trikromatisk fargesyn til å bedømme og avgjøre hva han ser.

### Konklusjon

Fargesynstesten Ishihara gir ikke alene et godt svar på om fargede filtre vil fungere eller ikke. Det er derfor viktig at optikere som jobber med rådgivning i forhold til bruk av fargede filtre har flere fargesynstester tilgjengelig, og at testene blir utført under kunstig belysning som har spektrum tilsvarende dagslys. Anbefalte tester i tillegg til Ishihara er 4. utgaven av Hardy-Rand-Rittler (Richmond HRR 2002) og Farnsworth D15 (Cole, Lian, & Lakkis, 2007). Testen FM100-Hue bør også benyttes da den egner seg godt til rådgivning ved utprøving av filtre, spesielt ettersom optiker kan gi en praktisk forklaring i forhold til hvordan fargediskrimineringsevnen endrer seg ved bruk av fargede filtre.

Optikere bør sette seg godt inn i og må kunne rådgi i henhold til gjeldende lovverk i forhold til ulike yrkesgrupper hvor det stilles krav til syn (for en oversikt, se Forberg, Johansen, Hontvedt, Strømsvik, & Fjermestad, 2004). Det er også viktig å rådgi om gjeldende lovverk i forhold til bruk av filter. Optikere må etter testing med flere fargesynstester være i stand til å rådgi personer med en rød-grønn fargesvakhet i forhold til at de kan bli ekskludert fra ansettelse i noen yrker.

Fargede filtre vil i noen tilfeller kunne hjelpe fargesvake å skille objekter på bakgrunn av forskjell i lyshet, og dermed vil de kunne se forskjell på noen farger de tidligere ikke har kunnet skille fra hverandre. Dette kan de dra nytte av i spesifikke situasjoner hvor de har god tid og skal sammenligne objekter med ulik farge. Det er trolig at fargesvake med normalt binokulært syn vil adaptere til filterfargen ved langvarig bruk, og at de derfor vil ha bedre nytte av et løst håndholdt filter, mens personer som er monokulære og alternerer vil kunne ha nytte av et filter som er tilpasset i en brille eller kontaktlinse.

Da fargede filtre ikke gir rød-grønne fargesvake fargebedømmelse og -diskriminering tilsvarende en normal trikromat, er det viktig at filtrene benyttes med forsiktighet. Dette gjelder spesielt når det dreier seg om situasjoner som omhandler menneskers sikkerhet – et filter gir en falsk trygghet.

### Referanser

- Bailey, J. E., Neitz, M., Tait, D. M., & Neitz, J. (2004). Evaluation of an updated HRR color vision test. *Visual Neuroscience*, 21(03), 431-436. doi: 10.1017/S0952523804213463
- Baraas, R. C. (2008). Poorer color discrimination by females when tested with pseudoisochromatic plates containing vanishing designs on neutral backgrounds. *Visual Neuroscience*, 25(3), 501-505. doi: S0952523808080632
- Baraas, R. C., Carroll, J., Gunther, K. L., Chung, M., Williams, D. R., Foster, D. H., & Neitz, M. (2007). Adaptive optics retinal imaging reveals S-cone dystrophy in tritan color-vision deficiency. *Journal of the Optical Society of America. A*, 24(5), 1438-1447. doi: 10.1364/JOSAA.27.000766.

- Baraas, R. C., Foster, D. H., Amano, K., & Nascimento, S. M. (2006). Anomalous trichromats' judgments of surface color in natural scenes under different daylight. *Visual Neuroscience*, 23(3-4), 629-635. doi: 10.1017/s0952523806233297
- Baraas, R. C., Foster, D. H., Amano, K., & Nascimento, S. M. C. (2010). Color constancy of red-green dichromats and anomalous trichromats. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 51(4), 2286-2293. doi: 10.1167/iops.09-4576
- Birch, J. (2001). *Diagnosis of defective colour vision* (2nd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Carney, T., Paradiso, M. A., & Freeman, R. D. (1989). A physiological correlate of the pulfrich effect in cortical neurons of the cat. *Vision Research*, 29(2), 155-165. doi: 10.1016/0042-6989(89)90121-1
- CEN. (2007). EN 1836:2005 + A1:2007 (E) Personal eyeequipment– Sunglasses and sunglare filters for general use and filters for direct observation of the sun. Brussels: Comité Européen de Normalisation.
- Cole, B. L. (2004). The handicap of abnormal colour vision. *Clinical and Experimental Optometry*, 87(4-5), 258-275. doi: 10.1111/j.1444-0938.2004.tb05056.x
- Cole, B. L., Lian, K.-Y., & Lakkis, C. (2006). The new Richmond HRR pseudoisochromatic test for colour vision is better than the Ishihara test. *Clinical and Experimental Optometry*, 89(2), 73-80. doi: 10.1111/j.1444-0938.2006.00015.x
- Cole, B. L., Lian, K.-Y., & Lakkis, C. (2007). Using clinical tests of colour vision to predict the ability of colour vision deficient patients to name surface colours. *Ophthal. Physiol. Opt.*, 27(4), 381-388. doi: 10.1111/j.1475-1313.2007.00493.x
- Dain, S. J. (2004). Clinical colour vision tests. *Clinical and Experimental Optometry*, 87(4-5), 276-293. doi: 10.1111/j.1444-0938.2004.tb05057.x
- Diaconu, V., Sullivan, D., Bouchard, J. F., & Vucea, V. (2010). Discriminating colors through a red filter by protanopes and colour normals. *Ophthal. Physiol. Opt.*, 30(1), 66-75. doi: 10.1111/j.1475-1313.2009.00695.x
- Forberg, E., Johansen, T. K., Hontvedt, H., Strømsvik, H., & Fjermestad, R. (2004, 9. juni). Synskrav i yrkeslivet. Høgskolen i Buskerud. Retrieved 23. august, 2011, from [http://synskrav.hibu.no/optikk/2004/o-04\\_syn\\_i\\_yrkeslivet/startside.htm](http://synskrav.hibu.no/optikk/2004/o-04_syn_i_yrkeslivet/startside.htm)
- Forskrift om helseundersøkelse på skip. (2001). § Forskrift om helseundersøkelse av arbeidstakere på skip. Fastsatt ved kgl. res. 19. oktober 2001 nr. 1309 med hjemmel i lov 16. februar 2007 nr. 9 om skipssikkerhet § 2, § 17, § 43, § 45 og forskrift 16. februar 2007 nr. 171 om deleg. til NHD etter skipssikkerhetsloven og forskrift 31. mai 2007 nr 590 om deleg. til SFD etter skipssikkerhetsloven. Hentet 30. august 2011, fra Lovdata <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldes?doc=/sf/sf/20011019-1309.html>.
- Forskrift om kvalifikasjonskrav på norske skip. (2003). § Forskrift om kvalifikasjonskrav og sertifikatrettigheter for personell på norske skip, fiske- og fangstfartøy og flyttbare innretninger. Fastsatt ved kgl. res. 9. mai 2003 nr. 687 med hjemmel i lov 26. juni 1998 nr. 47 § 26b om fritids- og småbåter og lov 16. februar 2007 nr. 9 § 2, § 6, § 7, § 16, § 18, § 19, § 20, § 22, § 24, § 43, § 45 om skipssikkerhet og forskrift 16. februar 2007 nr. 171 om deleg. til NHD etter skipssikkerhetsloven og forskrift 31. mai 2007 nr. 590 om deleg. til SFD etter skipssikkerhetsloven forskrift 31. mai 2007 nr. 591 om deleg. til SFD etter fritids- og småbåtloven. Hentet 30. august 2011, fra Lovdata <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldes?doc=/sf/sf/20030509-0687.html>.
- Harris, D. A. (1997). Colouring sight: a study of CL fittings with colour-enhancing lenses. *Optician*, 213(5604), 38-41.
- Harris, D. A. (1998). *Manual: ChromaGen clinical procedures*. Chester: Ultralase.
- Hodd, N. B. (1998). Putting ChromaGen to the test. *Optometry Today*, July 17, 39-42.
- Hodd, N. B. (2000). The Chromagen method for colour deficiency and specific learning difficulties. *Optometry Today*, November 17, 30-32.
- Kinnear, P. R., & Sahraie, A. (2002). New Farnsworth-Munsell 100 hue test norms of normal observers for each year of age 5–22 and for age decades 30–70. *Br. J. Ophthalmol.*, 86(12), 1408-1411. doi: 10.1136/bjo.86.12.1408
- Kunnskapsdepartementet. (2000). *Læreplan for videregående opplæring - Avionikk*. Oslo: Kirke-, utdannings- og forskningsdepartementet.
- Lerner, P. (1998). Can corrective lenses effectively improve a color vision deficiency when normal color vision is required? *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 40(6), 518-519.
- Linhares, J. M. M., Pinto, P. D., & Nascimento, S. M. C. (2008). The number of discernible colors perceived by dichromats in natural scenes and the effects of colored lenses. *Visual Neuroscience*, 25(03), 493-499. doi: 10.1017/S0952523808080620
- Linksz, A. (1964). Chapter XVII An Essay on Color Vision (pp. 223-243). New York: Grune & Stratton.
- Merbs, S. L., & Nathans, J. (1992). Absorption spectra of human cone pigments. *Nature*, 356, 433-435.
- Mollon, J. D., & Regan, B. C. (2000). *Manual: Cambridge Colour Test*. Cambridge, UK: Cambridge Research Systems Ltd.
- Moreland, J. D., Westland, S., Cheung, V., & Dain, S. J. (2010). Quantitative assessment of commercial filter 'aids' for red-green colour defectives. *Ophthal. Physiol. Opt.*, 30(5), 685-692. doi: 10.1111/j.1475-1313.2010.00761.x
- Nathans, J., Piantanida, T. P., Eddy, R. L., Shows, T. B., & Hogness, D. S. (1986). Molecular genetics of inherited variation in human color vision. *Science*, 232(4747), 203-210. doi: 10.1126/science.3485310
- Nathans, J., Thomas, D., & Hogness, D. S. (1986). Molecular genetics of human color vision: the genes encoding blue, green, and red pigments. *Science*, 232(4747), 193-202. doi: 10.1126/science.2937147
- Neitz, J., Carroll, J., Yamauchi, Y., Neitz, M., & Williams, D. R. (2002). Color perception is mediated by a plastic neural mechanism that is adjustable in adults. *Neuron*, 35, 783-792. doi: 10.1016/s0896-6273(02)00818-8
- Neitz, M., & Neitz, J. (2000). Molecular genetics of color vision and color vision defects. *Archives of Ophthalmology*, 118(5), 691-700. doi: 10.1001/archophth.118.5.691
- Pye, D. C., & Dain, S. J. (1988). The X-Chrom lens: a case study. *Clinical and Experimental Optometry*, 71(3), 91-93. doi: 10.1111/j.1444-0938.1988.tb06555.x
- Regan, B. C., Reffin, J. P., & Mollon, J. D. (1994). Luminance noise and the rapid determination of discrimination ellipses in colour deficiency. *Vision Research*, 34(10), 1279-1299. doi: 10.1016/0042-6989(94)90203-8
- Schnapf, J. L., Kraft, T. W., & Baylor, D. A. (1987). Spectral sensitivity of human cone photoreceptors. *Nature*, 325(6103), 439-441. doi: 10.1038/325439a0
- Schwartz, S. H. (2004). *Anomalies of colour vision Visual perception: A clinical orientation* (3rd. ed.). New York: McGraw-Hill.
- Sharpe, L. T., Stockman, A., Jägle, H., & Nathans, J. (1999). Opsin genes, cone photopigments, color vision, and color blindness. In K. R. Gegenfurtner & L. T. Sharpe (Eds.), *Color Vision: From genes to perception* (pp. 3-51). New York: Cambridge University Press.
- Swarbrick, H. A., Nguyen, P., Nguyen, T., & Pham, P. (2001). The ChromaGen contact lens system: colour vision test results and subjective responses. *Ophthal. Physiol. Opt.*, 21(3), 182-196. doi: 10.1046/j.1475-1313.2001.00583.x

Taylor, S. P. (1982). The X-Chrom lens - A case study. *Ophthal. Physiol. Opt.*, 2, 165-170. doi: 10.1111/j.1475-1313.1982.tb00171.x

Ventura, D. F., Silveira, L. C. L., Rodrigues, A. R., De Souza, J. M., Gualtieri, M., Bonci, D., & Costa, M. F. (2003). Preliminary norms for the Cambridge Colour Test. In J. D. Mollon, J. Pokorny & K. Knoblauch (Eds.), *Normal and Defective Colour Vision*. New York: Oxford University Press.

Welsh, K. W., Vaughan, J. A., & Rasmussen, P. G. (1979). Aeromedical implications of the X-Chrom lens for improving color vision deficiencies. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 50(3), 249-255.

Zeltzer, H. J. (1971). United States Patent No. 3701590. U. S. Patents.