



Linnéuniversitetet

Kalmar Växjö

Fakulteten för hälso- och livsvetenskap

Examensarbete

Färgperception i det perifera synfältet



Författare: Moa Eriksson
Ämne: Optometri
Nivå: Grundnivå
Nr: 2017:08

Färgperception i det perifera synfältet

Moa Eriksson

Linnéuniversitetet

Examensarbete i Optometri, 15hp

Filosofie Kandidatexamen

Handledare: Peter Lewis, Institutionen för medicin och optometri,
PhD, Universitetslektor Linnéuniversitetet

Examinator: Karthikeyan Baskaran, Institutionen för medicin och optometri,
PhD, Universitetslektor Linnéuniversitetet

Examensarbetet ingår i optikerprogrammet, 180 hp (grundnivå)

Sammanfattning

Syfte: Syftet med studien var att undersöka huruvida det går att urskilja färger i det perifera synfältet samt om färgperceptionen skiljer sig åt mellan olika excentriciteter.

Metod: I studien deltog 10 personer. Medelåldern var 23 år (omfång 19 till 29 år). Färgperceptionen hos deltagarna testades genom att LED-dioder i fyra olika färger presenterades vid olika excentriciteter i periferin. Excentriciteter som testades var 0-60° temporalt med 10° mellanrum. Testet utfördes på höger öga för samtliga deltagare.

Resultat: Samtliga deltagare kunde urskilja de olika färgerna ut till 40°. Vid 50° sjönk antal korrekta svar betydligt och vid 60° kunde deltagarna inte längre urskilja färgerna. Resultaten visade ett mycket signifikant samband ($p < 0,0001$) mellan färgperception och excentricitet. En mycket signifikant skillnad ($p < 0,0001$) hittades mellan färgperceptionen i fovea och vid 50° respektive 60° excentricitet. Däremot hittades ingen signifikant skillnad ($p > 0,05$) mellan fovea och 10-40°.

Slutsats: Det är möjligt att urskilja färger i periferin ut till åtminstone 40°. En viss skillnad i färgperception mellan olika excentriciteter finns; detta kan dock bero på fler faktorer utöver excentricitet.

Abstract

The aim of this study was to see whether it is possible to detect and distinguish different colours in the peripheral field of vision and also if the colour perception differs between different eccentricities.

10 people participated in the study; the study was conducted on the right eye for each participant. The average age was 23 years with a range from 19 to 29 years. The colour perception was tested by presenting four different coloured LED-diodes (red, green, blue and white) at different eccentricities in the periphery. The eccentricities tested were 0-60° temporally in 10° intervals.

All participants were able to distinguish the four colours out to 40°. At 50° the number of correct answers dropped significantly and at 60° the participants could no longer distinguish the colours. A highly significant correlation ($p < 0,0001$) was found between colour perception and eccentricity. A highly significant difference ($p < 0,0001$) was found between colour perception in the fovea and at 50° and 60°. However there was no significant difference ($p > 0,05$) between the fovea and 10-40°.

It is possible to distinguish colours in the periphery out to at least 40°. There is also a certain difference between the colour perception at different eccentricities. This difference could however depend on other factors besides eccentricity.

Nyckelord

Färgseende, färgperception, perifera synfältet, excentricitet.

Tack

Tack till alla som deltog i studien.

Stort tack till min handledare Peter Lewis för all hjälp och vägledning under arbetets gång.

Tack till min familj och mina vänner för uppmuntran och stöd.

Innehåll

1 Inledning	1
1.1 Färgperception	1
1.1.1 Fotoreceptorer	1
1.1.2 Trikromatism	1
1.1.3 Normalt färgseende	3
1.2 Teorier	4
1.2.1 Young-Helmholtz trikromatism teori	4
1.2.2 Herings opponent-process teori	4
1.3 Färgseendedefekter	4
1.4 Perifera retina	5
1.4.1 Stavarnas inblandning	5
1.5 Psykofysik	6
1.5.1 Stimuli	6
1.5.2 Omgivande färger	6
1.5.3 Adaptation	7
1.6 Refraktiva synfel och dess effekt på färgseendet	7
1.7 Tidigare studier	7
2 Syfte	9
3 Material och metoder	10
3.1 Deltagare	10
3.2 Stimuli	10
3.3 Metod	11
4 Resultat	12
5 Diskussion	13
6 Slutsats	16
Referenser	17
Bilagor	I
Bilaga A Informerat samtycke	I
Bilaga B Protokoll	II

1 Inledning

1.1 Färgperception

Det mänskliga ögat har förmågan att uppfatta en mängd olika färger. Färgseende är egenskapen att kunna skilja på ljusets olika våglängder genom att dessa samspelar med fotopigmenten i retinas fotoreceptorer. Dessa pigment har sin maximala känslighet vid olika våglängder i det synliga elektromagnetiska spektrumet (Rosenfield & Logan 2009, s 303). Grunden för färgperception ligger därför i det synliga ljusets fysiska egenskaper. (Purves & Lotto 2003, s 91). Perceptionen av färg handlar egentligen inte om att kunna se ljusets våglängder utan om att kunna upptäcka de objekt som blir belysta av ljuset (Webster 2010, s 2). Färgperception beror på hjärnans förmåga att tolka de signaler som tas upp av fotoreceptorerna. Fotoreceptorernas reaktion på ljusmängden är mätbar, men eftersom färgperception beror på mer än fysiologiska egenskaper så går det inte direkt att observera den subjektiva upplevelsen av färg (Valberg 2005, s 7).

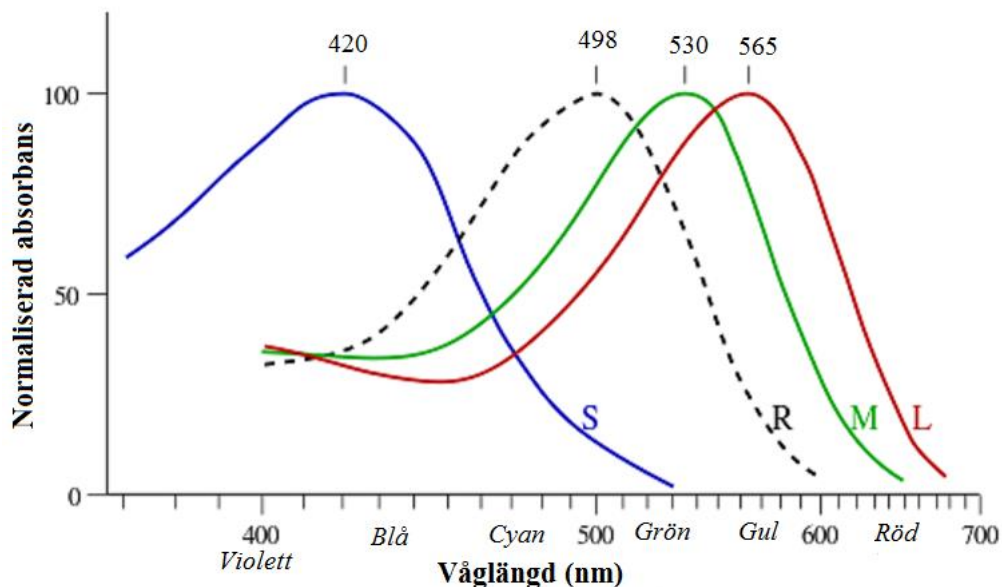
1.1.1 Fotoreceptorer

Den mänskliga retina har två huvudtyper av fotoreceptorer, stavar och tappar. Den största andelen av fotoreceptorer är stavar och dessa är anpassade för att ha bäst funktion under skotopiska förhållanden. Det betyder att stavarna fungerar bäst i låga ljusstyrkor och de kan därmed anses känsligare än tappar (Rosenfield & Logan 2009, s 18-19). Det finns ungefär 90 miljoner stavar men det kan finnas stora individuella skillnader (Curcio 1990). Då stavarna är fler i antal än tapparna är de närvarande i högre densitet i retina, förutom i fovea där stavarna i princip är frånvarande. Tapparna i sin tur, som har bäst funktion under fotopiska förhållanden, är mindre känsliga än stavarna och kräver därmed högre ljusstyrka för respons. Totalt finns det ungefär 4,5 miljoner tappar i retina och densiteten av dessa är högst i fovea. Det finns tre olika typer av tappar. Dessa kallas för L- M- och S-tappar på grund av att de är känsliga för antingen långa (long, L), mellan (middle, M) eller korta (short, S) våglängder (Rosenfield & Logan 2009, s 18-19). Antalet av de tre olika tapparna är inte det samma och utspridningen av de olika tapparna är inte homogen (Rosenfield & Logan 2009, s 19).

1.1.2 Trikromatism

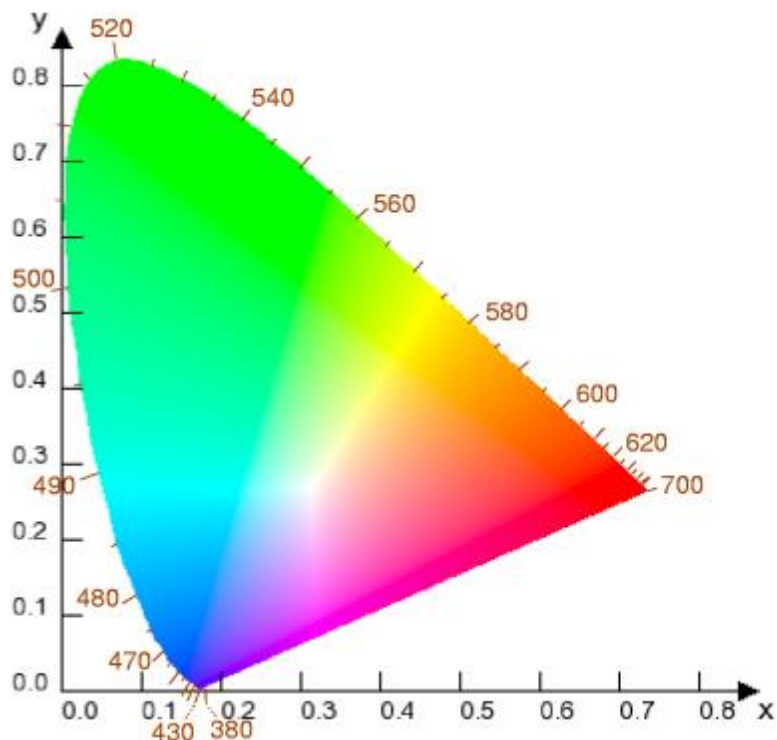
Trikromatism innebär att färgseendet baseras på de tre olika typer av tappar som innehåller var sitt fotopigment; som har var sitt absorptionsspektrum (Purves & Lotto

2003, s 95). Våglängderna för maximal känslighet hos tapparna kan variera mellan olika individer men ligger oftast grupperade runt 565nm för L-tappar, 530nm för M-tappar och 420nm för S-tappar (Valberg 2005, s 291). Tapparna kallas ibland för röd, grön och blå istället för L, M och S. Men enligt våglängderna ovan hamnar inte de röda tapparnas (L-tapparna) maximala känslighet inom det röda området i det synliga spektrat utan snarare inom det grön-gula. Vidare hamnar de blå tapparnas (S-tapparna) maximala känslighet åt det violetta hållet (se Fig 1).



Figur 1. Våglängder för maximal känslighet hos tappar (S, M och L) och stavar (Efter Wikimedia Commons, 2011, med tillstånd).

Genom stimulering av alla tre typerna av tappar kan människan uppleva mängder av olika färgnyanser genom att våglängderna blandas i olika stora proportioner (Webster 2010, s 2). Alla nyanser i det synliga spektrumet kan matchas genom stimulering av L, M- och S-tapparna (se Fig 2).



Figur 2. CIE Chromaticity space. Visar hur nyanserna i det synliga spektrat kan matchas med hjälp av S-, M- och L-tappar (Wikimedia Commons, 2005, med tillstånd).

1.1.3 Normalt färgseende

Personer med normalt färgseende är trikromater; däremot kan antalet av de olika tapparna skilja sig åt mellan individer. Vad som kan räknas som normalt färgseende är inte exakt lika mellan olika individer då fördelningen av tapparna i retina varierar. Det normala färgseendet skiljer sig även åt på grund av att densiteten hos fotoreceptorerna är olika från person till person. Den kristallina linsen varierar i transparens för olika individer vilket påverkar hur stor del av de korta våglängderna som når retina. Dessa skillnader verkar dock inte ha någon större betydelse för uppfattningen av färg mellan individer (Rosenfield & Logan 2009, s 303). I foveas centrala del, foveola, har det visat sig förekomma endast L- och M-tappar (Curcio et al 1991), vilket innebär att människan normalt har svårt att skilja på blått och gult i detta område. Hos den enskilde är färgperceptionen oftast stabil med åren trots att den relativa känsligheten för synligt ljus, den spektrala känsligheten, delvis ändras med stigande ålder. Det verkar som att färgperceptionen ”kalibreras om” för att kompensera för dessa förändringar (Webster 2010, s 4).

1.2 Teorier

1.2.1 Young-Helmholtz trikromatism teori

Enligt Young-Helmholtz trikromatism teori aktiveras tre grundläggande färgprocesser av de tre typerna av tappar (Valberg 2005, s 278). Stimuleringen av dessa ger olika färgupplevelser; till exempel ger hög stimulering av de röda receptorerna, i kombination med låg stimulering av gröna och blå receptorer, en röd färgupplevelse (Rosenfield & Logan 2009, s 304).

1.2.2 Herings opponent-process teori

Hering poängterade att flera aspekter av färgseendet inte kan förklaras enbart med hjälp av trikromatism teorin (Purves & Lotto 2003, s 97). I opponent teorin baseras färgseende på fyra kromatiska och två akromatiska unika perceptioner och deras motsvarande fysiologiska mekanismer (Valberg 2005, s 279). I nivå med ganglioncellerna kodas färginformationen till två motsatta färgkanaler (röd mot grön och blå mot gul) samt en kanal för ljusstyrka, det vill säga vitt mot svart (Rosenfield & Logan 2009, s 304). Teorin baseras på att människan inte kan uppfatta en färg som är både röd och grön eller blå och gul. Likadant kan inte ljus som både är ljust och mörkt uppfattas samtidigt. I teorin upplevs en ren röd färg då den blå-gula responsen är noll. Det kan också förklaras som att gulheten i ljuset kan motverkas av blått ljus och på samma sätt kan rödheten motverkas av grönt ljus (Webster 2010, s 3). I ett färgspektrum kan övergången mellan rött och gult följas genom flera andra nyanser. Men samma övergång kan inte hittas från rött till grönt eller från blått till gult förutom genom grått (Purves & Lotto 2003, s 97).

1.3 Färgseendedefekter

Det finns olika typer av färgseendedefekter, en del är medfödda medan andra är förvärvade (Rosenfield & Logan 2009, s 304-305). De medfödda defekterna är oftast binokulära och symmetriska och är vanligare hos män. Dessa defekter uppstår på grund av genförändringar där generna antingen försvinner, tappas sin funktion eller modifieras (Rosenfield & Logan 2009, s 303). Detta kan påverka färgseendet på olika sätt. Antingen genom att förändra trikromatismen så att den avviker från det normala. Detta kallas anomal trikromatism och individer med detta har funktion i alla tre typer av tappar, men det finns en nedsatt känslighet i en av dessa. Andra defekter påverkar

genom att ett eller två av fotopigmenten saknas (dikromatism eller monokromatism). Dikromatism delas in i tre undergrupper beroende på vilket fotopigment som saknas. Avsaknad av rödkänsligt pigment (L-tapp) kallas för protanopi, avsaknad av grönkänsligt pigment (M-tapp) deuteranopi och avsaknad av blåkänsligt pigment (S-tapp) tritanopi.

De förvärvade färgseendedefekterna uppstår till följd av någon typ av patologi, trauma, medicinering eller toxiska substanser och kan uppkomma när som helst i livet. Dessa är oftast monokulära och kan variera i svårighetsgrad. Förvärvade färgseendedefekter är lika vanliga hos kvinnor som hos män (Rosenfield & Logan 2009, s 305).

1.4 Perifera retina

Retinas uppbyggnad skiljer sig mellan fovea och de perifera delarna. Fotoreceptorernas och neuronernas fördelning i periferin jämfört med i fovea påverkar hur färgerna upplevs. Densiteten av tappar är betydligt lägre i perifera retina jämfört med i fovea. Även bipolära celler och ganglionceller, som för vidare signaler från fotoreceptorerna, är inte lika tätt packade i periferin. De perifera delarna av retina domineras av stavar. Perifera retina är därför inte anpassad till hög upplösning och detaljerat färgseende.

Färg- och kontrastkänsligheten under fotopiska förhållanden påverkas av vid vilken excentricitet stimuli presenteras. Neuronernas receptiva fält blir större längre ut i periferin; detta eftersom det är ett mindre antal neuroner som sköter upptagningen av information i detta område (Wilson 1970). De större receptiva fälten medför i sin tur att upplösningen blir sämre med ökande excentricitet (Campbell & Green 1965).

1.4.1 Stavarnas inblandning

Då stavarna dominerar i perifera retina är det rimligt att anta att dessa är med och påverkar ljussignaler. När Moreland och Cruz (1959) visade på att färger avmätts (upplevs vara mer utblandade med vitt) bortom 25° i periferin insåg de att något mer än bara excentriciteten spelade in. Deras mätningar utfördes på ögon som var anpassade till mörker. Därför spekulerade de i att stavarna kunde vara delaktiga i färgernas avmätning. Senare studier har specifikt tittat på stavarnas inblandning och har kunnat visa på att detta faktiskt stämmer. En av dessa studier jämförde färgseendet mellan ljus- och mörkeradaptation (Stabell B & Stabell U, 1995). Skillnaden i hur färgerna upplevdes var till följd av stavarnas inblandning. Färgerna upplevdes mer avmättade i det mörkeradapterade stadiet och var tydligast vid de mellersta våglängderna (550-

490nm). Denna avmättnad blev mer uttalad längre ut i periferin (testes utfördes vid 3, 8, 30 och 65°). Det är dock ännu inte fastställt exakt hur stavarna påverkar färgseendet i periferin.

1.5 Psykofysik

Det finns några huvudsakliga fysiska egenskaper som påverkar den psykologiska processen av hur färg uppfattas. Dessa är färgens nyans (vilken våglängd som är dominant), mättnad (till vilken grad färgen upplevs blandad med vitt, t.ex. rött jämfört med rosa) och ljushet (den upplevda intensiteten av färgen) (Webster 2010, s 2).

1.5.1 Stimuli

Storleken på stimulus har visat sig ha en effekt på färgperceptionen i perifera retina. Den spektrala känsligheten för stimulus av konstant storlek har visat sig skilja sig mellan fovea och perifera punkter ut till minst 45 grader temporalt (Kuyk 1982), med lägre känslighet längre ut i periferin. Men det går att få samma grad av känslighet för alla punkter om stimulus görs tillräckligt stort i periferin. Moreland & Cruz (1959) och Noorlander et al (1983) har visat att avståndet till fovea påverkar färgseendet. Om ett stimulus av konstant storlek flyttades längre ifrån fovea, ut i periferin, uppfattas inte färgen på stimulus lika bra. När storleken på stimulus istället ökades i periferin så kunde deltagarna urskilja färger lika bra i periferin (ut till 90° temporalt) som i fovea. Stimulusstorleken har även betydelse för uppfattningen av färgnyanser och mättnad. Gordon och Abramov (1977) visade på detta genom att mäta nyansen och mättnaden av färgat ljus för både fovea och 45 grader nasalt. Den upplevda färgen förändrades med ändring av stimulusstorlek och excentricitet. Små objekt verkade avmättade vid 45 grader nasalt och nyansen var svår att urskilja. När storleken på stimulus ökades kunde däremot ett komplett omfång av mättade nyanser ses även vid 45 grader nasalt.

1.5.2 Omgivande färger

Hur färger uppfattas påverkas av hur omgivningen ser ut. I närvaro av andra färger (oisolerat) upplevs ett stimulus annorlunda jämfört med när det ses isolerat, det vill säga mot en för övrigt ofärgad omgivning. Den uppfattade nyansen eller ljusheten hos en färg upplevs olika beroende på förhållandet mellan intensiteten hos objektet och omgivningen. Till exempel ses en grå punkt som grönaktig när den placeras mot en enhetlig röd bakgrund och mer rödaktig mot en grön bakgrund. En färg kan också

upplevas mindre mättad när tonskalan av omgivande färger varierar mycket (Webster 2010, s 5).

1.5.3 Adaptation

Färgseendet, som en del av det visuella systemet och liksom alla sensoriska system, kan anpassa sig till förändringar av stimulus. Denna anpassning sker på grund av att det visuella systemet blir mindre känsligt mot färgen som ses. En grå ruta ser grönaktig ut för en person som precis har tittat på en röd ruta. Känsligheten mot den röda färgen minskar och detta påverkar hur den grå rutan upplevs. Nyansen på rutan förflyttas mot motsatsen till rött, det vill säga grönt, och rutan upplevs mer grönaktig (Webster 2010, s 6).

1.6 Refraktiva synfel och dess effekt på färgseendet

Det har visats att synfel till viss del kan påverka färgseendet. Oduntan och Sehlapelo (2007) har visat att färgperceptionen förändras mellan fullkorrigerad och optisk defokusering med pluslinser i fovea. Farnsworth panel D15 (desaturated) utfördes efter optisk defokusering som sänkte visus till 6/6 (1,0), 6/24 (0,25), 6/60 (0,1) och 6/360 (0,016). Med visus 0,25 klarar fortfarande alla deltagare testet. Men när visus istället sänktes till 0,1 misslyckades drygt hälften (52%) på testet. Optisk defokusering påverkar alltså färgseendet men det krävs visus lägre än 0,25 för att få en negativ effekt på just D15-testet.

1.7 Tidigare studier

Det har tidigare gjorts studier på flera delar utav det perifera färgseendet. Hur stort stimuli som behövs för att upptäcka färger har varit en central del för flera av dessa studier (Gordon & Abramov, 1977; Kuyk, 1982; Moreland & Cruz, 1959; Noorlander et al, 1983). Samtliga av dessa studier är överrens om att storleken på stimuli har stor betydelse för färgperceptionen i det perifera synfältet och att med ett tillräckligt stort stimulus kan färgperceptionen vara lika bra i periferin som i fovea.

Stavarnas inverkan på färgperceptionen i periferin har också studerats (Stabell B & Stabell U, 1995). Det har upptäckts att stavarna kan ha en viss inverkan på hur mättnaden av färger upplevs men inom denna del krävs fler studier. Färgperception i det perifera synfältet är komplex. Det perifera synfältet utgör den största delen av det totala

synfältet; det är därför intressant att studera hur perceptionen påverkas i periferin. Den här studien utförs för att se hur färgperceptionen påverkas av ökande excentricitet.

2 Syfte

Syftet med studien var att undersöka om det går att urskilja olika färger i det perifera synfältet och om det är någon skillnad i färgperception mellan olika excentriciteter.

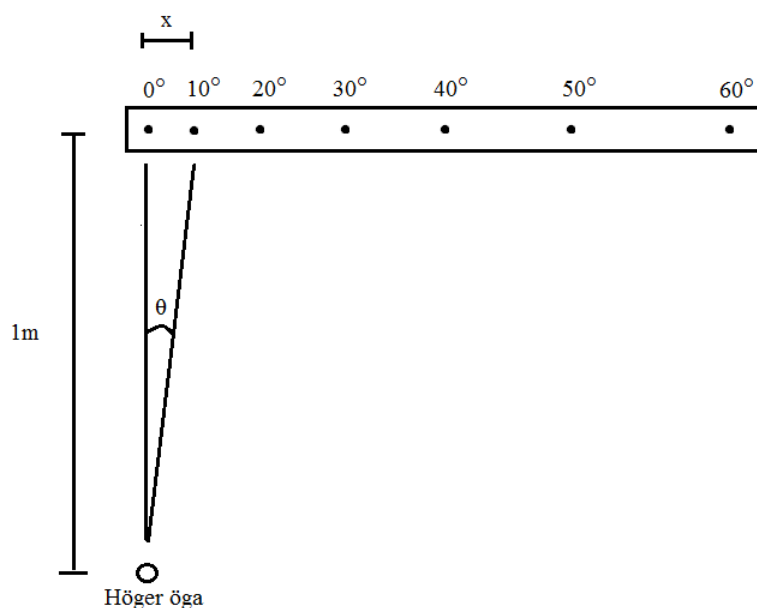
3 Material och metoder

3.1 Deltagare

10 personer deltog i studien. Optikerstudenter på Linnéuniversitetet i Kalmar fick anmäla intresse för att delta i studien. Totalt anmälde sig 31 personer och av dessa valdes 10 personer slumpvis för att delta. Åldern på deltagarna var 19-29 år, medelåldern var 22,6 år. För att få delta i studien skulle följande kriterier uppfyllas: ett normalt färgseende samt maximalt synfel $\pm 6,00D$. De deltagare som hade en habituell korrektion använde denna.

3.2 Stimuli

Stimuli utgjordes av en ljusemitterande diodlist (LED) där färgen på dioderna kunde ändras. Färgerna som användes hade våglängderna 620 nm (röd), 510 nm (grön), 460 nm (blå) och vitt ljus med ett spektrum mellan 460- 650 nm (förutom 580-590 nm); dessa värden mättes upp med Spektrometer Red Tide USB 650. Listen placerades 1 meter ifrån deltagarens öga vid 0° . LED-listen placerades inuti en kabelkanal. Dioderna satt med 3,33 cm avstånd från varandra och avstånden (x) från nollpunkten (0°) till de dioderna som användes räknades ut genom $\tan\theta = x$ där θ var excentriciteten ($0-60^\circ$) som testades (se Fig 3). Avståndet mellan dioderna vid 0° och 60° var 1,73 m. Dioderna avskärmades så att deras diametrar var 8 mm (ca $0,5^\circ$ på 1 m avstånd).



Figur 3. Anordning för undersökningarna. Dioder utmed en list och deltagarens position. Ej skalenlig.

3.3 Metod

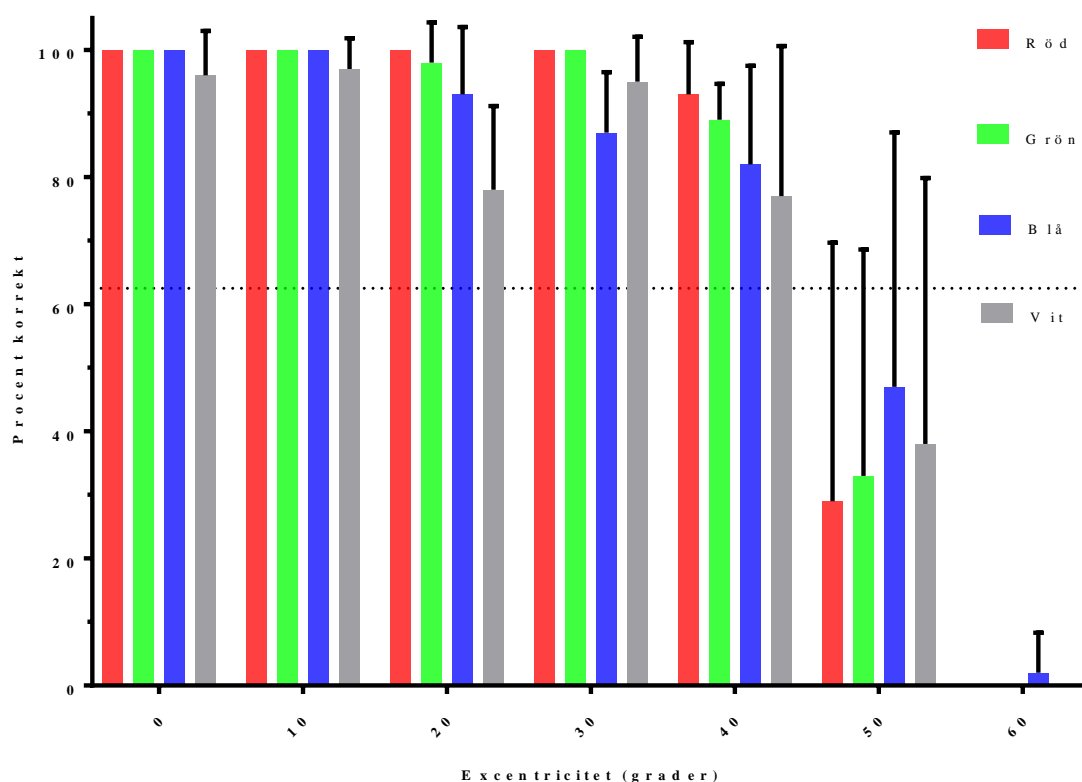
Deltagarna fick först läsa ett papper om vad målet med studien var och hur studien skulle genomföras (se Bilaga 1). Efter det fick deltagarna muntlig information om studien. Om de därefter valde att delta i studien skrev de under det informerade samtycket. Deltagarna i studien fick genomgå ett Ishiharatest med 12 plattor för att utesluta färgseendedefekter; i detta test fick deltagarna inte ha mer än två fel. Därefter fick deltagarna sitta ner med stöd för haka och panna. De fick fästa blicken mot en fixationspunkt rakt fram (0°) på 1 m avstånd (se Fig 3). Deltagarna hölls under uppsikt av undersökaren under testets gång för att kontrollera att de behöll fixationen. Testet utfördes monokulärt på höger öga för samtliga deltagare. Ljuset i rummet dämpades vid undersökningen till 27 lux. Undersökningen tog ca 15-20 min, beroende på deltagarnas svarshastighet. Färgperceptionen hos deltagarna testades genom att stimuli i de olika färgerna (röd, grön, blå och vit) presenterades för olika excentriciteter i synfältet. Excentriciteter som testades var $0-60^\circ$ temporalt med 10° mellanrum. Färgperceptionen i fovea undersöktes först och därefter de andra excentriciteterna i tur och ordning. Dioderna tändes en i taget och deltagarna fick meddela vilken färg som sågs. Varje färg testades 10 gånger vardera för varje excentricitet; detta för att minska risken att få ett resultat influerat av gissning. De olika färgerna visades i en slumpmässig ordning för att undvika inläring. Antal rätt och fel noterades i ett protokoll (se Bilaga 2).

Med fyra olika valmöjligheter fanns en 25 % chans att gissa rätt. För att vara säker på att deltagarna inte endast har gissat rätt bör ett tröskelvärde överstigas. Detta tröskelvärde är medelvärdet av gissningsvärdet (25 %) och 100 % korrekt, det vill säga $\frac{25+100}{2} = 62,5\%$ (se Fig 4).

4 Resultat

Studien omfattade mätningar på 10 personer där samtliga mätningar utfördes på höger öga. Inga deltagare uteslöts ur studien.

Studien visade att samtliga deltagare kunde urskilja de olika färgerna ut till 40° excentricitet. Vid 50° sjönk medelvärdet av procent korrekt svar betydligt och skillnaderna mellan deltagarna blev större. Vid 60° kunde deltagarna inte längre urskilja färgerna (se Fig 4).



Figur 4. Procent korrekt presenterat som medelvärdet av samtliga 10 deltagares resultat för respektive färg. Den streckade linjen anger tröskelvärdet 62,5 %.

Resultaten av 2-vägs ANOVA (upprepade mätningar) visade ett mycket signifikant samband mellan färgperception och excentricitet ($p < 0,0001$). Vid jämförelse med fovea (0°) hittades ingen signifikant skillnad ($p > 0,05$) vid 10°, 20°, 30° och 40°. Däremot hittades en mycket signifikant skillnad vid 50° ($p < 0,0001$) och 60° ($p < 0,0001$). I fovea var färgperceptionen för samtliga deltagare hundra procentig för rött, grönt och blått ljus men för vitt ljus var medelvärdet av korrekta svar 96 %.

Vilken färg som var svårast att urskilja vid 50° varierade mellan deltagarna och ingen signifikant skillnad ($p > 0,05$) hittades mellan de olika färgerna.

5 Diskussion

Den här studien koncentrerar sig på två saker; om det är möjligt att urskilja färger i periferin och om upplevelsen av färg påverkas av excentricitet. Resultaten visade att det går att urskilja olika färger i det perifera synfältet. Studien visade också att färgperceptionen blev sämre längre ut i periferin. Detta stämmer överrens med tidigare studier inom området (Moreland & Cruz, 1959; Gordon & Abramov, 1977). Då studierna inte har utförts med samma metoder eller under likadana förhållanden är det svårt att jämföra exakta resultat; så som hur långt ut i periferin det är möjligt att urskilja olika färger.

I fovea bör färgperceptionen vara hundra procentig då densiteten av tappar är som högst där. Dock visade resultatet i denna studie att det vita ljuset inte uppfattades som vitt 100% av gångerna. Detta beror troligtvis på att den vita dioden i LED-listen som användes uppvisade en viss dispersion av de röda, gröna och blåa våglängderna som utgör det vita ljuset. Ibland upplevdes därför den vita dioden som antingen röd, grön eller blå istället. Detta kunde även ses vid andra excentriciteter som testades.

Resultaten av den här studien visar en signifikant försämring av färgperceptionen utanför 40° excentricitet; här sjönk andelen rätta svar betydligt för alla fyra färger. Vid 50° excentricitet är visserligen medelvärdet fortfarande över gissningsvärdet på 25% men det når inte längre upp till tröskelvärdet på 62,5%. Standardavvikelsen var även betydligt större än för föregående excentriciteter. Detta tyder på att deltagarna med stor sannolikhet har behövt gissa mer vid 50°. Anledningen till detta är oklar men kan tänkas ha med storleken på stimuli att göra då tidigare studier har visat att detta är en faktor för färgperceptionen i perifera retina. De receptivafälten är större längre ut i perifera retina; därför är det logiskt att stimuli behöver vara större för dessa områden för att upplevelsen av färgen ska kunna vara lik den foveala upplevelsen. Flera tidigare studier (Gordon & Abramov, 1977; Noorlander et al, 1983; Kuyk, 1982) har visat att den perifera färgperceptionen kan vara lika bra som den foveala när stimuli är tillräckligt stort. Denna studie har utförts med samma stimulusstorlek för alla excentriciteter vilket troligen spelar stor roll för resultatet. Om storleken på stimuli hade ökats längre ut i periferin skulle deltagarna med stor sannolikhet ha kunnat urskilja de olika färgerna vid excentriciteter långt bortom de som har uppmätts här.

Den retinala bildstorleken vid excentriciteterna längre ut i periferin påverkas av avståndet mellan retina och stimuli. Eftersom det i den här studien har använts stimuli presenterade utmed en rak list så är avståndet till stimulus längre med ökande

excentricitet. Därmed upplevs stimulusstorleken mindre längre ut i periferin, vilket kan påverka resultatet. Den raka listen användes då en bågformad utrustning inte gick att lösa med de resurser som fanns tillgängliga. För framtida studier skulle en bågformad utrustning kunna rekommenderas, speciellt för att kunna mäta ännu längre ut i periferin utan att behöva öka storleken på stimuli.

Det skulle kunna tänkas att perceptionen vid 10° och 20° temporalt kan störas av blinda fläcken som är belägen i det området och är ca 5,5° bred och 7,5° hög. Stimulus, som endast var 0,5° i diameter (på 1m avstånd), skulle inte uppfattas om det hamnade i blinda fläckens vinkel. Men av de resultat som har fått fram i denna studie verkar inte blinda fläcken ha påverkat resultatet. Detta kan bero på att blinda fläcken är belägen ca 1,5° nedanför horisontalplanet. Samtliga färger kunde uppfattas vid både 10° och 20° excentricitet.

I den här studien användes fyra olika färger som deltagarna skulle uppfatta och skilja från varandra. Det testades däremot inte om det gick att urskilja olika nyanser av dessa färger eller om intensiteten på stimuli kunde ha påverkat färgperceptionen. Det kan tänkas att det är lättare att se skillnad på rött och grönt än på rött och rosa. Om deltagarna i denna studie inte hade fått veta vilka färger som skulle visas i förväg skulle deras svar eventuellt kunnat bli annorlunda. Den röda dioden kanske skulle ha beskrivits som rosa eller orange i vissa lägen. Som Gordon & Abramov (1977) visade upplevs små objekt som mindre mättade i periferin och därmed svårare att uppfatta den exakta nyansen. Eftersom upplösningen blir sämre med ökande excentricitet (Campbell & Green 1965) kan det tänkas att färgers detaljer, så som mättnad och nyans, blir svårare att urskilja i periferin. Det skulle därför vara intressant att göra en utökad studie där även dessa egenskaper undersöks.

Belysningen i rummet dämpades till 27 lux under tiden för undersökningen som tog ca 15-20 minuter. Det är möjligt att ögonen under denna tid anpassade sig till mörkret. Denna mörkeradaptation kan påverka färgperceptionen, som Moreland & Cruz (1959) och Stabell & Stabell (1995) spekulerat i och delvis visat. Under mörkare förhållanden mätas färgerna av och det blir svårare att urskilja specifika färger. Om detta är fallet i den här studien kan det delvis vara anledningen till att deltagarna hade svårare att urskilja färgerna längre ut i periferin. Studien utfördes i ordning efter excentricitet med start vid 0°. Excentriciteterna längre ut, 50° och 60°, testades alltså när ögonen hade adapterats till en dämpad belysningsstyrka under längre tid än när färgperceptionen vid 0° testades. Det skulle kanske därför vara bättre att ha utfört studien under ljusare

förhållanden. Något som skulle vara intressant är att jämföra detta test när det utförs under mörkare förhållanden med samma test som utförs under ljusare förhållanden.

I den här studien utfördes ingen refraktion på deltagarna innan testet genomfördes. Samtliga deltagare bar (om aktuellt) habituell korrektion. En anledning till att en refraktion inte utfördes var att testet till största del utförs i periferin. Om deltagarna skulle ha behövt vara fullkorrigerade för de excentriciteter som testades skulle en refraktion behövs utföras för varje punkt. Ytterligare en anledning var för att få en bild av färgperceptionen hos människor i verkligheten. I verkligheten har inte alla människor samma synskärpa. Troligtvis skulle en refraktion inte ha påverkat resultatet i den här studien och därför beslutades det att en refraktion inte behövde utföras på deltagarna.

Deltagarna fick ha maximalt synfel $\pm 6D$. Detta valdes för att begränsa urvalsgruppen något och för att minska eventuella effekter av refraktiva fel. Samtidigt fås en bredd av olika synfel vilket också (delvis) speglar verkligheten.

Antalet deltagare i denna studie valdes till tio stycken då tiden inte troddes räcka till för att göra fler undersökningar. Detta kan ses som en liten pilotstudie. Trots få deltagare kan ett samband ses mellan färgperception och excentricitet. Det skulle behövas göra en studie med fler deltagare för att bättre kunna utvärdera färgperceptionen i periferin.

6 Slutsats

I den här studien har fokus legat på att ta reda på om färgperception är möjligt i perifera synfältet men även på att hitta ett samband mellan färgperception och excentricitet. Uppenbarligen går det att uppfatta färger i periferin, åtminstone ut till 50° excentricitet. Det visade sig också att färgperceptionen blir sämre längre ut i periferin. Båda frågeställningarna för denna studie kunde besvaras.

Referenser

- Campbell, F.W. & Green, D.G. (1965). Optical and retinal factors affecting visual resolution. *Journal of Physiology*, 181(3), ss. 576-593.
- Curcio, C.A., Allen, K.A., Sloan, K.R., Lerea, C.L., Hurley, J.B., Klock, I.B., Milam, A.H. (1991). Distribution and morphology of human cone photoreceptors stained with anti-blue opsin. *Journal of comparative neurology*, 312(4), ss. 610-624.
- Gordon, J. & Abramov, I. (1977). Color vision in the peripheral retina. II. Hue and saturation. *Journal of the Optical Society of America*, 67(2), ss. 202-207.
- Kuyk, T.K. (1982). Spectral sensitivity of the peripheral retina to large and small stimuli. *Vision Research*, 22(10), ss 1293-1297.
- Moreland, J.D & Cruz, A.C. (1959). Colour Perception with the Peripheral Retina. *Journal of Modern Optics*, 6(2), ss. 117-151.
- Noorlander, C., Koenderink, J.J., den Ouden, R.J., Edens, B.W. (1983). Sensitivity to spatiotemporal colour contrast in the peripheral visual field. *Vision Research*, 23(1), ss. 1-11.
- Oduntan, A.O. & Sehlapelo, R.R. (2007). Effect of optical defocus on colour perception. *African Vision and Eye Health*, 66(2), ss. 77-81.
- Purves, D. & Lotto, R.B. (2003). *Why we see what we do: Empirical theory of vision*. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Rosenfield, M. & Logan, N. (2009). *Optometry: Science, Techniques and Clinical Management*. 2. uppl., Amsterdam: Elsevier Ltd.
- Stabell, B. & Stabell, U. (1996). Peripheral colour vision: effects of rod intrusion at different eccentricities. *Vision Research*, 36(21), ss. 3407-3414.
- Valberg, A. (2005). *Light vision color*. West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd.

Webster, M. (2010). Color perception. I: E.B. Goldstein (red.) *Encyclopedia of Perception*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc. DOI: <http://dx.doi.org/10.4135/9781412972000.n89>

Wikimedia commons (2005). *CIE Chromaticity Diagram*.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cie_chromaticity_diagram_wavelength.png
[2017-05-12]

Wikimedia commons (2011). *Cone Response*.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cone-response.svg> [2017-05-11]

Wilson, M.E. (1970). Invariant features of spatial summation with changing locus in the visual field. *Journal of Physiology*, 207(3), ss. 611-622.

Bilagor

Bilaga A Informerat samtycke

Informerat samtycke – Färgseende i perifera synfältet

Målet med studien är att undersöka om det går att urskilja färger i det perifera synfältet.

Du kommer först att få genomgå ett kort färgseendetest. Om detta test visar att du har normalt färgseende, kommer sedan mätningen att genomföras.

Du kommer att få fixera blicken mot en central punkt. Därefter kommer olikfärgade lampor att tändas vid olika vinklar i periferin och du ska identifiera färgen på dessa. Mätningen kommer att utföras på ett öga.

Tiden för mätningen är ca 45 minuter och du som forskningsperson utsätts vare sig för risker eller obehag.

Registreringen av mätningarna kommer endast att göras med ålder och kön. All mätdata avidentifieras i rapporten och ingen obehörig kommer att få tillgång till resultaten.

Jag har muntligt och skriftligen informerats om studien och har tagit del av ovanstående skriftliga information. Jag är medveten om att mitt deltagande i studien är fullt frivilligt och att jag när som helst och utan närmare förklaring kan avbryta mitt deltagande.

Jag samtycker till att delta:

.....

Namn: Datum:

Födelseår/månad:/..... Man ... Kvinna

Bilaga B Protokoll

Excentricitet	R					G					B					V				
0																				
10																				
20																				
30																				
40																				
50																				
60																				

Linnéuniversitetet
Kalmar Växjö

Lnu.se