KU LEUVEN | UNIVERSITEIT GENT | UNIVERSITEIT ANTWERPEN | VU BRUSSEL

INTERUNIVERSITAIRE GGS-OPLEIDING JEUGDGEZONDHEIDSZORG

DE ISHIHARA-TEST IN HET KADER VAN DE SCREENING NAAR KLEURZINAFWIJKINGEN IN HET CLB:

VERGELIJKEND ONDERZOEK NAAR DE WAARDE BIJ GEBRUIK VAN EEN OUDE OF EEN NIEUWE TEST

Meredith Verlooy

Promotor: Prof. Dr. K. Hoppenbrouwers
Co-promotor: Dr. C. Guérin

Verhandeling voorgedragen tot het behalen van de graad van Gediplomeerde in de Gespecialiseerde Studies in de Jeugdgezondheidszorg

Juni 2005

Voorwoord

Als arts werkzaam in een CLB heb ik aan den lijve kunnen ondervinden wat de meerwaarde is van het combineren van een opleiding in de jeugdgezondheidszorg met het werken in dezelfde sector. Natuurlijk is het combineren van deze twee opdrachten niet te onderschatten, iets dat eens te meer duidelijk is geworden tijdens het intensief werken aan dit eindwerk, dat het sluitstuk vormt van de opleiding. Het tot een goed einde brengen van dit eindwerk heeft een belangrijke investering gevraagd van tijd en energie.
Gelukkig heb ik bij dit project kunnen rekenen op de steun van verschillende mensen, die ik hier zeer oprecht en hartelijk wil bedanken.

Eerst en vooral gaat mijn dank uit naar mijn promotor, Prof. Dr. Karel Hoppenbrouwers van de dienst Jeugdgezondheidszorg van de KULeuven, die mij uitstekend begeleid heeft bij het hele proces van het verzamelen van gegevens en informatie tot het bundelen ervan in een gestructureerde vorm en mij telkens weer het vertrouwen wist te geven in een goede afloop.

Daarnaast wil ik mijn copromotor, Dr. Cécile Guérin, wetenschappelijk medewerker van de Vlaamse Wetenschappelijke Vereniging voor Jeugdgezondheidszorg (VWVJ), bedanken voor haar onstuitbare enthousiasme en persoonlijke tijdsinvestering in alle praktische en technische ondersteuning, zonder dewelke dit alles niet mogelijk zou zijn geweest.

Uiteraard gaat zeer veel dank uit naar mijn collega arts, Dr. Patricia Vanderveeren, die de onderzoeksgroep uit de regio Tienen-Landen voor haar rekening nam en zo, door haar belangeloze inzet bovenop het eigen werk, mijn onderzoekspopulatie meer dan verdubbelde.

Ook wil ik mijn dank uitspreken naar alle verpleegkundigen van ons CLB die zonder mopperen rekening hielden met de vertragende factor bij het algemeen consult van het vijfde leerjaar en zich moeiteloos aanpasten aan de organisatorische rompslomp.

Als laatste, maar zeker niet in het minst, dank ik mijn familie, met in de eerste plaats mijn echtgenoot Jimmy voor het geduld en de morele ondersteuning, maar ook mijn schoonmoeder voor het met veel plezier uit handen nemen van heel wat huishoudelijke bekommernissen tijdens de finale fase van dit eindwerk, en mijn zoontje, Sander, die het meermaals enkele dagen zonder zijn mama moest stellen.

Voor u ligt het resultaat van hard werk en de inspanningen van al deze mensen.
Ik wens u veel leesplezier.

Inhoudstafel

Voorwoord 1
Inhoudstafel 2
Samenvatting 3
Inleiding 5
Deel 1: Literatuuronderzoek 7
Inleiding 7
Doelstelling van het literatuuronderzoek 7
Methodologie van het literatuuronderzoek 7
Resultaten van het literatuuronderzoek 8
1. Licht en kleur 8
1.1 Kleurmenging 9
1.2 Kenmerken van een kleur 10
1.3 De kleurendriehoek 10
2. Het oog 11
2.1 Anatomie van het oog 11
2.2 Fysiologie van het oog 12
3. Het kleurenzicht 15
4. Kleurzinafwijkingen 16
4.1 De congenitale dyschromatopsieën 16
4.1.1 Indeling [1,4,5,6] 16
4.1.2 Praktische implicaties 17
4.1.3 Prevalentie 19
4.1.4 Erfelijkheid 19
4.1.5 Behandeling 21
4.2 Verworven dyschromatopsieën 21
5. Het kleurzinonderzoek 22
5.1 Overzicht van de meeste gebruikte kleurzintests 22
5.1.1 Pseudo-isochromatische tests 22
5.1.2 Rangschikkingstests 25
5.1.3 Kleurbepalingstests 28
5.1.4 Anomaloscopen 28
5.1.5 Gespecialiseerd onderzoek 29
5.2 Systematische screening van kleurzinstoornissen in het CLB 30
6. De Ishihara-test van dichtbij bekeken 33
6.1 Aanbevelingen van de auteur 33
6.2 Gegevens uit de literatuur 35
Deel 2: Eigen onderzoek 39
1. Inleiding 39
2. Doelstelling en onderzoeksvragen 39
3. Methodologie 40
3.1 Onderzoekspopulatie 40
3.2 Test, testprocedure en omstandigheden van testafname 40
3.3 Registratieformulieren 41
3.4 Databeheer en analyse 42
4. Resultaten 42
4.1 Onderzoeksgroep P (166 leerlingen) 42
4.2 Onderzoeksgroep M (129 leerlingen) 45
4.3 Vergelijking van de twee onderzoeksgroepen 48
5. Discussie 50
6. Besluit en aanbevelingen voor de jeugdgezondheidszorg 56
Referenties 59
Bijlagen 61

Samenvatting

De screening naar kleurzinafwijkingen bij de schoolgaande jeugd behoort in Vlaanderen tot één van de basisonderdelen van het periodiek medisch onderzoek uitgevoerd door de Centra voor Leerlingen Begeleiding, met behulp van een selectie van 13 platen uit de Ishihara-test.

In het eerste deel van dit eindwerk wordt een overzicht gegeven van de literatuur die handelt over het kleurenzicht, de kleurzinafwijkingen en de meest gebruikte tests binnen het kleurzinonderzoek. De literatuur over de Ishihara-test in het bijzonder wordt meer uitgebreid belicht, met aandacht voor de waarde als screeningstest, het bepalen van een cut-off waarde tussen normale en abnormale kleurzin, de discussie over het verschil in kleurkwaliteit tussen verschillende edities van de test en de specifieke vereisten van omstandigheden van testafname.

In het tweede deel komt het onderzoek aan bod dat werd uitgevoerd naar aanleiding van dit werk.

Doel van het onderzoek was te achterhalen of er een verschil is in resultaten bekomen met een oud of een nieuw exemplaar van de Ishihara-test, en of deze verschillen enige invloed hebben op het aantal verwijzingen dat eruit volgt.

Hiervoor werden 317 leerlingen uit het vijfde leerjaar uit de regio Leuven-Tienen-Landen onderzocht met twee exemplaren van de Ishihara-test. De onderzoeken werden uitgevoerd door twee onderzoekers die elk gebruik maakten van een oude test (uit 1960 versus 1967) en een nieuwe test (beide uit 2004). Hierdoor was sprake van twee onderzoeksgroepen.

Uit de gegevens die op deze manier verzameld werden komt duidelijk naar voor dat er grote verschillen zijn tussen de resultaten die behaald werden op de verschillende testen. Er is een verschil tussen nieuwe en oude test dat echter niet interpreteerbaar blijkt daar de twee onderzoeksgroepen elkaar hierin tegenspreken en de verschillen tussen de groepen onderling veel groter zijn.

Ook de twee nieuwe testen blijken onderling een belangrijk verschil te vertonen, dat mogelijk verklaard kan worden door een verschil in kleurkwaliteit van bepaalde platen.

Er werden meer fouten gemaakt in één van beide onderzoeksgroepen, waardoor hier ook veel meer verwijzingen uit volgen bij strikte toepassing van de verwijscriteria. Dit kan verklaard worden door een klein verschil in afnamemethode tussen de twee onderzoekers.

Bij analyse van alle soorten fouten maken we onderscheid tussen drie categorieën: typische fouten, waarmee we alle fouten bedoelen die typisch uitgelokt worden door de opmaak van de platen (en die dus in principe het best op een echte kleurzinafwijking wijzen); “design-fouten”, waarmee alle fouten worden bedoeld die verklaarbaar zijn door verwarring tussen twee cijfers die door hun design veel op elkaar lijken; en vergissingen, welke de

overblijvende fouten zijn die niet tot de andere twee categorieën behoren. De “design-fouten” en de vergissingen worden meer gemaakt naarmate een leerling minder tijd neemt om de platen te bekijken, het aantal typische fouten wordt hier ook door beïnvloed, doch vertoont opvallende verschillen tussen de exemplaren van de tests. Of dit te wijten is aan verschillen in kleurkwaliteit dient verder onderzocht te worden, door middel van kleuranalyse. Een preliminaire kleuranalyse van een van de platen van de Ishihara-test (zowel van oude als nieuwe exemplaren) geeft alvast de indruk dat de kleurkwaliteit kan veranderen met de tijd en met uitvoerig gebruik van de test.

Uit de resultaten van het onderzoek proberen we tenslotte een aanzet te geven naar aanbevelingen voor het afnemen van de Ishihara-test en het doorverwijzen bij vermoeden van een afwijking binnen de jeugdgezondheidszorg.

Inleiding

In de westerse bevolking lijdt 8% van de mannelijke en 0.4% van de vrouwelijke populatie aan een aangeboren kleurzinstoornis. Hoewel de meeste van deze personen aangeven geen grote problemen te ondervinden in het dagelijkse leven, zijn er wel wat beperkingen wat betreft de beroepsloopbaan van deze mensen. En aangezien de beroepsloopbaan voor een groot deel bepaald wordt door keuzes die jonge mensen maken tijdens de studieperiode, is het vroeg opsporen van deze kleurzinstoornissen van belang in het voorkomen van teleurstellingen en eventuele mislukkingen in een later stadium.

In Vlaanderen vindt de screening naar kleurzinafwijkingen plaats als onderdeel van een meer uitgebreid visusonderzoek in het kader van het algemeen medisch onderzoek uitgevoerd door de Centra voor Leerlingen Begeleiding (CLB). Er wordt gebruik gemaakt van de wereldwijd meest gebruikte screeningstest voor kleurzinstoornissen, namelijk de Ishihara-test.

De aanbevelingen voor een goede uitvoering van dit visusonderzoek worden aangereikt door de Vlaamse Wetenschappelijke Vereniging voor Jeugdgezondheidszorg (VWVJ) in de vorm van een standaard. In deze standaard worden onder andere richtlijnen gegeven over de selectie van 13 platen die voor het kleurzinonderzoek gebruikt dienen te worden en over de ideale omstandigheden van testafname. Hoewel er van de Ishihara-test verschillende edities in omloop zijn van zowel 38 platen als 24 platen, uit zeer verschillende jaartallen, is er geen richtlijn die aangeeft of er een voorkeur bestaat voor één van deze versies en dit om de eenvoudige reden dat er geen gegevens bekend zijn over het belang van mogelijke verschillen tussen deze edities.

Het is te verwachten dat jarenlang gebruik van een Ishihara-test bij grote groepen kinderen de kwaliteit van de kleurplaten zal aantasten. Wanneer men de kleurplaten van een nieuwe test naast de respectievelijke kleurplaten van een oude (en veel gebruikte) test legt vallen onmiddellijk aanzienlijke kleurverschillen op.

Het eindwerk dat voor u ligt probeert een antwoord te vinden op de vraag of de ouderdom van een Ishihara-test (zonder onderscheid te maken tussen de verschillende edities), en de kleurverschillen die dit met zich meebrengt, invloed heeft op de resultaten die men ermee bekomt.

Het antwoord op deze vraag zou kunnen bijdragen tot aanbevelingen met betrekking tot de duurzaamheid en eventueel een voorkeur voor bepaalde edities van de Ishiharatest.

De tekst van dit eindwerk bestaat uit twee delen.

Het eerste deel bevat een literatuuroverzicht waarmee getracht wordt een algemeen inzicht te krijgen in de materie van het kleurenzicht, de kleurzinstoornissen en de praktijk van het kleurzinonderzoek, met speciale aandacht voor de Ishihara-test.
In het tweede deel volgt een beschrijving van het onderzoek dat werd uitgevoerd in het kader van dit eindwerk. Hier komt de studieopzet aan bod, de bekomen resultaten en een discussie die een interpretatie probeert te geven van deze resultaten.
Tot slot wordt een besluit geformuleerd en wordt getracht om een aanzet te geven naar aanbevelingen voor de uitvoering van het kleurzinonderzoek binnen de jeugdgezondheidszorg.

Deel 1: Literatuuronderzoek

Inleiding

De literatuur biedt ons een ongelofelijke schat aan informatie over de meest uiteenlopende onderwerpen. Men kan deze raadplegen in boeken en cursussen, maar voor recente gegevens en specifieke aspecten van een bepaald onderwerp moet men te rade gaan bij artikels in de talloze beschikbare tijdschriften.
Voor de onderzoeker met weinig ervaring dreigt het wel eens moeilijk te worden om tussen de bomen het bos nog te zien. Men moet dan selecteren welke informatie relevant is en wat men terzijde legt.
Men hoopt uiteindelijk om een zo juist en volledig mogelijk overzicht te geven van deze literatuur, in een voor de lezer overzichtelijke en aangenaam leesbare vorm.
Het is een moeizaam proces waar men doorheen moet, maar waar men uiteindelijk veel voldoening uit kan halen. Dat was niet anders voor deze literatuurstudie.

Doelstelling van het literatuuronderzoek

De doelstelling van het literatuuronderzoek is om een algemeen inzicht te krijgen in de materie van het kleurenzicht, de kleurzinstoornissen en de praktijk van het kleurzinonderzoek.
Verder werd getracht via literatuuronderzoek een wat diepgaandere kennis te verwerven over de Ishihara-test, met ervaringen uit andere studies en in het bijzonder de beschreven knelpunten bij het afnemen en het interpreteren ervan.

Methodologie van het literatuuronderzoek

Voor het beschrijven van de basis van anatomie en fysiologie werd gebruik gemaakt van een aantal werken uit eigen bibliotheek.
De specifieke informatie over kleurzinstoornissen en kleurzintesten is gebaseerd op het zeer volledige werk van Uvijls, ‘Kleurenzien en kleurzin-stoornissen voor de practici’ (1998), aangevuld met nieuwe gegevens uit de literatuur. Aangezien het boek van Uvijls beschikt over een enorm uitgebreide literatuurlijst die een overzicht biedt van de relevante artikels over deze materie tot ergens halverwege de jaren negentig, is de bijkomende literatuursearch beperkt tot de artikels verschenen in de laatste tien jaar.

De literatuursearch werd opgezet via Pubmed.

Als limieten werden in eerste instantie gekozen: leeftijd 6-12j (child), publicatie type review, publicatiedatum 1995-2005. Later werd de search ook uitgevoerd voor alle publicatietypes.

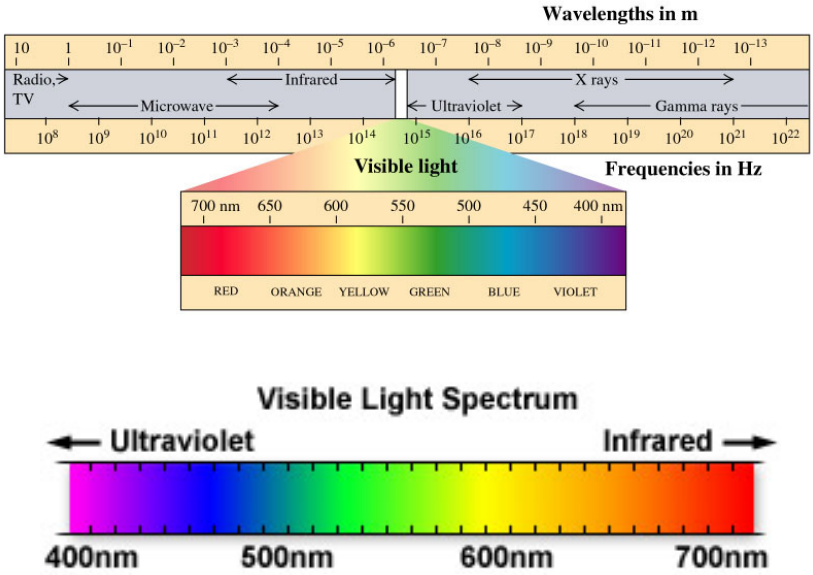
Als zoektermen werden gebruikt: mesH-termen “color perception”, “color perception/physiology”, “color vision defects”. Als niet-mesH-termen kwamen ook aan bod: “color vision”, “color blindness” en “dyschromatopsia”.

In een later stadium, op zoek naar specifieke informatie over de verschillende kleurzintesten in vergelijking met de Ishihara-test, werd de limiet op leeftijd weggelaten en werd gekozen voor de zoekterm “Ishihara” als tekstwoord. Uit de lange lijst artikels die deze search opleverde werden de meest relevante geselecteerd en werden hiervan de ‘related articles’ opgevraagd.

Uit de resultaten van deze verschillende zoekstrategieën werd geselecteerd op basis van het abstract. De artikels die relevant leken voor het verzamelen van de basiskennis of specifieke informatie konden leveren werden online of via de biomedische bibliotheek opgezocht en zo nodig besteld.

Resultaten van het literatuuronderzoek

1. Licht en kleur



Figuur 1: Het elektromagnetische spectrum en het spectrum van het zichtbare licht [3]

Licht is het kleine gedeelte van het elektromagnetische spectrum waarvoor het menselijk oog gevoelig is. Alle elektromagnetische golven uit dit spectrum hebben een bepaalde golflengte voorgesteld door λ en uitgedrukt in nanometers. Het spectrum waarvoor het menselijk oog gevoelig is, het zichtbare licht, ligt tussen 380 nm en 780 nm (zie figuur 1). Licht van verschillende golflengtes wordt waargenomen als verschillende kleuren.

1.1 Kleurmenging

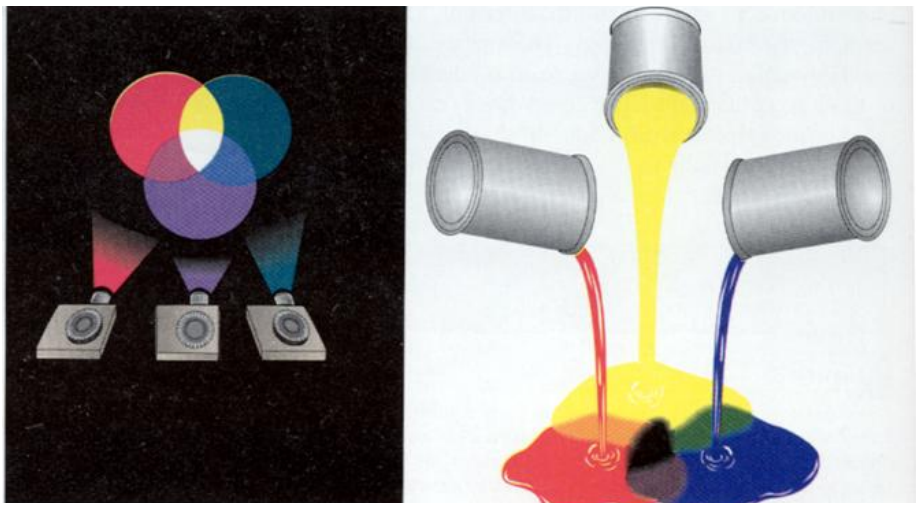
De grondslag voor het onderzoek van licht en kleur werd in 1666 gelegd door de Engelse natuurkundige Isaac Newton.

Hij ontdekte dat wit licht als het door een prisma valt uiteenvalt in alle kleuren van de regenboog naast elkaar gerangschikt in gelijke hoeveelheden, en dat als al deze kleuren worden samengevoegd door een prisma er terug wit licht ontstaat.

Later ontdekte men dat dit kwam doordat alle golflengten van het licht een andere breking hebben en dus gescheiden worden door een prisma. Hieruit volgt dat wit licht bestaat uit licht van alle golflengten in gelijke hoeveelheden.

Op deze bevindingen zijn de huidige theorieën over kleurmenging gebaseerd.

- *De additieve kleurmenging*: Hieronder verstaan we het mengen van licht van verschillende kleuren. Er zijn drie primaire kleuren waaruit alle andere kleuren van het spectrum kunnen gevormd worden: rood, groen en blauw. Voor menging van lichtbundels geldt: rood en groen vormen samen geel; rood en blauw geven samen magenta; groen en blauw vormen cyaan. Lichtbundels van de drie primaire kleuren gemengd in gelijke hoeveelheden geven wit licht (zie figuur 2).
- *De subtractieve kleurmenging*: Hiermee wordt bedoeld het mengen van kleurstoffen. De kleur die een verfsoort bijvoorbeeld heeft wordt bepaald door welke component van het invallende witte licht vooral geabsorbeerd wordt. Bijgevolg zullen de kleuren die ontstaan door menging van kleurstoffen helemaal anders zijn dan bij menging van licht.



Figuur 2: Additieve en subtractieve kleurmenging [3]

1.2 Kenmerken van een kleur

Een kleur wordt gekarakteriseerd door drie kenmerken: de helderheid, de kleurtint en de saturatie.

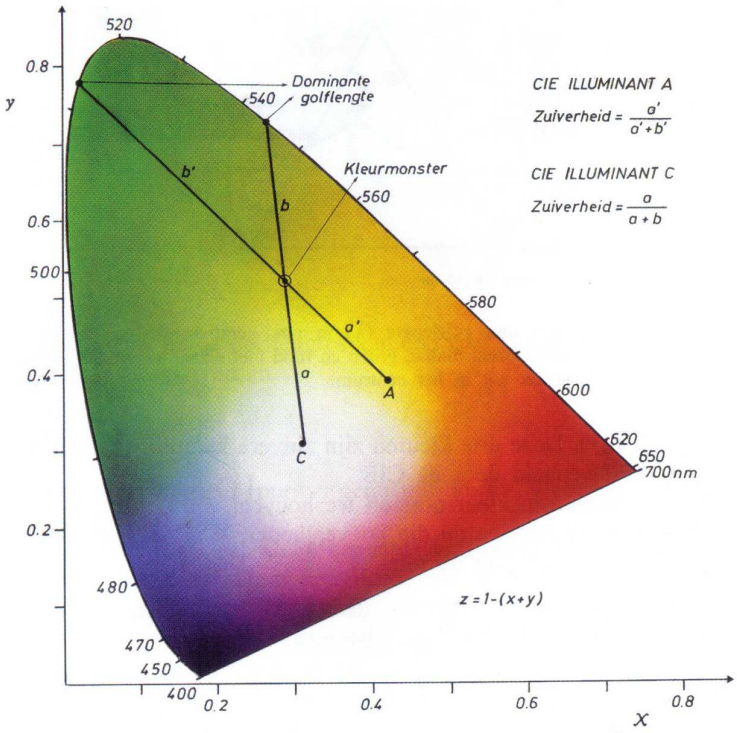
- *Helderheid*: De hoeveelheid energie die uitgaat van een kleur (lichtbron of object dat licht reflecteert) bepaalt de helderheid (of *luminantie*) ervan.
- *Kleurtint*: deze wordt bepaald door de dominerende golflengte van een kleur.
- *Saturatie*: komt overeen met de term zuiverheid. Een kleur heeft de hoogste saturatie wanneer hij bestaat uit slechts één golflengte (dit is een zuivere spectrale kleur). Wanneer meerdere golflengten worden toegevoegd (of meer wit licht) daalt de saturatie.

1.3 De kleurendriehoek

De kleurendriehoek geeft een voorstelling van alle kleuren in een plat vlak en werd in 1931 door de Commision Internationale de l'Eclairage (CIE) gestandaardiseerd.

Van elke bestaande kleur werd genoteerd hoeveel van de drie primaire kleuren nodig was om ze na te maken. Door wiskundige omzettingen van deze hoeveelheden konden deze kleuren uitgezet worden op een kleurendiagram zoals getoond in figuur 3.

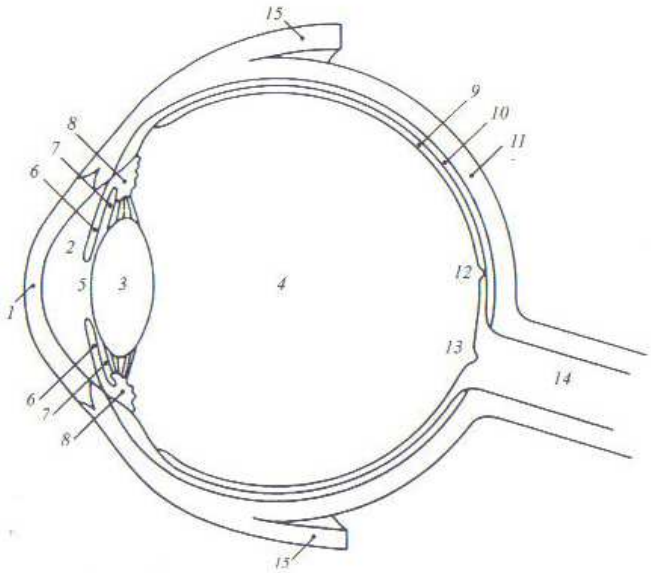
In dit kleurendiagram liggen alle zuivere spectrale kleuren op een paraboolvormige spectrumkromme, alle kleuren binnen deze kromme zijn mengkleuren. Hoe verder men zich verwijdert van deze kromme hoe meer wit licht aan de kleuren is toegevoegd en hoe lager de saturatie dus. Centraal is het wit licht aangegeven, het zogenaamde C-licht wat overeenkomt met gemiddeld daglicht. Alle kleuren die liggen op de rechte lijn van het wit punt naar de spectrumkromme hebben dezelfde dominante golflengte.



Figuur 3: De kleurendriehoek van de CIE (1931)[1]

2. Het oog

2.1 Anatomie van het oog



Figuur 4: doorsnede van het menselijk oog.[1]

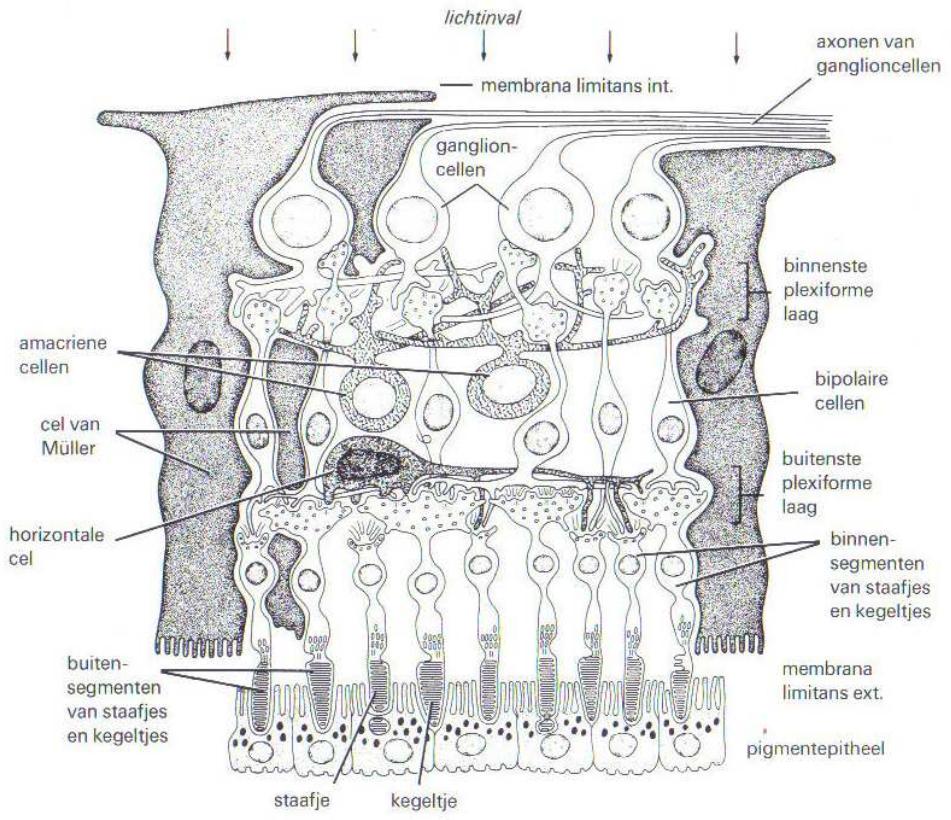
Figuur 4 toont een doorsnede van het oog waarbij de belangrijkste structuren worden aangegeven:

1. De cornea of het hoornvlies
2. De voorste oogkamer, gevuld met een waterachtig vocht
3. De ooglens
4. Het glasvocht, bestaande uit een doorzichtige viskeuze massa
5. De pupil, de centrale opening in de iris
6. De iris of het regenboogvlies, dat de kleur geeft aan het oog
7. De achterste oogkamer, staat in verbinding met de voorste oogkamer en is gevuld met hetzelfde waterachtige vocht
8. Het corpus ciliare, een spiermechanisme dat zorgt voor de accommodatie van het oog
9. Het netvlies of de retina
10. Het vaatvlies of de choroidea, dit voorziet het netvlies van bloed
11. De sclera, het wit van het oog
12. De macula of de gele vlek met centraal de fovea centralis, de plaats op het netvies waarmee men het scherpst ziet
13. De papil of de zenuwschijf, dit is de plaats waar alle zenuwen het oog verlaten en die ongevoelig is voor lichtstralen, dit wordt daarom de blinde vlek genoemd
14. De nervus opticus of de oogzenuw waardoorheen alle zenuwvezels hun weg vinden naar het centraal zenuwstelsel
15. De uitwendige oogspieren, verantwoordelijk voor de oogbewegingen

2.2 Fysiologie van het oog

De cornea is het eerste deel van het oog waar het licht op invalt. Hier ondergaat het licht voor de eerste maal een breking. Daarna passeert het door de pupil en valt in op de ooglens. De pupil beschikt over de eigenschap om door middel van een deels circulaire en deels radiale spier zijn grootte aan te passen aan de lichtsterkte en zo de hoeveelheid binnenvallend licht te regelen. Door de ooglens wordt het licht voor de tweede maal gebroken. De ooglens zal afhankelijk van de afstand waarop het waargenomen voorwerp zich bevindt meer of minder gekromd worden waardoor het licht geconvergeerd en geprojecteerd wordt op het netvlies. Bij een normaal oog komen de lichtstralen zodoende in een brandpunt op het netvlies samen.

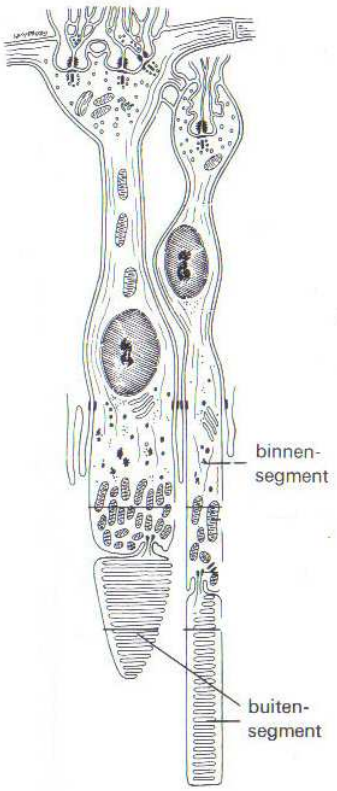
Het netvlies is het lichtgevoelige element van het oog en eigenlijk een deel van de hersenen. Hoewel de dikte slechts 0.2 mm bedraagt bestaat het uit een tiental verschillende lagen. Figuur 5 toont een doorsnede van het netvlies.



Figuur 5: Doorsnede door het netvlies, met de verschillende lagen. De pijlen geven de richting van de lichtinval aan.[2]

De lichtgevoelige cellen of de fotoreceptorcellen liggen langs de achterkant van het netvlies. Het licht moet dus eerst door de andere lagen dringen voor het opgevangen wordt door de fotoreceptorcellen. De visuele informatie wordt vervolgens doorgegeven aan de bipolaire cellen en vandaar naar de gangliocellen waarna ze door de axonen van deze cellen via de nervus opticus naar de hersenen wordt gevoerd.

Er bestaan twee soorten fotoreceptorcellen: de staafjes en de kegeltjes. Elke fotoreceptorcel bestaat uit vier verschillende delen: een buitenste segment, een binnenste segment, een cellichaam en een synaptisch uiteinde dat contact maakt met de bipolaire cel (zie figuur 6). Het buitenste segment is het lichtgevoelige gedeelte en bestaat uit een opeenstapeling van platte vesikels die in hun membraan het fotopigment hebben dat verantwoordelijk is voor het omzetten van een visuele prikkel in een activatie van de zenuwcellen.



Figuur 6: Detail van een staafje en een kegeltje.[2]

De staafjes en de kegeltjes hebben ieder een specifieke functie binnen de visus.

Staafjes zijn het meest gevoelig voor activatie door lichtstralen, er is maar één enkel foton nodig om reeds een signaal door te geven aan de hersenen. Staafjes alleen kunnen echter geen scherpe details weergeven. Bijgevolg zijn zij voornamelijk verantwoordelijk voor het zicht bij zeer zwakke verlichting (scotopisch zicht).

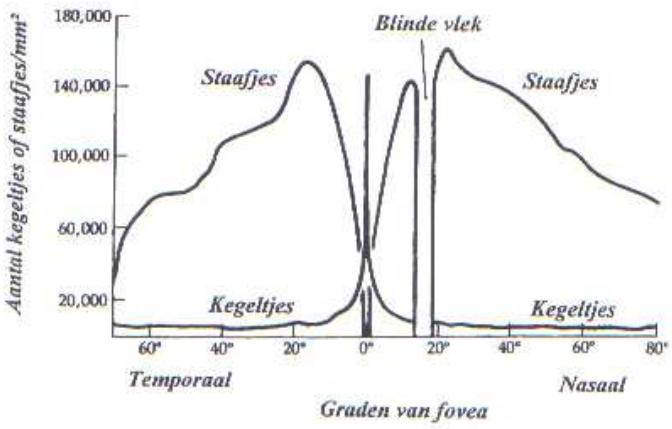
Kegeltjes zijn veel minder gevoelig voor activatie door lichtstralen, maar zijn verantwoordelijk voor het scherp zicht en voor het waarnemen van kleuren. Hun functie is dan ook het zicht bij heldere verlichting (fotopisch zicht).

Naar schatting zou het netvlies van het menselijk oog 100-130 miljoen staafjes en 5-7 miljoen kegeltjes bevatten.[1] Deze zijn niet gelijkmatig verdeeld over het netvlies.

Naar het centrum van het netvlies toe nemen de kegeltjes in aantal toe, in de macula komen zelfs bijna uitsluitend kegeltjes voor. Dit gebied geeft dan ook de duidelijkste waarneming, waarbij de fovea ons een scherp en gedetailleerd kleurenbeeld oplevert.

De staafjes daarentegen nemen toe naar de omtrek van het netvlies.

De papil of blinde vlek bezit staafjes noch kegeltjes. (figuur 7)



Figuur 7: Verdeling van staafjes en kegeltjes over het netvies [1]

3. Het kleurenzicht

De kegeltjes kunnen onderverdeeld worden in drie types. Ieder type bevat een andere soort fotopigment dat ervoor zorgt dat de drie soorten kegeltjes ieder een andere maximale spectrale gevoeligheid hebben. Dat wil zeggen dat de drie soorten kegeltjes ieder geactiveerd worden door licht van een andere golflengte.

Eén type kegeltjes wordt geactiveerd door licht van 430 nm golflengte (blauw licht), deze worden zodoende de *blauwe kegeltjes* genoemd.

Een ander type reageert op licht met een golflengte van 530 nm (groen licht), dit worden de *groene kegeltjes* genoemd.

Het derde type kegeltjes is actief bij een golflengte van 560 nm (rood licht), dit zijn de *rode kegeltjes.*

Iedere kleurtint binnen het zichtbare licht is samengesteld uit de drie primaire kleuren: blauw, groen en rood. Dit werd in 1802 reeds aangetoond door de britse fysicus Thomas Young. Als men deze drie primaire kleuren samenvoegt in gelijke hoeveelheden bekomt men wit licht.[3]

Zo kan men begrijpen dat gelijk welke kleur door de hersenen kan waargenomen worden door de relatieve bijdrage van activatie door de blauwe, groene en rode kegeltjes op te tellen.

4. Kleurzinafwijkingen

Bij een normale persoon (trichromaat) werken de drie types kegeltjes naar behoren, zo is het mogelijk om elke kleur juist waar te nemen door het samenvoegen van de indrukken van de drie grondkleuren in de gepaste verhoudingen. Men kan het trichromatisch systeem voorstellen door de symbolen R (rood), G (groen), B (blauw) voor de drie primaire kleuren, waarbij de gevoeligheid van het oog bij trichromaten dus even groot is voor deze drie kleuren.
Bij kleurzinstoornissen of dyschromatopsieën kan de persoon moeilijk onderscheid maken tussen verschillende kleuren doordat het oog minder gevoelig of totaal ongevoelig wordt voor 1 of meer primaire kleuren. In geval van verminderde gevoeligheid voor een bepaalde kleur, wordt dit aangeduid met een kleine letter, in tegenstelling tot een hoofdletter wanneer het normaal is en een - in geval van ongevoeligheid.

We kunnen onderscheid maken tussen twee groepen afwijkingen, nl. de congenitale dyschromatopsieën en de verworven dyschromatopsieën.

4.1 De congenitale dyschromatopsieën

4.1.1 Indeling [1,4,5,6]

- *Anomale trichromaten*: er is een verminderde waarneming van één primaire kleur. Men spreekt van protanomalie (r,G,B), deuteranomalie (R,g,B) en tritanomalie (R,G,b) bij een verminderde waarneming van respectievelijk rood, groen en blauw, over *trichromasie* in het algemeen Dit ontstaat als het fotopigment van een bepaald type kegeltjes afwijkend is. Iedere kleur waarbij dit kegeltje een rol speelt zal afwijkend worden waargenomen.
- *Dichromaten*: er is een afwezigheid van gevoeligheid voor één primaire kleur doordat één type kegeltjes totaal geen fotopigment bevat. Hier spreekt men van protanopie (-,G,B), deuteranopie (R,-,B) en tritanopie (R,G,-), en van *dichromasie* in het algemeen.
- *Monochromaten*: er is gevoeligheid voor slechts één primaire kleur, slechts één type kegeltjes bevat fotopigment. Men spreekt van rode kegelmonochromaten (R,-,-), groene kegelmonochromaten (-,G,-) en blauwe kegelmonochromaten (-,-,B).
- *Achromaten*: Hier maakt men onderscheid tussen de complete vorm (-,-,-) waarbij een ongevoeligheid bestaat voor om het even welke kleur en de incomplete vorm (r,-

,-), (-,g,-) of (-,-,b) waarbij de gevoeligheden voor de respectievelijke primaire kleuren zeer gering zijn.

Men spreekt kortweg van *protan*-stoornissen wanneer men het heeft over zowel protanomalie en protanopie, over *deutan*-stoornissen bij deuteranomalie en deuteranopie en over *tritan*-stoornissen voor tritanomalie en tritanopie.

4.1.2 Praktische implicaties

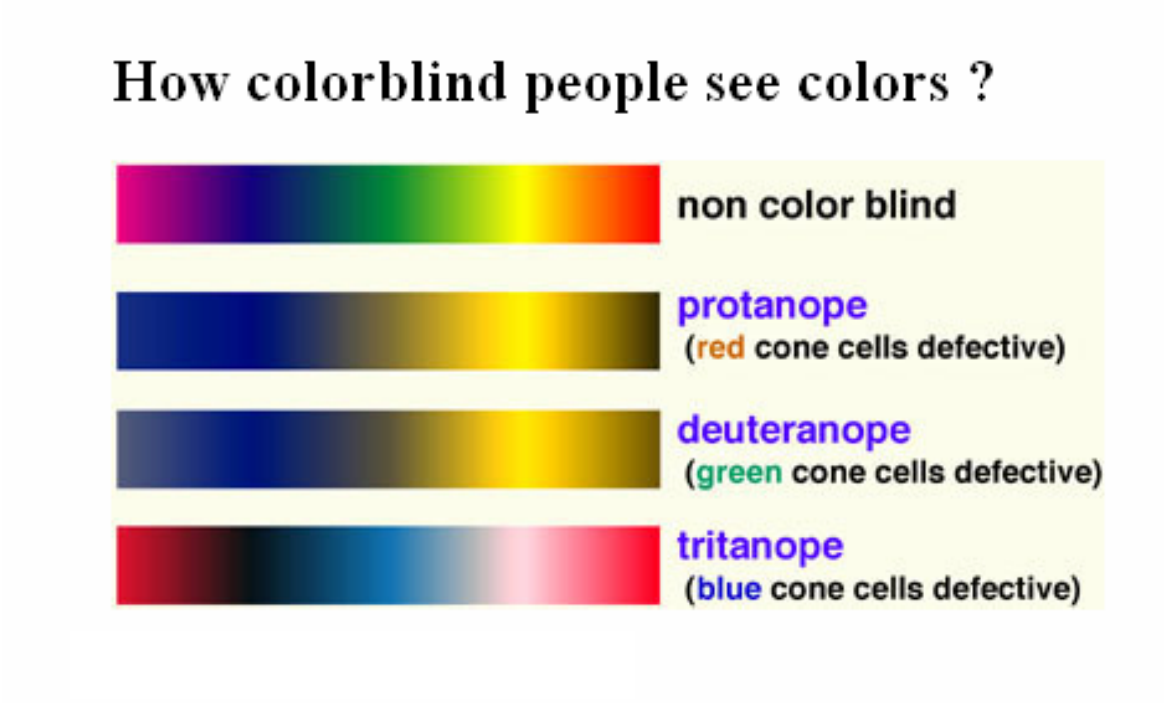
Kleurenblindheid is een term die wijd verspreid is en die in de spreektaal gebruikt wordt voor iedere vorm van kleurzinafwijking. Het is echter een term die enkel een correcte omschrijving biedt voor achromaten, en dan nog voor personen met de complete vorm.

Deze mensen nemen totaal geen kleuren waar, zij zien de wereld als in een zwart-wit film, waarbij de kleuren enkel worden waargenomen als zwart, wit en een gamma van grijstinten. Typische achromatopsie gaat gepaard met een verminderde visus tot ongeveer 1/10, nystagmus en fotofobie (zie figuur 7 en denk alle kegeltjes weg). Niettegenstaande deze visuele problemen kunnen de meeste achromaten zich vrij goed bewegen en verplaatsen.[1]

Monochromaten kunnen slechts één primaire kleur waarnemen. Aangezien er geen samenvoeging mogelijk is van indrukken van meerdere primaire kleuren zal er een kleurenspectrum bestaan tussen de waargenomen kleur (rood, groen, of blauw) en grijs.

Dichromaten en anomale trichromaten worden gekenmerkt door het feit dat zij geen of een afwijkende tint van rood, groen of blauw zien, maar even belangrijk is dat zij kleurverwisselingen maken binnen het hele spectrum, eigen aan hun type. De kans op verwarren is afhankelijk van de graad van de stoornis. Een anomale trichromaat vergist zich minder snel dan een dichromaat van hetzelfde type. Anomale trichromaten hebben voornamelijk problemen met onverzadigde kleuren (kleuren waarbij naast de dominante golflengte ook wit licht in gemengd is), waar dichromaten ook moeilijkheden ondervinden bij verzadigde kleuren (zuivere spectrale kleuren).[1]

De manier waarop personen met verschillende kleurzinstoornissen het kleurenspectrum waarnemen is geïllustreerd in figuur 8.



Figuur 8: De manier waarop kleurzingestoorde personen het kleurenspectrum waarnemen.[25]

Nagenoeg alle personen met een afwijkend kleurenzicht ondervinden in mindere of meerdere mate problemen in het dagelijkse leven, alhoewel ze zich over het algemeen goed aanpassen.

Veel genoemde moeilijkheden zijn het kiezen van kleren en cosmetica, werken met bloemen, het beoordelen van de rijpheid van fruit en de versheid of het doorbakken zijn van vlees.[6,7]

Cole *et al* [7] beschrijft in een review over de mate waarin een abnormaal kleurenzicht een handicap is dat in het beroepsleven kleurzingestoorde personen benadeeld zijn als het gaat om vergelijken van kleuren en als kleur wordt gebruikt voor het coderen van informatie. Een erg bekend voorbeeld is hier het probleem dat een arts kan ondervinden bij het beoordelen van ziektetekens adhv huidskleur (anemie, cyanose, icterus of rash), of de interpretatie van teststrips voor bloed of urine.

Veelbesproken is het probleem dat zich aandient bij het autorijden. Volgens verschillende studies zouden kleurzingestoorde personen moeilijkheden ondervinden bij het herkennen van signalisatie, zij zouden ook frequent de kleuren van stoplichten met elkaar verwarren, en stoplichten verwarren met de straatverlichting. Dit probleem is belangrijker bij nacht, waardoor deze personen het rijden bij daglicht prefereren.[7,8] Het risico op verwarringen resulteert voornamelijk in een globaal vertraagde reactiesnelheid op signalisatie. Verschillende studies spreken elkaar echter tegen omtrent het al dan niet verhoogd risico op accidenten. In de review van Cole [7] worden zowel studies vermeld die een verhoogd risico konden aantonen als studies die dat niet konden, deze laatsten zouden echter studies zijn

die een te kleine testgroep hadden om echt conclusies te kunnen trekken. Hieruit besluit Cole dat er sterke argumenten zijn voor een verhoogd ongevalsrisico voor kleurzingestoorde chauffeurs. Tagarelli *et al* [8] voerde een onderzoek uit naar problemen in het verkeer bij kleurzingestoorde personen door middel van een vragenlijst, en concludeerde dat een verhoogd risico op accidenten niet kon uitgesloten worden a.d.h.v. de bekomen resultaten.

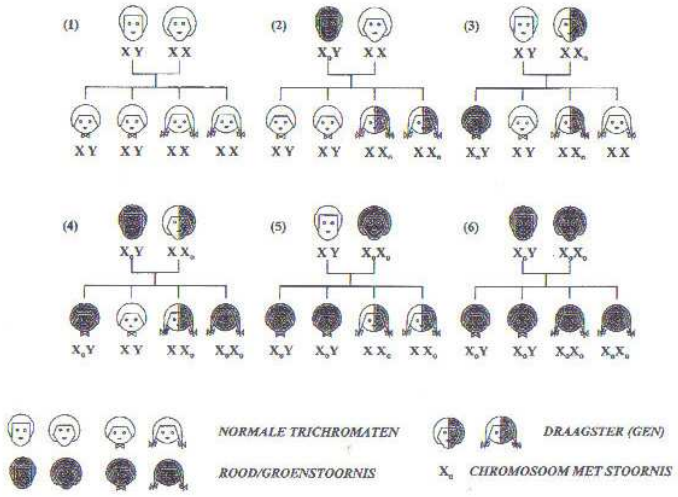
Voor kinderen en jongeren situeren de problemen zich voornamelijk binnen de school waar zeer veelvuldig gebruik gemaakt wordt van kleuren.
Gordon *et al*.[9] belicht in een overzichtsartikel onder andere de problemen die kunnen optreden bij gebruik van kleuren in onderwijstechnieken. Kleurzingestoorde leerlingen kunnen bijkomende problemen ondervinden bij het aanleren van lezen en rekenen, aardrijkskunde en allerhande wetenschapsvakken. Kunstvakken lijken echter geen moeilijkheden op te leveren.
Over het verband tussen afwijkend kleurenzicht en de gemiddelde schoolprestaties bestaat er geen eensgezindheid binnen de literatuur zoals aangegeven in de review van Cole.[7] Grassivaro *et al*. vond echter dat de schoolprestaties van 82 kleurzingestoorde leerlingen significant lager waren dan die van een controlegroep van 82 normaal kleurenziende leerlingen gematched voor leeftijd en klas.[10]

4.1.3 Prevalentie

De congenitale rood-groen stoornissen (protanomalie, deuteranomalie, protanopie en deuteranopie) komen in de Europese bevolking voor bij 8% van de mannen en bij 0.4% van de vrouwen [1,4,5]. Bij de mannen is de helft van deze 8% deuteranomaal.
De andere kleurenzinstoornissen zijn zeldzaam: de blauw-stoornissen zouden voorkomen bij minder dan 1/1000 mensen, evenveel mannen als vrouwen, achromatopsie komt voor bij 1/20.000 tot 1/50.000 personen.[4,5]
Deze prevalentiegegevens zijn niet veralgemeenbaar voor alle bevolkingsgroepen. In bepaalde etnische groepen komt een gestoord kleurenzicht slechts voor bij 3% van de bevolking [5]. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat in meer primitieve maatschappijen het aantal mensen met kleurzinstoornissen door natuurlijke selectie laag blijft. [7]

4.1.4 Erfelijkheid

Het overervingspatroon van kleurzinstoornissen is afhankelijk van het type genetisch defect dat aan de grondslag ligt van de afwijking.



Figuur 9: Voorbeelden van X-gebonden recessieve overervingspatronen van een rood-groen stoornis.[1]

- De congenitale rood-groen stoornissen worden veroorzaakt door een afwijking ter hoogte van het X-chromosoom.[4,5,6] Zodoende geldt voor deze stoornissen een X-gebonden recessieve overerving.
  Dit wil zeggen dat een kleurzingestoorde man van dit type het genetisch defect enkel aan zijn dochters kan doorgeven, die heterozygoot zullen zijn en dus draagster van de afwijking maar met meestal een normaal kleurenzicht. Als deze dochters op hun beurt kinderen krijgen zullen de helft van hun zonen kleurzingestoord zijn, afhankelijk van welk X-chromosoom zij overerfden van hun moeder (zie figuur 9)
  Vrouwelijke draagsters van een rood-groen stoornis hebben een mozaiek van afwijkende en normale kegeltjes in hun netvlies. De meerderheid van hen heeft een normaal kleurenzicht, doch enkelen hebben door toeval overwegend afwijkende kegeltjes en hebben dus in meerdere of mindere mate een rood-groen kleurzinstoornis, wat meteen ook de 0.4% afwijkingen verklaart in de vrouwelijke populatie.[4]

- De congenitale blauw stoornissen (tritanomalie en tritanopie) worden veroorzaakt door een genetisch defect op chromosoom 7 en vertonen een autosomaal dominant overervingspatroon. Ze komen bijgevolg voor zowel bij vrouwen als bij mannen.[4]

- Achromatopsie of totale kleurenblindheid en monochromasie worden autosomaal recessief overgeërfd. De genetische defecten die aan de basis kunnen liggen van deze aandoeningen zijn niet allen gekend.[4]

4.1.5 Behandeling

Bij congenitale kleurzichtstoornissen kan geen enkele therapie ingesteld worden. De afwijking is onveranderlijk, verbetert noch verslechtert, en blijft dus status quo voor het hele leven.
Er zijn vele studies gebeurd rond het gebruik van allerhande hulpmiddelen zoals kleurfilters in de vorm van bril of contactlenzen, doch dezen staan zwaar ter discussie. In België worden ze, onder welke vorm dan ook, uiterst zelden toegepast door kleurzingestoorden.[1]

4.2 Verworven dyschromatopsieën

Talrijke oogaandoeningen kunnen gepaard gaan met veranderingen in het kleurenzicht.
Deze kleurzinstoornissen kunnen ingedeeld worden in drie types, de zogenaamde Verriest-classificatie.[1]

- Type I: Verworven rood-groenstoornis die voorkomt bij retinale aandoeningen zoals juveniele maculaire degeneratie en kegeltjesdegeneratie.
- Type II: Verworven rood-groenstoornis die wordt aangetroffen bij aandoeningen van de nervus opticus zoals neuritis optica, neuritis retrobulbaris of opticusatrofie.
- Type III: Verworven blauw-geelstoornis die voorkomt bij retinale aandoeningen zoals chorioretinitis serosa centralis, diabetische retinopathie, retinitis pigmentosa en retinaloslating.

Het type I gaat gepaard met een vaststelbare vermindering van de roodgevoeligheid, Type II niet.
Aan de hand van de aard van de stoornis (rood-groen of geel-blauw) en het al dan niet vaststellen van een verminderde roodgevoeligheid is het dus mogelijk om te bepalen waar een oogaandoening zich waarschijnlijk situeert.

In tegenstelling tot de congenitale vormen zijn bij de verworven kleurzindefecten de afwijkingen voor blauw-geel meer frequent dan voor rood-groen.
Verworven defecten worden ernstiger naarmate de onderliggende aandoening toeneemt. Zo spreekt men van een trichromatisch en dichromatisch stadium, en in extreme gevallen van een verworven achromatopsie.
Verworven kleurzinstoornissen kunnen aan één oog apart voorkomen in tegenstelling tot de congenitale vormen die steeds bilateraal zijn.

5. Het kleurzinonderzoek

Het doel van kleurzinonderzoek is drievoudig:

- Het opsporen van congenitale of verworven afwijkingen in het kleurenzicht
- Bepalen van het type en de graad van de afwijking
- Inschatten van de gevolgen voor school- of beroepsloopbaan.

Alle kleurzintests zijn per definitie tests die toelaten uit te maken of de onderzochte persoon al dan niet over een normaal kleurenzicht beschikt. Niet alle tests zijn echter in staat om het type afwijking en de graad hiervan te bepalen. Om een degelijk kleurzinonderzoek te kunnen uitvoeren is het daarom aangewezen gebruik te maken van een batterij van verschillende soorten tests.[1]

5.1 Overzicht van de meeste gebruikte kleurzintests

Het aantal kleurzintests dat in het verleden reeds werden ontwikkeld en voorgesteld is enorm. Het is zeker niet de bedoeling om in dit werk een volledig overzicht te geven van alle beschikbare uitvoeringen. Wel wordt er een overzicht gegeven van de meest bekende types en meest gebruikte tests. De selectie werd gebaseerd op een recent reviewartikel dat handelt over de klinische kleurenzichttesten.[11] Voor een meer uitgebreid overzicht kan men o.a. terecht in het handboek van Uvijls.[1]

Men kan vier belangrijke soorten kleurzintests onderscheiden, met name de pseudo-isochromatische tests, de rangschikkingstests, de kleurbepalingstests en de colorimetrische tests.

5.1.1 Pseudo-isochromatische tests

Tests met pseudo-isochromatische platen (kortweg PIC-platen genoemd) zijn de meest verspreide kleurzintests voor onderzoek van het kleurenzicht. Zij dienen voornamelijk als screeningstest voor rood-groen- en blauw-geelstoornissen.
Het principe van de PIC-platen is gesteund op het waarnemen van gekleurde vormen op een gekleurde achtergrond.

Er zijn verschillende types van plaat-design.[1,11]

- *Demonstratieplaten*: aangewend als aanloop tot het onderzoek en voor het begrijpen van de opdracht. Ze worden gelezen door alle normale en kleurzingestoorde waarnemers.

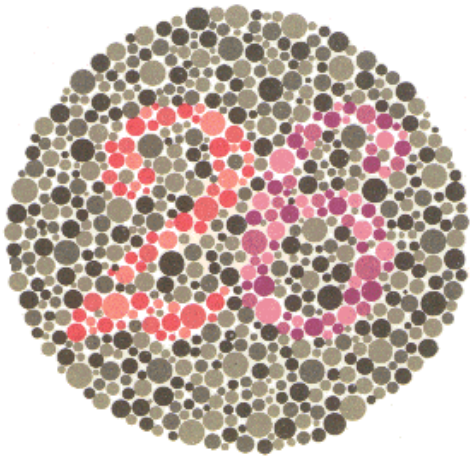
- *Vanishing-type*: het symbool is slechts leesbaar voor normaal kleurzienden. Voor de kleurzichtgestoorden wordt het symbool onzichtbaar omdat de kleur ervan niet wordt onderscheiden van de achtergrond.
- *Transformation-type*: Normaal kleurenzienden lezen een symbool dat door kleurzingestoorden anders wordt gelezen. De symbolen zijn samengesteld uit sommige kleuren die kunnen verward worden met de achtergrond en andere die ook voor kleurzingestoorden duidelijk zichtbaar blijven.
- *Hidden-digit-type*: Enkel kleurzingestoorden kunnen een symbool herkennen doordat zowel symbool als achtergrond zijn samengesteld uit een mix van (voor normaal kleurzienden) verschillende kleuren. Kleurzingestoorden verwarren de kleuren van de achtergrond onderling en de kleuren van het symbool onderling.
- *Diagnostic* of *classification-type*: Deze platen maken het mogelijk om een onderscheid te maken tussen de protan- en deutanvorm. Het zijn platen van het vanishing-type, samengesteld uit twee symbolen waarvan één onzichtbaar is voor protan-gestoorde waarnemers en het andere voor deutan-gestoorde waarnemers.

De platen van het vanishing-, transformation- en hidden digit-type zijn bedoeld als screeningsplaten, de diagnostic- of classification-type platen laten toe een differentiële diagnose te maken.

Ishihara Test

De Ishihara pseudoisochromatische test is wereldwijd de meest gebruikte screeningstest voor kleurzinstoornissen. De test is geschikt voor het opsporen van congenitale afwijkingen in protan en deutan, bovendien heeft hij zijn dienst bewezen bij het opsporen van verworven aandoeningen. Er kan met de Ishihara test echter niet met zekerheid een onderscheid gemaakt worden tussen protan en deutan afwijkingen, noch de graad van afwijking kan beoordeeld worden. Ook afwijkingen in de blauw-gele as kunnen niet opgespoord worden omdat de test hiervoor geen platen bevat.
De Ishihara test werd voor het eerst gepubliceerd in 1917, en is sindsdien vele malen herdrukt. Er zijn tegenwoordig 24- en 38-platen edities verkrijgbaar. Beiden hebben een zeer goede reputatie: verschillende studies wijzen uit dat de test zowel een zeer hoge sensitiviteit als specificiteit heeft, en kan beschouwd worden als de gouden standaard voor de snelle identificatie van congenitale rood-groen afwijkingen.[11]
De Ishihara PIC-platen bestaan uit bolletjes van verschillende grootte en kleurtint, waarin de waarnemer al dan niet een cijfer kan herkennen (zie figuur 10). Voor kleine kinderen of ongeletterde personen bestaan aangepaste platen die voorzien zijn van kronkelende lijnen

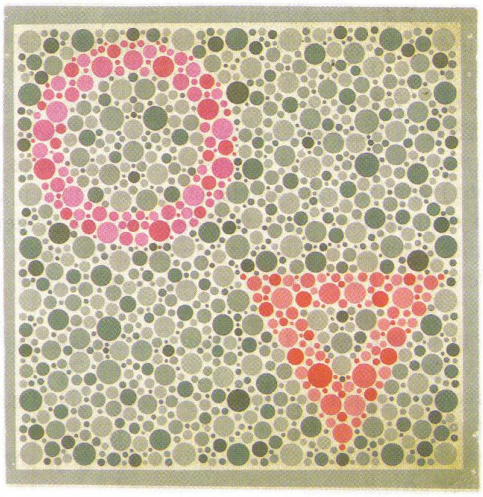
die met een penseeltje overtekend moeten worden (beter bekend als de ‘slangetjes’ van Ishihara).
Een meer uitgebreide beschouwing van de Ishihara test volgt in hoofdstuk 6.



Figuur 10 : Ishihara-test

American Optical Company Plates – Hardy, Rand & Rittler (AO-HRR Test)

De AO-HRR test is de meest uitgebreide onder de PIC-platen tests en wordt beschouwd als de beste keuze voor een snelle kwantitatieve diagnose.[11] De test laat toe congenitale of verworven kleurzinstoornissen op te sporen en te classificeren in protan, deutan of tritan en tevens de ernst ervan te bepalen, zonder onderscheid te maken tussen een anomale trichromasie en een dichromasie.[1]

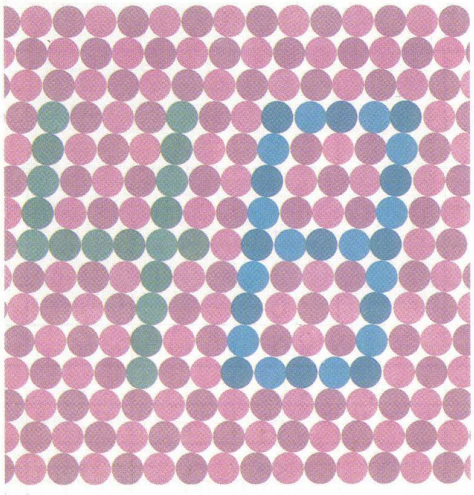


Figuur 11: AO-HHRR test

De AO-HRR test bestaat uit een reeks platen die gekleurde geometrische figuren bevatten: een cirkel, een driehoek en een kruis, op een grijze achtergrond.
Helaas is de AO-HRR test al verscheidene jaren niet meer in de handel te verkrijgen.

Standaard pseudoisochromatische platen (SPP test)

Deze test bestaat uit twee volumes, de SPP1 en de SPP2 test.
De SPP1 test laat toe om congenitale rood-groen afwijkingen op te sporen, maar is zoals de Ishihara test niet kwantitatief. De test zou een vergelijkbare sensitiviteit en specificiteit hebben als de Ishihara-test.[11] De SPP1 bestaat uit een reeks PIC-platen die een regelmatig patroon tonen van bolletjes waarin een digitaal cijfer herkenbaar is.
De SPP2 test is ontworpen voor het opsporen van verworven kleurzichtstoornissen, en kan zowel rood-groen als blauw-geel stoornissen detecteren.[1]



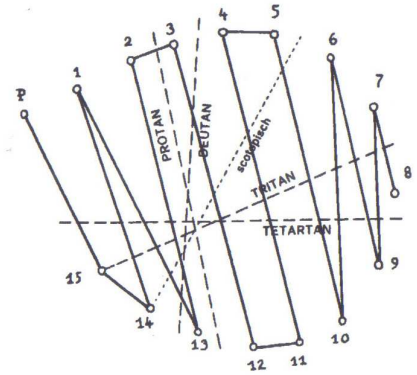
Figuur 12: SSP test

5.1.2 Rangschikkingstests

Rangschikkingstests bestaan uit gekleurde dopjes die door de proefpersoon moeten geordend worden naar kleurtoon en helderheid.
In tegenstelling tot de isochromatische tests zijn de rangschikkingstests geen geschikte tests voor screening van kleurzichtstoornissen. Ze zijn wel beter geschikt voor de diagnostiek van het type en de graad van een kleurzinstoornis, en worden dus typisch afgenomen in aansluiting bij een isochromatische test.

Farnsworth Panel D-15

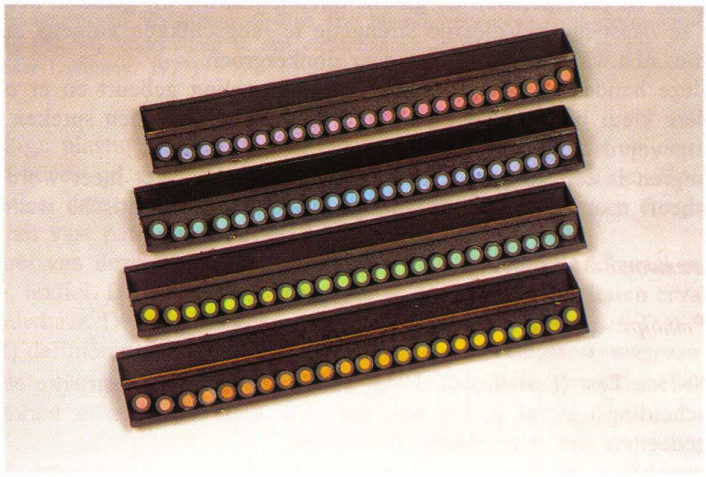
De Panel D-15 test is gebaseerd op kleurverwisselingen gemaakt door de verschillende kleurzichtgestoorden volgens hun typische patroon. Hij kan de stoornissen onderverdelen in matig of ernstig.
Het is een eenvoudige proef, meestal snel uitvoerbaar in enkele minuten tijd, aansluitend bij een degelijk onderzoek met PIC-platen.
De Panel D-15 blijkt ook nuttig voor de evaluatie van verworven kleurzindefecten.[1]
Er wordt gebruik gemaakt van 15 losse kleurdopjes die in aansluiting bij één vast dopje op volgorde moeten gelegd worden. De kleurintervallen tussen twee opeenvolgende dopjes is voldoende groot opdat een persoon met normaal kleurenzicht de test foutloos kan uitvoeren.
De resultaten van dit onderzoek worden uitgezet in een gestandaardiseerde kleurencirkel volgens het Munsell-systeem (dit is één van de meest bekende classificatiesystemen waarbij alle kleurtinten die onderscheidbaar zijn door het menselijk oog op een cirkel gerangschikt zijn). Als de verschillende kleurtinten in de volgorde die de proefpersoon aangegeven heeft door lijnen met elkaar verbonden worden ontstaat een bepaald patroon. Uit dit patroon kan het type en de ernst van een stoornis afgeleid worden.



Figuur 13: Voorbeeld van de analyse van de Panel D 15 test bij een protan-stoornis

Farnsworth-Munsell 100-Hue Test (FM100)

De FM100 test is een kleurtoononderscheidingstest die ook bestaat uit kleurdopjes die in de juiste volgorde moeten gerangschikt worden. In tegenstelling echter tot de Panel D-15 test kunnen de karakteristieke verwisselingskleuren niet verward worden omdat ze in verschillende dozen zitten. De 85 kleurdopjes die deze test telt zijn immers onderverdeeld in 4 opeenvolgende series die onderling niet vermengd worden (figuur 14)



Figuur 14: FM 100 test

Het verschil in kleurtoon van opeenvolgende dopjes komt nagenoeg overeen met de grens van het kleurtoononderscheidingsvermogen van normaal kleurzienden. Dit maakt de test zo moeilijk dat weinige normale proefpersonen de test perfect kunnen uitvoeren. Hierdoor kan de test gebruikt worden om personen te identificeren met een erg goed kleurtoononderscheidingsvermogen voor erg veeleisende taken binnen verf- en textielindustrie. Daarnaast is de FM100 test zowel een kwantitatieve test als een test voor type-diagnose. Hij wordt speciaal aanbevolen voor het onderzoek van verworven kleurzichtstoornissen, vooral in de beginfase en als opvolging van de evolutie, juist omdat hij zo sensitief is.
Daartegenover staat dat de test tijdrovend is, niet kan afgenomen worden beneden de leeftijd van 10 jaar, en de resultaten moeilijk interpreteerbaar zijn. Ook blijkt het niet mogelijk om met zekerheid het verschil tussen bepaalde vormen van kleurzinstoornissen te onderscheiden. Net zoals de Panel D-15 test wordt de FM100 test dus best uitgevoerd als onderdeel van een uitgebreide testbatterij.

Lanthony Desaturated D-15

De onverzadigde D-15 test is analoog met de Farnsworth Panel D-15 test. Hij bevat eveneens 15 te rangschikken kleurdopjes met dezelfde kleurtonen, maar met een hogere helderheid en lagere saturatie. Hierdoor is deze test vooral nuttig als sluitstuk bij de Panel D-15 test in gevallen die zeer lichte afwijkingen van de kleurzin aantonen.
De onverzadigde D-15 test kan gebruikt worden als follow-up bij verworven stoornissen.

5.1.3 Kleurbepalingstests

Hieronder worden verstaan de kleurbenoemingstests en de lantaarntests.

Kleurbenoemingstests

Bij deze tests moet de proefpersoon de kleuren die hem getoond worden correct benoemen. Ze testen dus eerder de mogelijkheid van een persoon om de kleuren juist te benoemen dan het kleurenzicht van deze persoon. Congenitale kleurzingestoorden benoemen de kleuren immers vaak correct ondanks het feit de kleuren “anders” te zien dan een normale waarnemer. De kleurbenoemingstests zijn daarom geen goede indicators bij het opsporen van een kleurzindefect.
Dergelijke tests bieden wel het voordeel dat ze de vereiste prestaties die noodzakelijk zijn voor bepaalde beroepen nabootsen. De gebruikte kleuren kunnen vrij gekozen worden al naargelang de vereisten van het beroep.

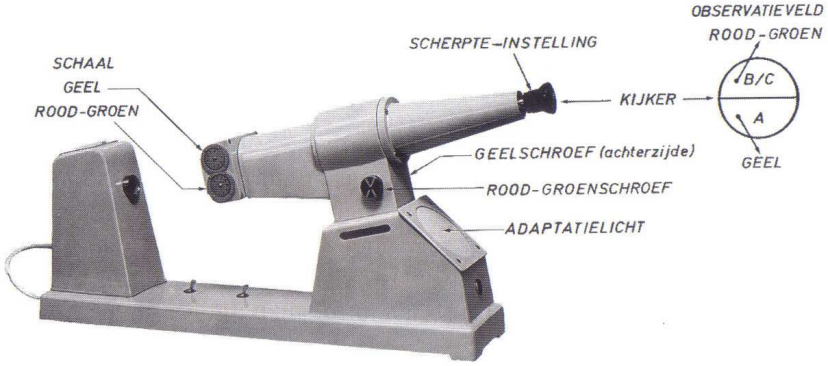
Lantaarntests

Deze tests zijn ontwikkeld naar de specifieke vereisten van bepaalde beroepen (vb spoorwegen en lucht- en scheepvaart). Het zijn apparaten die de gekleurde signalen nabootsen die gebruikt worden in deze beroepen. De kandidaten moeten de kleuren van deze signalen behoorlijk kunnen reproduceren, naargelang het type transport.
De lantaarns kunnen worden gebruikt om de individuele bekwaamheid tot het uitvoeren van een bepaalde taak te testen, maar zijn niet van die aard dat ze kunnen worden aangewend om het type van een eventuele afwijking te bepalen.
De meest bekende toestellen zijn de Farnsworth Lantern (FaLant) en de Holmes-Wright Lantern beiden met de kleuren rood, groen en wit.

5.1.4 Anomaloscopen

De anomaloscoop laat toe met zekerheid de diagnose van congenitale kleurzinstoornissen te stellen. Het kan exact het type van het defect bepalen en de graad van de afwijking meten.
Dit apparaat kan eveneens gebruikt worden bij het onderzoek van verworven kleurzindefecten.[1]
Anomaloscopen zijn kleine kleurmengapparaten waarbij de additieve kleurmenging van licht wordt toegepast. De patiënt neemt een observatieveld waar waarvan de ene helft met één elementaire kleur (A) wordt beschenen en de andere helft met een mengeling van de twee andere elementaire kleuren (B en C). De patiënt moet beide helften precies gelijk maken wat

kleur en helderheid betreft, door tegelijkertijd in te spelen op het niveau van A en op de verhouding B/C.
Het type toestel waarbij A geel is, B groen en C rood laat toe de afwijkingen van het protan-deutantype te bepalen. Dit type toestel is het meest wijdverspreide en tevens oudste toestel oorspronkelijk ontworpen door Nagel. Meer recente uitvoeringen van anomaloscopen laten ook toe afwijkingen van het tritantype te bepalen door de bijkomende optie om A blauw-groen te maken, B blauw en C groen.



Figuur 15: Anomaloscoop van Nagel type I

Het anomaloscooponderzoek hoort ontegensprekelijk bij de testbatterij voor het nauwkeurige kleurzinonderzoek. Het wordt uitgevoerd als laatste test na de gebruikelijke PIC-platen en rangschikkingstests. Vaak geeft de anomaloscoop uitsluitsel over de graad van een afwijking die reeds vermoed werd aan de hand van de resultaten van de voorgaande tests.[1]

5.1.5 Gespecialiseerd onderzoek

Alhoewel een volledige klinische testbatterij met PIC-platen, rangschikkingstests en anomaloscoop voldoet voor de diagnose en classificatie van kleurzindefecten, beschikken sommige oogheelkundige centra over meer gespecialiseerde apparatuur die nog meer gegevens kunnen verschaffen.
De meest gebruikte methodes zijn het bepalen van de spectrale ooggevoeligheidsfuncties in scotopische en fotopische omstandigheden, het elektrofysiologisch onderzoek waaronder het kleuren-VEP-onderzoek en de kleurcontrastgevoeligheidstests.
Bij het bepalen van de spectrale ooggevoeligheidsfuncties meet men de gevoeligheden en differentiële drempels van het oog voor helderheids- kleurtint- en saturatieverschillen binnen het kleurenspectrum en vergelijkt men deze met de standaardwaarnemer. Deze bepalingen kan men doen bij heldere verlichting (fotopisch) en bij zwakke verlichting (scotopisch).

Het VEP (Visual Evoked Potential) is een methode waarbij de veranderingen van de cerebrale potentialen ter hoogte van de occipitale centra onder invloed van visuele prikkels worden bestudeerd.
Kleurcontrastgevoeligheidstests bepalen de gevoeligheid van de proefpersoon voor lage contrasten.
Voor een uitvoerige bespreking van deze onderzoeksmethodes kan men o.a. terecht in het handboek van Uvijls.[1]

5.2 Systematische screening van kleurzinstoornissen in het CLB

Aangeboren kleurzinstoornissen komen voor bij ongeveer 8% van de jongens
en bij 0,4% van de meisjes. Deze onbehandelbare afwijkingen hebben als voornaamste gevolg een beperking in de studie- en beroepskeuze. In het dagelijks leven ondervindt iemand met een kleurzinstoornis vaak weinig problemen.
Vroegtijdige diagnose van kleurzinstoornissen heeft geen invloed op de prognose van de afwijking zelf. De afwijking blijft immers stabiel voor het hele leven en een behandeling is niet beschikbaar.
Toch vormt het opsporen van visuele stoornissen sedert lang een vast onderdeel van het periodiek gezondheidsonderzoek binnen jeugdgezondheidszorg. Sinds 2002 wordt in Nederland aanbevolen om het kleurzinonderzoek in de jeugdgezondheidszorg enkel nog op speciale indicatie uit te voeren.[12]
Wat is nu de rationale van een systematische screening?

Het evalueren van een screeningsonderzoek gebeurt aan de hand van een aantal criteria. Hierbij speelt niet enkel de kwaliteit van de screeningstest een rol, maar ook de aard en de omvang van het gezondheidsprobleem, het verloop van de aandoening en het nut van een vroegtijdige behandeling. Meestal worden voor deze evaluatie de criteria van Wilson en Jungner gebruikt.

Criteria voor screeningsonderzoek, volgens Wilson en Jungner:[13]

Er dient te zijn:
- Een belangrijk gezondheidsprobleem
- Een algemeen geaccepteerde therapie
- Goede diagnostische en therapeutische mogelijkheden
- Een herkenbaar latent of vroeg-symptomatisch stadium
- Een geschikte test of onderzoeksmethode
- Een test die aanvaardbaar is voor de bevolking
- Een bekend natuurlijk beloop van de aandoening
- Een consensus over wie men dient te behandelen
- Een goede kostenverhouding
- Continuïteit van de screening (geen eenmalig project)

Aan de meeste van deze criteria wordt voldaan bij screening naar kleurzinstoornissen in het CLB, behalve aan het criterium van therapeutische mogelijkheden. Over het criterium 'belangrijk gezondheidsprobleem' valt te discussiëren.

De voornaamste reden om kleurzinstoornissen op te sporen is de mogelijke beperking die deze stoornissen hebben bij de latere beroepskeuze. De uiteindelijke beroepskeuze van een leerling wordt echter voorafgegaan door een aantal studiekeuzes tijdens de schoolloopbaan. Om de psychologische en financiële gevolgen van een verkeerde studiekeuze te voorkomen, wordt reeds gescreend bij het begin van de schoolloopbaan.

Wat de precieze impact zou zijn van het weglaten van de screening, werd nooit bestudeerd. Het geven van richtlijnen door het CLB kan echter de leerkracht behulpzaam zijn bij het inschatten van deze groep in het geven van onderwijs, en mogelijks de kleuzingestoorde en ouders problemen besparen bij de latere studie- en beroepskeuze.[13]

Standaard visus[13]

De Vlaamse Wetenschappelijke Vereniging voor Jeugdgezondheidszorg (VWVJ) ontwikkelt in opdracht van de Vlaamse minister van Welzijn, Volksgezondheid en Gelijke Kansen standaarden voor een kwaliteitsvolle uitvoering van preventieve jeugdgezondheidszorg in de centra voor leerlingenbegeleiding (CLB).

De standaard "Visusonderzoek bij 3- tot 18-jarigen in het CLB" , kortweg 'standaard visus' genoemd, is een handleiding voor de systematische opsporing van visusstoornissen door CLB-medewerkers. Deze standaard bundelt niet alleen de beschikbare informatie voor de wetenschappelijke onderbouw van het programma, maar biedt ook richtlijnen voor een correcte uitvoering.

In deze standaard komt ook het kleurzinonderzoek aan bod.

Bij het kleurzinonderzoek is de voornaamste doelstelling het opsporen van aangeboren kleurzinstoornissen. Bijgevolg is het voldoende alle kinderen één maal te onderzoeken.
Bij twijfel kan het onderzoek herhaald worden (bvb bij volgend consult).
Het onderzoek gebeurt systematisch in het 1ste leerjaar, op indicatie kan dit echter reeds vanaf de 2de kleuterklas (bij gemelde problemen met kleuren).
Als screeningstest wordt gebruik gemaakt van de Ishihara test, 24- of 38-platen editie, waaruit 13 platen geselecteerd werden die door de leerling moeten gelezen worden.
De test wordt bij brildragende kinderen afgenomen met bril aangezien onvoldoende gezichtsscherpte een correcte lezing bemoeilijkt.
Een waarnemingsafstand van 75 cm dient gerespecteerd te worden. Het is toegestaan om de platen schuin te houden indien de leerling hierom vraagt. Hierdoor kan mogelijks de leesbaarheid worden bevorderd. Normaal dient de leerling op drie seconden te antwoorden, zonder hulp van de onderzoeker.

De belichting van de test is belangrijk voor een juiste weergave van de kleuren. Natuurlijk daglicht is een ideale lichtbron. Het best wordt de test afgenomen voor een venster dat daglicht uit het noorden ontvangt. Indien het niet mogelijk is met daglicht te werken, kan een kunstmatige lichtbron gebruikt worden. De lichtbron moet licht uitstralen met een kleurtemperatuur van 5000-7500 Kelvin (met een verlichtingssterkte van 1500 - 2000 lux op het werkvlak), bvb een TL lamp Philips TLD 86, 95 of 96, 18W gemonteerd op een statief.

De resultaten van de test worden genoteerd op een standaard score-formulier.
De volgende verwijscriteria worden gehanteerd:
Als er geen fouten worden gemaakt heeft deze leerling een normaal kleurenzicht.
Als er enkel een fout bij plaat 74/21 (=plaat nr.7 in 24-plateneditie en plaat nr.9 in 38-plateneditie) wordt gelezen is het kleurenzicht vermoedelijk normaal (aan de grens van een normaal kleurenzicht). De Ishihara-test is te herhalen bij een volgend consult.
Andere fouten wijzen op een vermoeden van kleurzinstoornis.
In dat geval wordt advies aan ouders en leerkracht gegeven (zie folder in bijlage 1), en de Ishihara-test dient herhaald te worden bij het gericht consult in het 3° leerjaar.
Om aan ouders en leerkracht een meer gericht advies te kunnen geven in verband met het omgaan met de kleuzinstoornis tijdens de schoolloopbaan kan het kind eventueel uitgenodigd worden voor een selectief onderzoek op het centrum.
Om een advies i.v.m. studie- en beroepsoriëntering te kunnen formuleren dat voldoende gefundeerd is, is bijkomend gespecialiseerd onderzoek noodzakelijk om de diagnose met zekerheid te stellen. Leerlingen die hiervoor in aanmerking komen, worden best

naar een gespecialiseerde dienst doorverwezen. Een overzicht van de beroepen waarbij bepaalde kleurzinstoornissen van belang kunnen zijn vindt men in bijlage (bijlage 2).
Bij een onbetrouwbare test in het 1ste leerjaar wordt de Ishihara-test herhaald bij het gericht consult in het 3e leerjaar.

6. De Ishihara-test van dichtbij bekeken

De Ishihara-test is wereldwijd de meeste gebruikte screeningstest voor het opsporen van kleurzinstoornissen, en de meeste auteurs zijn het erover eens dat hij kan gezien worden als de 'gouden standaard' voor de snelle identificatie van personen met een rood-groen afwijking.
Het logische gevolg hiervan is dat deze test reeds het onderwerp is geweest van talloze studies, waarin men ondermeer de efficiëntie onderzoekt, de kleurkwaliteit van verschillende edities met elkaar vergelijkt en zich kritische vragen stelt over de cut-off waarden voorgesteld door de auteur. Ook wordt de Ishihara-test meestal gebruikt als referentie en 'gouden standaard' in studies die de waarde van nieuw ontwikkelde tests willen meten.
Wat opvalt bij het doornemen van deze studies is dat gebruik wordt gemaakt van zowel de 38-platen editie, de 24-platen editie, alsook van verkorte versies van 14 en 6 platen.

Om de resultaten van het onderzoek van dit eindwerk te kunnen vergelijken met de literatuur, wordt in dit hoofdstuk een overzicht gegeven van een aantal belangrijke bevindingen uit eerder uitgevoerde studies.
Eerst volgt een samenvatting van de aanbevelingen bij gebruik en interpretatie van de Ishihara-test zoals ze worden beschreven door de auteur in de handleiding van de 38-platen editie van de test.[14]

6.1 Aanbevelingen van de auteur

Bij ieder album van de Ishihara-test is een handleiding in de vorm van een klein schriftje aanwezig, dat helaas vaak zeer snel wordt kwijtgespeeld. Nochtans kan men hierin waardevolle informatie vinden over het juiste gebruik van de test en een goede interpretatie van de resultaten. Deze richtlijnen zijn in latere studies wel sterk uitgebreid en aangepast.

De test dient afgenomen te worden in een ruimte die behoorlijk is verlicht met daglicht. Bij belichting door direct zonlicht of ordinair kunstlicht kunnen kleurveranderingen zeer makkelijk belangrijke veranderingen in interpretatie veroorzaken. Wanneer men toch gebruik dient te

maken van kunstlicht kiest men best een lichtbron die zoveel mogelijk de kwaliteit van daglicht benadert.

Het album moet op 75 cm afstand van de waarnemer worden gehouden en loodrecht op de visuele as. De cijfers moeten worden herkend in maximum 3 seconden. De ‘slangetjes’ moeten overtekend worden met een penseel in maximum 10 seconden.

Het is niet altijd nodig de volledige serie van platen te gebruiken. De diagnostische- of classificatie platen (22-25 in de 38-platen editie) moeten niet getoond worden als men enkel een onderscheid wilt maken tussen personen met een normaal en een afwijkend kleurenzicht. In geval van eenvoudige screening kan men zich zelfs beperken tot een selectie van 6 platen: plaat nr 1, en één plaat van elk van de volgende groepen: 2-5, 6-9, 10-13, 14-17 en 18-21. Wanneer de waarnemer aarzelt bij het lezen van deze 6 platen doet men de volledige test.

Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de interpretatie van de 38 platen. Dit overzicht wordt samengevat in volgende tabel.

Plaat-nummer	**Normale visus**	**Congenitale dyschromatopsie van het type protan of deutan**				**Erger defect**
1	12	12				12
2	8	3				x
3	6	5				x
4	29	70				x
5	57	35				x
6	5	2				x
7	3	5				x
8	15	17				x
9	74	21				x
10	2	x				x
11	6	x				x
12	97	x				x
13	45	x				x
14	5	x				x
15	7	x				x
16	16	x				x
17	73	x				x
18	x	5				x
19	x	2				x
20	x	45				x
21	x	73				x
		Protan		**Deutan**		
		Ernstig	**Licht**	**Ernstig**	**Licht**	
22	26	6	(2) 6	2	2 (6)	
23	42	2	(4) 2	4	4 (2)	
24	35	5	(3) 5	3	3 (5)	
25	96	6	(9) 6	9	9 (6)	

Het teken x betekent: de plaat kan niet gelezen worden.
Een cijfer tussen haakjes wordt minder gemakkelijk gelezen.

Analyse van de resultaten:
De platen 1 tot 21 laten toe onderscheid te maken tussen personen met een normaal en een abnormaal kleurenzicht.
Men klasseert een persoon als normaal wanneer hij minimum 17 van deze 21 platen correct leest en als abnormaal wanneer hij maximum 13 platen kan herkennen.
Wat de platen 18-21 (hidden-digit type, cfr. supra) betreft, beschouwt men enkel de personen als abnormaal die deze platen makkelijker lezen als de platen 10, 13, 14 en 17 (dit zijn vier platen van het vanishing type)
De personen die tussen de 14 en de 16 platen juist lezen zijn zeldzaam. Om deze personen te klasseren moet men ze onderzoeken met een anomaloscoop.
Het juist lezen van de 6 geselecteerde platen voor screening laat toe een persoon te klasseren als normaal. In geval van fout lezen van één van deze 6 platen presenteert men de volledige reeks platen alvorens te besluiten tot een rood-groen afwijking.

Tot slot wordt warm aanbevolen het album te sluiten na elk onderzoek ter bescherming van de platen tegen het licht waardoor de kleuren van de test kunnen veranderen.

6.2 Gegevens uit de literatuur

Vele studies hebben zich gebogen over de waarde van de Ishihara-test als screeningsinstrument. De bekomen waarden voor sensitiviteit en specificiteit liggen allen in dezelfde grootteorde doch verschillen wel naargelang de cut-off waarden die worden gehanteerd.
Dain SJ. (2004) vindt bij review van de literatuur rond kleurzintesten een sensitiviteit en specificiteit van de individuele platen tussen 85 en 95%, en voor de totale test een sensitiviteit en specificiteit die de 100% benaderen.[11]
Littlewood *et al* (1993) vond in een vergelijkende studie van de Ishihara-test met de Ohkuma-test een sensitiviteit van 99% en een specificiteit van 82% voor de Ishihara 38-platen editie bij de cut-off waarden aanbevolen door Ishihara zelf.[15]
Ook Mäntyjärvi M *et al* (1986) gebruikte de aanbevolen cut-off waarden voor de 38-platen editie in een vergelijkende studie van 6 kleurzintesten. Hier vond men een sensitiviteit van slechts 76.9% en een specificiteit van 100%, de hieruit berekende efficiëntie van de test was echter 97.9% waaruit besloten werd dat dit toch een waardevolle screeningstest is.[16]
Birch J *et al* (1997) combineert de sensitiviteit bekomen uit een testgroep van kleurzingestoorde personen met de specificiteit bekomen uit een testgroep van normale kleurzienden. Deze waarden worden berekend voor drie verschillende cut-off waarden. Er wordt gebruik gemaakt van platen 1-21 van de 38-platen editie, zoals gesuggereerd door

Ishihara . Voor 8, 6 en 3 fouten vindt men een specificiteit van respectievelijk 100, 95.4 en 94.1%, de sensitiviteit bij een cut-off van 3 fouten bedraagt 98.7%. De 1.3% kleurzingestoorde personen die men dus zou missen als men de cut-off waarde van 3 fouten hanteert zou echter een zeer milde afwijking vertonen.[17]

Uit de literatuur kan besloten worden dat de zeer goede sensitiviteit van de Ishihara-test een mooie combinatie vormt met de hoge specificiteit van het onderzoek met de anomaloscoop.[15]

Interessant om op te merken is dat in de literatuur wordt aangegeven dat er een onderscheid kan gemaakt worden tussen echte fouten en vergissingen bij het lezen. Met echte fouten worden hier enkel bedoeld de fouten die typisch zijn voor kleurzingestoorden, met andere woorden het niet kunnen lezen van vanishing-type platen en het lezen van de verborgen cijfers in transformation-type platen. Zo zou men een cut-off van 6 vergissingen op 21 platen nog als normaal kunnen beschouwen op voorwaarde dat het niet gaat om typische fouten.[17]

Verder vindt men in de literatuur hier en daar analyses per plaat voor wat betreft het aantal fouten dat gemaakt wordt door normale proefpersonen. Littlewood *et al* [15] vond het hoogste foutenaantal voor platen nr 9, 13 en 17, Hackman *et al* [18] voor nr 17.

Lakowski *et al* [19] beschrijft in een review van de theorie en praktijk van kleurenzintesting dat het gemiddeld aantal fouten dat wordt gelezen door normale proefpersonen sterk afhankelijk is van de leeftijd. Jonge en oudere proefpersonen maken het meeste fouten bij het lezen van de Ishihara-test, het minst aantal fouten wordt gemaakt door personen in de vierde leeftijdsdecade. Zeer opvallend is het feit dat specifiek het kunnen lezen van een hidden-digit type plaat door normaal kleurenzienden vooral voorkomt in de derde leeftijdsdecade en zelden bij personen ouder dan 50 jaar. Over het algemeen zouden het meest aantal fouten worden gemaakt bij het vanishing-type plaat en in mindere mate bij het transformation-type.

Lakowski stelt dat het vaststellen van een cut-off waarde voor classificatie normaal-abnormaal onder andere afhankelijk moet zijn van de samenstelling van de testgroep, doch is zich ervan bewust dat het vaststellen van deze cut-off allesbehalve gemakkelijk is. Het is immers duidelijk dat personen met een ernstige afwijking zeer veel fouten maken, maar personen met een matig tot lichte afwijking kunnen zowel zeer veel als zeer weinig fouten maken, waardoor men bij een laag aantal fouten te maken heeft met een continuüm aan waarschijnlijkheden of een persoon al dan niet normaal is.

Naast de volledige 38-platen editie van de Ishihara-test en de ingekorte reeks van plaat 1 tot 21, worden in de literatuur ook de verkorte versies vermeld van 16 platen, 14 platen en 6 platen.[18]

De 6de editie (1932) van de Ishihara-test is een editie die 13 platen met cijfers bevat en 3 met slangetjes.[1] De selectie van 13 platen aanbevolen in de standaard visus van de VWVJ is gebaseerd op deze editie.
Met de 14-platen editie wordt bedoeld plaat 2 tot 15 van de 24 platen editie (plaat nr 1, de demonstratieplaat wordt niet meegeteld). Hierbij wordt een persoon als normaal beschouwd als hij 12 van de 14 platen juist leest.[18]
Voor de 6-platen editie mag men volgens Ishihara zelf een selectie maken waarbij men keuze heeft tussen verschillende platen uit 5 groepen (cfr. supra). De onderzoeker heeft bijgevolg keuze uit meer dan 1000 verschillende combinaties.
Hackman *et al* onderzocht of het slagen voor de test met een Farnsworth Lantern kon voorspeld worden met een serie van 6 Ishihara-platen en gebruikte hiervoor twee combinaties van zes platen en de gangbare reeks van 14 platen uit de 38-platen editie. Allen gaven ze zeer vergelijkbare resultaten.[18]
Dain *et al* [11] besluit in zijn review dat de verkorte versies van de Ishihara-test en zelfde validiteit hebben als de volledige test.

Er is heel wat te doen over het feit dat er verschil zou zijn tussen de kleuren van verschillende edities van de Ishihara-test.
De meeste onderzoekers lijken het erover eens te zijn dat er verschillen bestaan, maar het belang dat eraan gehecht wordt is sterk verschillend van studie tot studie.
Uvijls komt tot de vaststelling dat de kleurweergave van de recente uitgaven t.o.v. de oudere tamelijk verschilt en stelt zich de vraag in hoeverre de nieuwe uitgaven van de Ishihara-test nog overeenstemmen met de oorspronkelijke versie.[1]
Birch *et al* [17] stelt dat de kleuren licht verschillend zijn tussen de verschillende edities, maar dat de specificiteit en sensitiviteit onveranderd blijven. Enkel personen met een zeer lichte afwijking van het kleurenzicht zouden verschillend presteren op de verschillende edities.
Eén vrij recente studie (Lee en Honson, 2003) probeerde deze kleurverschillen te objectiveren door enerzijds de testresultaten van twee diagnostische platen, bekomen met verschillende edities van de Ishihara-test en meerdere boekjes van dezelfde editie, met elkaar te vergelijken en anderzijds een colorimetrische analyse te doen met behulp van een spectrofotometer van de kleuren van verschillende van deze boekjes. Er bleken inderdaad aanzienlijke verschillen in kleureigenschappen te bestaan tussen de verschillende boekjes en de aard van de diagnose (protan/deutan, ernstig/licht) verschilde ook. De variatie in diagnose kon verklaard worden met de colorimetrische gegevens. Men concludeerde dat de validiteit van de diagnostische platen zou kunnen verbeterd worden door het beter monitoren van de kleureigenschappen van de Ishihara-test.[20]

Daar men zich bij dit onderzoek beperkte tot de kleurenanalyse van twee “diagnostische platen” blijft de vraag of de kleurenverschillen een impact hebben op de eigenschappen van de Ishihara-test als “screeningstest” aldus onbeantwoord.

Tot slot kan men in de literatuur ook heel wat gegevens terugvinden over de juiste omstandigheden waarin men de Ishihara-test best afneemt. De belangrijkste factor hierbij is de belichting.
Waar de aanbevelingen van de auteur in de handleiding bij de test nogal vaag zijn, worden in de literatuur zeer gedetailleerde richtlijnen gegeven over de aard van de te gebruiken lichtbron.[1,15,21]
Afname bij daglicht verdient de absolute voorkeur (vb voor een open raam dat licht uit het noorden ontvangt), op voorwaarde dat er geen direct zonlicht op de test valt.
Wanneer deze ideale belichting niet mogelijk is moet men zich tevreden stellen met een kunstmatige lichtbron. Belangrijk hierbij zijn zowel de verlichtingssterkte als de kleurtemperatuur van het licht.
De *kleurtemperatuur* moet zo dicht mogelijk de spectrale verdeling van het standaard C-licht benaderen, wat overeenkomt met gemiddeld daglicht. In de praktijk komen lichtbronnen met een kleurtemperatuur van 5000 tot 7500 Kelvin in aanmerking. Er zijn verschillende TL-lampen beschikbaar die het C-licht in hoge mate benaderen.[1,21]
De *verlichtingssterkte* gemeten ter hoogte van het werkvlak bedraagt bij voorkeur 1500 tot 2000 lux.[1]
Talloze belichtingssystemen zijn gecommercialiseerd, waaronder de meest bekende de Macbeth Executive Daylight Lamp en de Macbeth Easel Lamp zijn. Het is echter ook mogelijk een TL-lamp met de juiste kleurtemperatuur uit de handel te gebruiken op een statief, zoals aanbevolen in de VWVJ standaard visus.[1,13]

Deel 2: Eigen onderzoek

1. Inleiding

De literatuur over kleurzin, kleurzinstoornissen, en de brede waaier van mogelijke kleurzintests is zeer uitgebreid en bevat zeer veel discussiemateriaal waarover het laatste woord zeker nog niet gezegd of geschreven is. Over de Ishihara-test in het bijzonder is zeer veel informatie te vinden, juist omdat het de meest verspreide en intensief gebruikte test is binnen het kleurzinonderzoek.
In het literatuuroverzicht van dit eindwerk kwamen al verschillende discussiepunten aan bod, waaronder de waarde van de Ishihara-test als screeningstest, het kiezen van een goede cut-off waarde voor doorverwijzing en het vermeende kleurverschil tussen verschillende edities van de test.
Nergens werd echter gesproken over de invloed van de tand des tijds op de resultaten van een Ishihara-test.

2. Doelstelling en onderzoeksvragen

Door onderzoek in het kader van dit eindwerk werd getracht om een antwoord te vinden op de volgende onderzoeksvragen:

- Is er een verschil in resultaten merkbaar wanneer de screening naar kleurzinstoornissen gebeurt met een oud exemplaar van de Ishiharatest ten opzichte van wanneer deze screening gebeurt met een nieuw exemplaar?

- Is er een verschil in aantal verwijzingen in deze twee condities?

Naar aanleiding van dit onderzoek zal getracht worden om aanbevelingen te formuleren voor het gebruik van de Ishihara-test in het kader van screening naar kleurzinafwijkingen binnen de Jeugdgezondheidszorg, met aandacht voor gestandaardiseerd werken en haalbare doorverwijscriteria.

3. Methodologie

3.1 Onderzoekspopulatie

De onderzoekspopulatie bestaat uit de leerlingen van het vijfde leerjaar van het normaal onderwijs die begeleid worden door het CLB van het gemeenschapsonderwijs Leuven-Tienen-Landen.
Alhoewel volgens de standaard visus het onderzoek van de kleurenzin afgenomen wordt tijdens het gericht consult in het eerste leerjaar (en dus meestal op school), werd gekozen om het onderzoek in het kader van dit eindwerk uit te voeren tijdens het algemeen consult in het vijfde leerjaar, omdat dit op het centrum zelf doorgaat. Zodoende kon een beter gestandaardiseerde onderzoekssituatie gecreëerd worden.
Het betrokken CLB heeft drie vestigingsplaatsen waar leerlingen uit het normaal basisonderwijs onderzocht worden. Eén in Tienen, één in Leuven en één in Kessel-Lo. De leerlingen in Tienen worden onderzocht door één arts en de leerlingen in Leuven en Kessel-Lo door een andere arts. Op deze manier kunnen we binnen onze populatie twee onderzoeksgroepen afbakenen die elk door een andere onderzoeker getest werden. Deze groepen zullen vanaf nu genoemd worden: onderzoeksgroep “P” (voor Tienen) en onderzoeksgroep “M” (voor Leuven en Kessel-Lo) naar de namen van de respectievelijke artsen.

3.2 Test, testprocedure en omstandigheden van testafname

Iedere leerling werd gevraagd om tweemaal een selectie van 13 platen van de Ishihara-test te lezen, éénmaal uit een oude en éénmaal uit een nieuwe versie. Voor de onderzoeksgroep “P” ging het om een oude test uit 1967 en een nieuwe uit 2004, voor de onderzoeksgroep “M” om een oude test uit 1960 en een nieuwe uit 2004. In geval van de oude tests ging het om 38-platen edities, terwijl het voor de twee nieuwe tests 24-platen edities betrof. De 13 platen werden geselecteerd volgens de richtlijnen van de standaard visus van de VWVJ, en wel zodanig dat voor de oude en de nieuwe test dezelfde platen in dezelfde volgorde gelezen moesten worden. Bijlage 3 geeft een overzicht van deze platen en hun nummering.
Eén test werd aangeboden aan het begin van het algemeen consult (dat gemiddeld zo’n 10 minuten duurt), de tweede aan het einde, maar vóór de vaccinatie, om mogelijke invloed van de vaccinatie te vermijden.
Bij opeenvolgende leerlingen werd afwisselend eerst de oude of eerst de nieuwe test aangeboden om een mogelijk leereffect op groepsniveau te neutraliseren.

De test werd plat op het tafeloppervlak gelegd onder een TL lamp Philips TLD 86,18W gemonteerd op een statief op 42 cm hoogte. Er werd de leerling gevraagd om recht te staan aan de tafel en de cijfers te lezen die gezien konden worden. De leerling was vrij om van dichterbij te komen kijken of vanuit een schuine hoek te kijken en mocht de tijd nemen die hij of zij nodig had om het cijfer te lezen.
Door een onvoldoende benadrukken van de afspraken over de precieze afname van de tests kwamen achteraf lichte verschillen in methode tussen de twee onderzoekers aan het licht.
Onderzoeker M draaide de pagina's van het boek zelf om van zodra de leerling het cijfer gezegd had en drong nooit aan als het om een fout antwoord ging. Onderzoeker P liet de leerlingen zelf de pagina's omdraaien waardoor zij waarschijnlijk langer bleven zoeken om zeker de juiste cijfers te lezen. Wel werd door beide onderzoekers rekening gehouden met eventuele spontane hernemingen.

De eerste groep die onderzocht werd door elke onderzoeker werd aangeduid als 'testgroep'. Deze werd wegens het nog niet beschikbaar zijn van de gestandaardiseerde verlichtingsapparatuur getest bij gewone TL-verlichting. Er werden in deze omstandigheden in Tienen en Kessel-Lo respectievelijk 370 en 400 lux gemeten ter hoogte van het werkblad.

Voor de doorverwijzing van de leerlingen die een afwijkende test aflegden werd niet gebruik gemaakt van de criteria die zijn vastgelegd in de standaard visus van de VWVJ. Enkel leerlingen die meerdere fouten maakten uit het lijstje van verwachte fouten bij kleurzinafwijkingen (zie bijlage 3) werden gewezen op de mogelijkheid dat er een afwijkend kleurenzicht was en kregen de folder over kleurzinstoornissen mee (zie bijlage 1).

3.3 Registratieformulieren

De antwoorden werden geregistreerd op standaard formulieren, één voor de oude test en één voor de nieuwe (zie bijlage 4).
Alle gelezen cijfers werden genoteerd, ook als dit er meerdere waren per plaat doordat de leerling zichzelf spontaan verbeterd had.
Naast de gegeven antwoorden werd op het registratieformulier genoteerd in welke volgorde de tests werden afgenomen, en met welke exemplaren van de test (jaartal). Er werd geregistreerd op welke datum het onderzoek doorging, door welke onderzoeker ("P" of "M") de test werd afgenomen, op welke locatie (Tienen, Leuven of Kessel-Lo) en op welk moment van de dag (voormiddag of namiddag). Van iedere leerling werd de naam geregistreerd, het geslacht, de geboortedatum en de school. Er was ook plaats voorzien voor opmerkingen waarin men de vlotheid van de test kon scoren volgens op voorhand vastgelegde

keuzemogelijkheden (zeer vlot, vlot, OK, moeizaam) en andere opmerkingen kon maken zoals het al dan niet dragen van een bril of lenzen en het voorkomen van een verminderde gezichtsscherpte gemeten met de LogMAR 3m Crowded test.

3.4 Databeheer en analyse

Al deze resultaten werden in een latere fase geanonimiseerd geregistreerd in een access-database, waarbij al de relevante gegevens werden opgeslagen (zijnde geslacht en geboortedatum van de leerling, onderzoeksdatum, volgorde van de test, onderzoeker, lokatie, vlotheid van de test indien gescoord, de algemene visus-gegevens en uiteraard de gegeven antwoorden op de aangeboden Ishihara-platen).

4. Resultaten

In totaal werden 317 leerlingen onderzocht, waarvan 119 in Kessel-Lo, 25 in Leuven en 173 in Tienen. Van deze leerlingen waren 151 (47.6%) jongens en 166 (52.4%) meisjes.
De gemiddelde leeftijd van de leerlingen was 10 jaar en 7 maanden, met een maximumleeftijd van 12 jaar en 2 maanden en een minimumleeftijd van 9 jaar en 3 maanden.
Van de 317 leerlingen werden in Kessel-Lo 15 en in Tienen 7 leerlingen getest in de testgroep, zonder aangepaste verlichting, waardoor deze niet in de resultaten opgenomen worden. Onderzoeksgroep M telde dus 129 leerlingen en onderzoeksgroep P 166.

4.1 Onderzoeksgroep P (166 leerlingen)

Scores per test

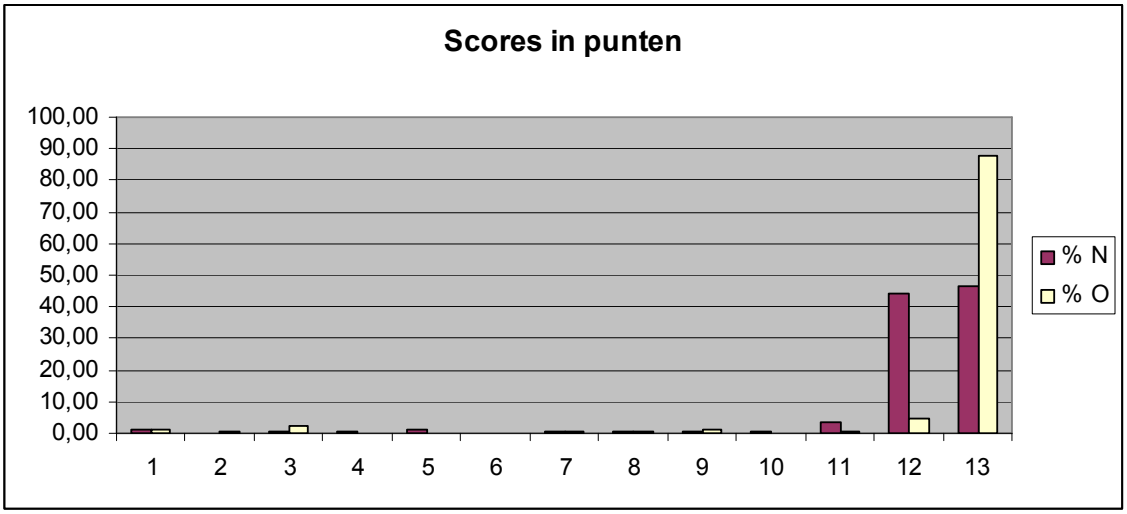
Eerst werd de score per test vergeleken voor de nieuwe en de oude test.
Voor de analyse van de resultaten per test werd één punt toegekend per juist gelezen plaat (voor 13 platen per test). Zodoende kon een leerling een score behalen van 1 tot 13 per test, waarbij score 1 wilt zeggen dat slechts één plaat juist werd gelezen en score 13 dat alle platen juist werden gelezen. Score 0 bestaat niet aangezien de demonstratieplaat door alle personen moet kunnen gelezen worden.
In tabel 1 worden deze scores samengevat voor de nieuwe test (N) en de oude test (O), met telkens het aantal en het percentage van de leerlingen dat deze scores behaalden.
In grafiek 1 worden de percentages van leerlingen die de scores 1 tot 13 behaalden grafisch weergegeven.
De gemiddelde score behaald op de nieuwe test bedroeg 12.0 en op de oude test 12.4.

Wat opvalt is dat met de oude test een beduidend kleiner aantal leerlingen een score 12 haalt (4,82%) dan met de nieuwe test het geval is (43,98%). Dit heeft ook tot gevolg dat een overgrote meerderheid (87,95%) van de leerlingen de oude test volledig correct scoort (13 correct gelezen platen), terwijl met de nieuwe test nauwelijks de helft (46,39%) van de leerlingen hierin slaagt.

Tabel 1: Frequentieverdeling van de scores op de oude ("O") versus de nieuwe ("N") Ishiharatest (groep P)

Score	Aantal N	% N	Aantal O	% O
1	2	1,2	2	1,2
2	0	0	1	0,6
3	1	0,6	4	2,41
4	1	0,6	0	0
5	2	1,2	0	0
6	0	0	0	0
7	1	0,6	1	0,6
8	1	0,6	1	0,6
9	1	0,6	2	1,2
10	1	0,6	0	0
11	6	3,61	1	0,6
12	73	43,98	8	4,82
13	77	46,39	146	87,95
Eindtotaal	166	100	166	100

Grafiek 1: Frequentieverdeling van de scores voor de oude ("O") versus nieuwe ("N") Ishiharatest (groep P)

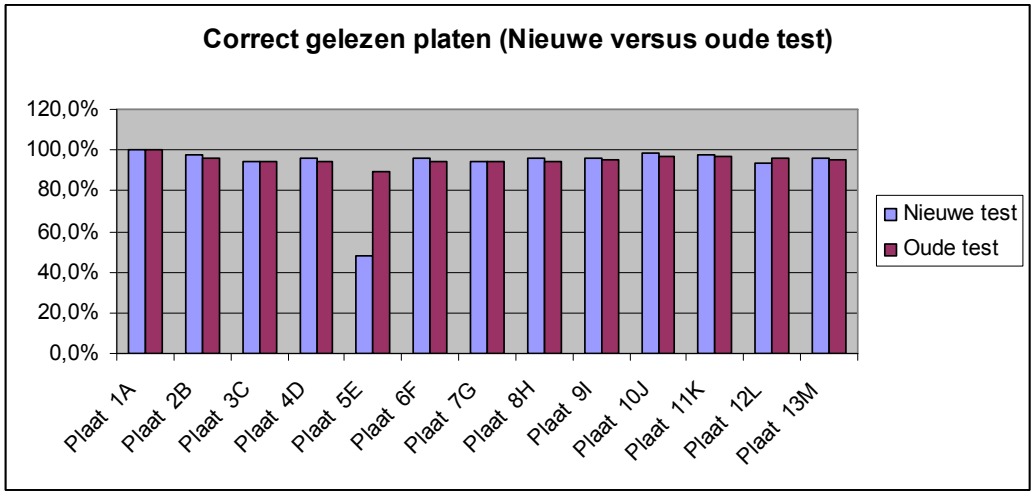


Scores per plaat

Een overzicht van de scores per plaat toont duidelijk welke platen tot deze globale verschillen tussen oude en nieuwe test aanleiding geven.

Uit de percentages per plaat, vermeld in grafiek 2, blijkt duidelijk dat vooral plaat 5 E problematisch is in de nieuwe test. Slechts ongeveer de helft van de leerlingen slaagt erin deze plaat in de nieuwe test correct te lezen, terwijl dit in de oude test bij 9 op 10 van de leerlingen het geval is.

Grafiek 2: Frequentieverdeling van de scores per plaat voor de oude versus nieuwe Ishiharatest (groep P)



<u>Scoreverschil per plaat (nieuw-oud)</u>

Het scoreverschil tussen de nieuwe en de oude test werd per plaat verder geanalyseerd. Daarvoor werd voor elke plaat bekeken hoeveel leerlingen de betreffende plaat in zowel de nieuwe als de oude test goed lazen (“GG”), hoeveel deze plaat in de nieuwe goed en in de oude fout lazen (“GF”), hoeveel in de nieuwe fout en in de oude goed (“FG”) en ten slotte het aantal leerlingen dat deze plaat in beide testen fout las (“FF”). Deze resultaten zijn samengevat in tabel 2, éénmaal in aantallen, éénmaal in percentages.

Wat hier nogmaals opvalt is dat de gemaakte fouten zich rond één bepaalde plaat concentreren:

Met name plaat 5 E wordt in 51,8% (met name 42,8% + 9,0%) van de gevallen foutief gelezen bij de nieuwe test en slechts in 10,8% (1,8% + 9,0%) bij de oude test.

Tabel 2: Scoreverschillen per plaat voor de nieuwe (“N”) versus oude (“O”) Ishiharatest. (groep P)

Score N-0	Pl 1A Aantal	Pl 2B Aantal	Pl 3C Aantal	Pl 4D Aantal	Pl 5E Aantal	Pl 6F Aantal	Pl 7G Aantal	Pl 8H Aantal	Pl 9I Aantal	Pl 10J Aantal	Pl 11K Aantal	Pl 12L Aantal	Pl 13M Aantal
GG	166	160	153	157	77	156	154	156	157	161	161	154	157
GF	0	2	3	2	3	3	3	3	2	2	1	1	2
FG	0	0	3	0	71	0	2	1	1	0	0	6	1
FF	0	4	7	7	15	7	7	6	6	3	4	5	6
Totaal	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166

Score N-0	Pl 1A %	Pl 2B %	Pl 3C %	Pl 4D %	Pl 5E %	Pl 6F %	Pl 7G %	Pl 8H %	Pl 9I %	Pl 10J %	Pl 11K %	Pl 12L %	Pl 13M %
GG	100,0	96,4	92,2	94,6	46,4	94,0	92,8	94,0	94,6	97,0	97,0	92,8	94,6
GF	0,0	1,2	1,8	1,2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,2	1,2	0,6	0,6	1,2
FG	0,0	0,0	1,8	0,0	42,8	0,0	1,2	0,6	0,6	0,0	0,0	3,6	0,6
FF	0,0	2,4	4,2	4,2	9,0	4,2	4,2	3,6	3,6	1,8	2,4	3,0	3,6
Totaal	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

4.2 Onderzoeksgroep M (129 leerlingen)

Voor deze onderzoeksgroep werden dezelfde analyses uitgevoerd als voor groep P.

<u>Scores per test</u>

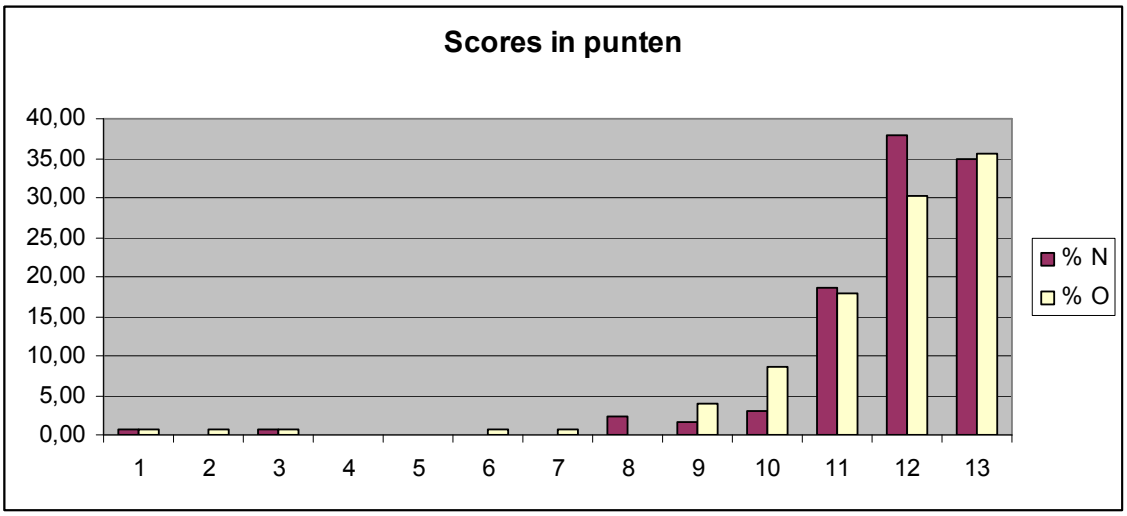
Tabel 3 toont de scores per test, met het aantal en de percentages leerlingen die elke score behaalden. Grafiek 4 geeft deze percentages grafisch weer.
De gemiddelde score behaald op de nieuwe test bedroeg 11.8 en op de oude test: 11.6.

Wat opvalt is dat met de oude test een kleiner aantal leerlingen een score twaalf haalt (30.23%) dan met de nieuwe test het geval is (37.98%), terwijl ongeveer evenveel leerlingen de oude als de nieuwe test volledig correct scoren (13 platen correct gelezen), namelijk 35,66% voor de oude en 34,88% voor de nieuwe test. Tevens behalen ongeveer evenveel leerlingen score 11 (17,83% en 18,6%), terwijl meer leerlingen score 10 behalen op de oude test (8,53%) dan het geval is op de nieuwe test (3,1%).

Tabel 3: Frequentieverdeling van de scores op de oude (“O”) versus de nieuwe (“N”) Ishiharatest (groep M)

Score	aantal N	% N	aantal O	% O
1	1	0,78	1	0,78
2	0	0	1	0,78
3	1	0,78	1	0,78
4	0	0		0
5	0	0		0
6	0	0	1	0,78
7	0	0	1	0,78
8	3	2,33		0
9	2	1,55	5	3,88
10	4	3,1	11	8,53
11	24	18,6	23	17,83
12	49	37,98	39	30,23
13	45	34,88	46	35,66
Eindtotaal	129	100	129	100

Grafiek 3: Frequentieverdeling van de scores voor de oude (“O”) versus nieuwe (“N”) Ishiharatest (groep M)



<u>Scores per plaat</u>

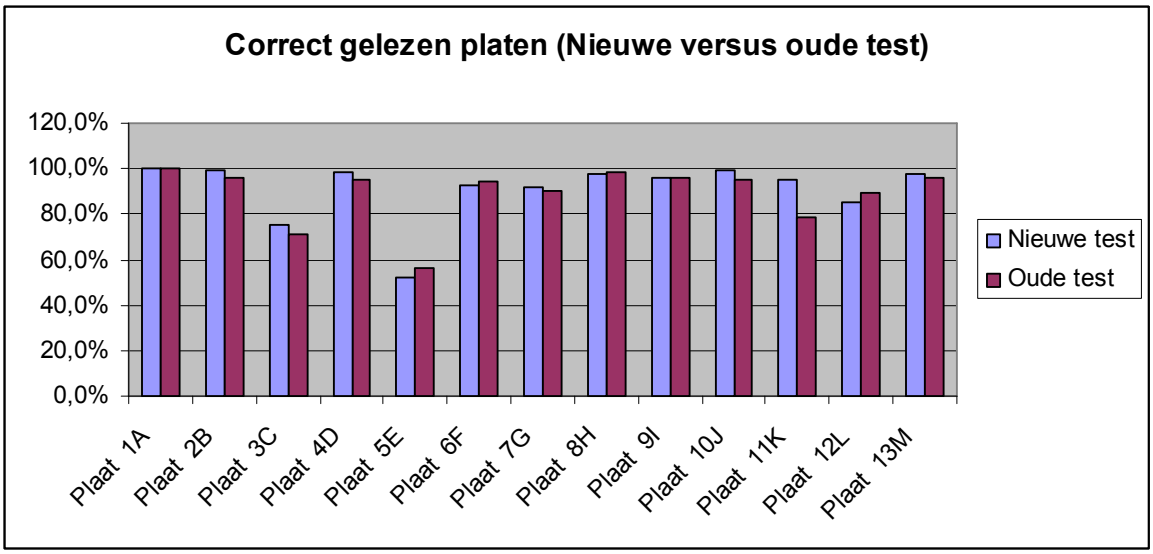
Een overzicht van de scores per plaat toont welke platen tot de spreiding in globale score voor de oude en nieuwe test aanleiding geven en waardoor de verschillen in scores tussen de oude en de nieuwe test kunnen verklaard worden.

De knelpunten blijken hier bij vier platen te liggen (grafiek 4).

Met name plaat 5 E wordt slechts door ongeveer de helft van de leerlingen correct gelezen zowel bij de nieuwe als bij de oude test. Ook platen 3C en 12L worden in mindere mate juist

gelezen in beide tests (in ongeveer 70% van de gevallen voor plaat 3C en ongeveer 85% voor plaat 12L). Voor beide platen zijn er nauwelijks verschillen tussen beide tests te noteren. Het is plaat 11K die verantwoordelijk is voor de grootste verschillen tussen beide tests. Deze plaat wordt door slechts 8 van de 10 leerlingen juist gelezen bij de oude test, terwijl de meeste leerlingen haar juist lezen bij de nieuwe test.

Grafiek 4: Frequentieverdeling van de scores per plaat voor de oude versus nieuwe Ishiharatest (groep M)



<u>Scoreverschil per plaat (nieuw-oud)</u>

Het scoreverschil wordt op dezelfde manier uitgedrukt als bij groep P.
De resultaten zijn samengevat in tabel 4, éénmaal in aantallen, éénmaal in percentages.
Ook hier treden de vier problematische platen (plaat 3C, 5 E, 11K en 12L) duidelijk op de voorgrond.

Tabel 4: Scoreverschillen per plaat voor de nieuwe (“N”) versus oude (“O”) Ishiharatest. (groep M)

Score N-0	Pl 1A Aantal	Pl 2B Aantal	Pl 3C Aantal	Pl 4D Aantal	Pl 5E Aantal	Pl 6F Aantal	Pl 7G Aantal	Pl 8H Aantal	Pl 9I Aantal	Pl 10J Aantal	Pl 11K Aantal	Pl 12L Aantal	Pl 13M Aantal
GG	129	124	78	123	51	119	110	125	122	123	101	105	124
GF	0	4	19	4	16	1	8	1	2	5	22	5	2
FG	0	0	14	0	22	3	6	2	2	0	0	10	0
FF	0	1	18	2	40	6	5	1	3	1	6	9	3
Totaal	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129

Score N-0	Pl 1A %	Pl 2B %	Pl 3C %	Pl 4D %	Pl 5E %	Pl 6F %	Pl 7G %	Pl 8H %	Pl 9I %	Pl 10J %	Pl 11K %	Pl 12L %	Pl 13M %
GG	100,0	96,1	60,5	95,3	39,5	92,2	85,3	96,9	94,6	95,3	78,3	81,4	96,1
GF	0,0	3,1	14,7	3,1	12,4	0,8	6,2	0,8	1,6	3,9	17,1	3,9	1,6
FG	0,0	0,0	10,9	0,0	17,1	2,3	4,7	1,6	1,6	0,0	0,0	7,8	0,0
FF	0,0	0,8	14,0	1,6	31,0	4,7	3,9	0,8	2,3	0,8	4,7	7,0	2,3
Totaal	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

4.3 Vergelijking van de twee onderzoeksgroepen

Scores per test

De gemiddelde scores per test lagen hoger voor groep P dan voor groep M.
De gemiddelde score behaald op de nieuwe test bedroeg 12.0 bij groep P en 11,8 bij groep M. De gemiddelde score behaald op de oude test bedroeg 12.4 bij groep P en 11,6 bij groep M.

Scores per plaat

Bij groep M zijn er meerdere platen die een knelpunt vormen. Met name bij platen 3C, 11K en 12L worden meer fouten gemaakt dan bij de andere platen in groep M, terwijl deze platen bij groep P niet voor problemen zorgen.
Bij beide groepen vormt plaat 5 E een uitschieter wat score betreft in negatieve zin. Bij groep M is dit echter in ongeveer gelijke mate zo voor de nieuwe en de oude test, terwijl dit bij groep P uitsluitend het geval is voor de nieuwe test.

Vergelijking nieuwe test P en M

Aangezien de beide nieuwe tests van dezelfde editie, uit hetzelfde jaartal zijn, is het interessant om de resultaten van deze twee tests naast elkaar te zetten.

Tabel 5 toont voor elke plaat de percentages leerlingen die deze juist gelezen hebben. Dit voor groep M, groep P en voor beide groepen samen. Tevens is het verschil aangegeven berekend tussen beide groepen.
Grafiek 5 is een grafische weergave van de percentages juiste lezingen per plaat.

Beide onderzoeksgroepen scoren hoog op de meeste platen.

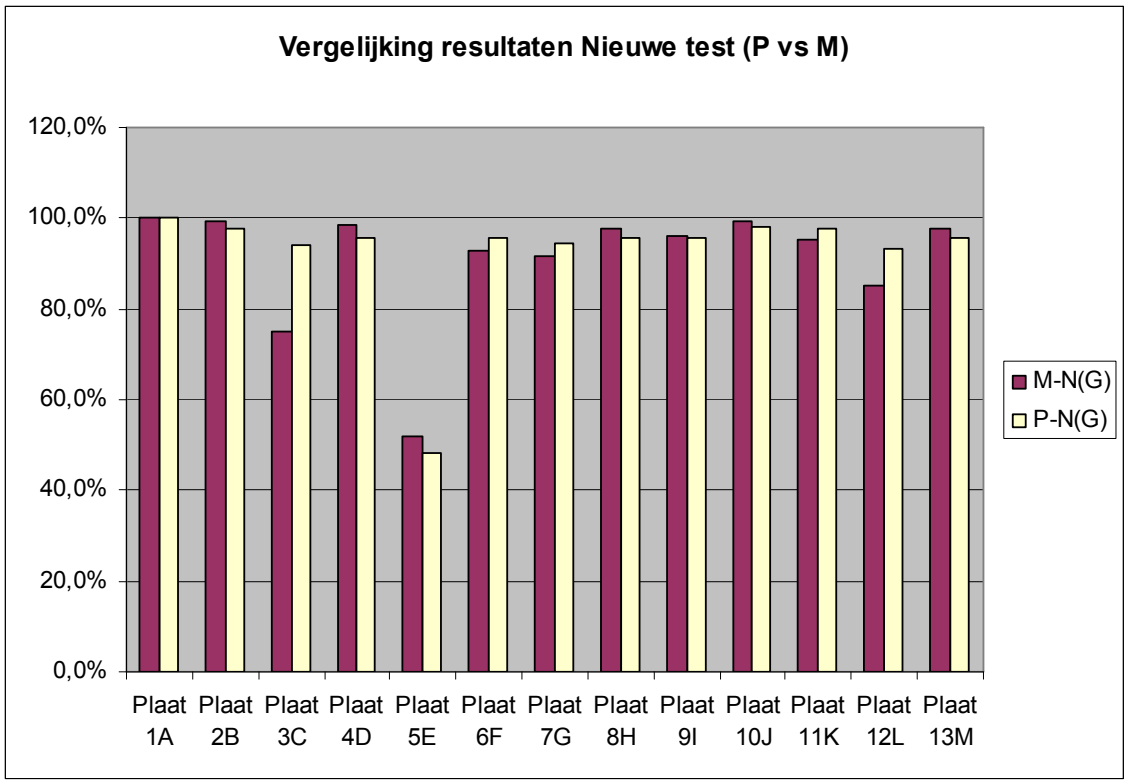
Toch valt vooral op dat voor de twee nieuwe testen samen de foute antwoorden zich concentreren rond drie platen (platen 3C, 5 E en 12L), terwijl de verschillen tussen de twee nieuwe testen het duidelijkst tot uiting komen bij plaat 3C en ook, doch in mindere mate, bij plaat 12L.

Met andere woorden: problematisch voor beide groepen is plaat 5E, en de platen 3C en 12L enkel voor onderzoeksgroep M.

Tabel 5: Percentages correcte antwoorden (G) per plaat van de nieuwe test (N) voor groep P versus groep M, en voor de hele groep (P+M)

Score P vs M	Pl 1A %	Pl 2B %	Pl 3C %	Pl 4D %	Pl 5E %	Pl 6F %	Pl 7G %	Pl 8H %	Pl 9I %	Pl 10J %	Pl 11K %	Pl 12L %	Pl 13M %
M-N(G)	100,0	99,2	75,2	98,4	51,9	93,0	91,5	97,7	96,1	99,2	95,3	85,3	97,7
P-N(G)	100,0	97,6	94,0	95,8	48,2	95,8	94,6	95,8	95,8	98,2	97,6	93,4	95,8
verschil M-P	**0,0**	**1,6**	**-18,8**	**2,7**	**3,7**	**-2,8**	**-3,1**	**1,9**	**0,3**	**1,0**	**-2,2**	**-8,1**	**1,9**
(M+P)-N(G)	100,0	98,3	85,8	96,9	49,8	94,6	93,2	96,6	95,9	98,6	96,6	89,8	96,6

Grafiek 5: Percentages correcte antwoorden (G) per plaat van de nieuwe test (N) voor groep P ("P-N(G)") versus groep M ("M-N(G)").



Aantal verwijzingen bij toepassing van de verwijscriteria van de standaard visus

Verwijscriteria: - 13 platen juist: normaal kleurenzicht
- Enkel een fout op plaat 74/21 (= plaat 5 E): herhaling test bij later consult
- Fouten op andere platen: doorverwijzen

Als we geen rekening houden met de fouten die gemaakt werden op plaat 5 E komen we tot volgende resultaten:

- groep P: nieuwe test: 89,1% maakte geen fouten buiten plaat 5 E ⇒ 10,9% verwijzen
  oude test: 92,2% maakte geen fouten buiten plaat 5 E ⇒ 7,8% verwijzen
- groep M: nieuwe test: 57,4% maakte geen fouten buiten plaat 5 E ⇒ 42,6% verwijzen
  oude test: 50,4% maakte geen fouten buiten plaat 5 E ⇒ 49,6% verwijzen.

5. Discussie

Na het bekijken van al deze resultaten is er één conclusie die duidelijk gemaakt kan worden: er is wel degelijk een verschil tussen de resultaten van de oude en de nieuwe test, maar duidelijker nog zijn de verschillen tussen de twee onderzoeksgroepen en zelfs tussen de twee nieuwe tests.
Stof genoeg dus voor discussie…

Om wat structuur te brengen in de bevindingen zal eerst de tweede onderzoeksvraag onder de loep worden genomen door het toepassen van enkele verwijscriteria op onze resultaten.

In de praktijk werden tijdens dit onderzoek niet veel leerlingen doorverwezen omwille van vermoeden van een kleurzinstoornis daar van in het begin duidelijk was dat er te veel fouten gemaakt werden. Er werd uiteindelijk met de natte vinger doorverwezen op basis van een vermoeden dat ontstond bij leerlingen die meerdere fouten maakten uit het lijstje van verwachte fouten bij een afwijking (zie bijlage 3).
Dit weerhoudt ons er echter niet van om de verwijscriteria zoals ze zijn aanbevolen in de standaard visus van de VWVJ toe te passen op onze resultaten.
Het aantal verwijzingen dat op deze manier ontstaat laat zien dat er verschillen bestaan tussen enerzijds de nieuwe en anderzijds de oude test, maar veel opvallender zijn de verschillen tussen de twee onderzoeksgroepen (10,9% (N) en 7,8% (O) voor groep P, versus 42,6% (N) en 49,6% (O) voor groep M).

Typische en niet-typische fouten als bron van verschillen tussen de onderzoeksgroepen

In een poging de verschillen tussen de twee groepen beter te begrijpen zullen we de fouten die gemaakt werden door de leerlingen van dichterbij bekijken.
Er worden duidelijk méér fouten gemaakt in onderzoeksgroep M dan in onderzoeksgroep P, en niet alleen worden er méér fouten gemaakt in deze groep, er zijn ook meer platen in betrokken.
In de literatuur werd een aanwijzing gevonden dat men een onderscheid zou kunnen maken tussen typische fouten die verband houden met een kleurzinafwijking, en niet-typische fouten die niets anders zijn dan vergissingen bij het lezen. Birch J [17] maakt dit verschil in zijn artikel en stelt hiermee dat de cut-off waarde tussen een normale en abnormale kleurzin afhankelijk kan zijn van welke fouten men in het beslissingsproces meerekent.
Naar zijn voorbeeld werden alle fouten gemaakt binnen onze twee onderzoeksgroepen onderverdeeld in typische fouten en niet-typische fouten.
Onder typische fouten verstaan we alle fouten die uitgelokt worden door de opmaak van de plaat en dus typisch worden gemaakt door personen met een kleurzinstoornis. Hiermee bedoelen we :

- Het lezen van een verborgen cijfer op een plaat van het “transformation” type
- Het niet kunnen lezen van een plaat van het “vanishing” type
- Het lezen van een plaat van het “hidden-digit” type
- Het slechts partieel lezen van het cijfer op een plaat van het “diagnostic” type

Toegepast op de 13 platen die in ons onderzoek gebruikt werden kunnen de volgende fouten als typisch beschouwd worden:

Plaatnummer	Type van plaat	Typische fouten
1A	demonstratie	geen
2B	transformation	3, -
3C	transformation	20, 70, 79, -
4D	transformation	2, -
5E	transformation	71, 24, 21, -
6F	vanishing	-
7G	vanishing	-
8H	vanishing	-
9I	vanishing	-
10J	hidden digit	5
11K	hidden digit	45
12L	diagnostic	2, 6, -
13M	diagnostic	4, 2, -

Een gedetailleerd overzicht van de resultaten van onze studie, enkel rekening houdend met deze typische fouten, is schematisch weergegeven in bijlage 6.

We zien dat het totaal aantal fouten dat gemaakt wordt bij de nieuwe zowel als de oude test vooral veel minder groot wordt bij onderzoeksgroep M als we de resultaten op deze manier bekijken.
De scores per plaat voor groep P veranderen maar lichtjes en het knelpunt blijft hier bij plaat 5 E liggen (48,2% alle fouten versus 48,8% typische fouten voor de nieuwe test en 89,2% zowel alle fouten als typische fouten voor de oude test). Bij groep M zijn er grotere veranderingen vast te stellen in de scores per plaat. Naast het feit dat de scores voor bijna alle platen beter zijn zien we dat met name op plaat 12L quasi geen typische fouten werden gemaakt (85,3% alle fouten versus 99,2% typische fouten voor de nieuwe test en 89,1% alle fouten versus 100% typische fouten voor de oude test). Platen 3C, 5 E en 11K blijven toch opvallende uitschieters, waarbij plaat 11K echter enkel voor de oude test een mindere score haalt (95,3% alle fouten versus 96,9% typische fouten voor de nieuwe test en 78,3% alle fouten versus 83,7% typische fouten voor de oude test).
Bij vergelijken van de twee nieuwe testen, enkel rekening houdend met de typische fouten, is er nog maar één groot verschil tussen de twee onderzoeksgroepen: op plaat 3C wordt bij 24% van de leerlingen uit groep M een typische fout gemaakt, terwijl door groep P niet meer fouten gemaakt worden dan bij andere platen (4,2% typische fouten in groep P voor plaat 3C).

Verwijscriteria toegepast op typische fouten

Wanneer we de verwijscriteria van de standaard visus toepassen op deze aangepaste resultaten komen we tot de volgende bevindingen:
Groep P: nieuwe test: 7,83% verwijzen
Oude test: 7,23% verwijzen
Groep M: nieuwe test: 26,36% verwijzen
Oude test: 37,98% verwijzen.
In vergelijking met de eerder vermelde verwijspercentages, berekend met de criteria van de standaard visus en rekening houdend met alle fouten, is het aantal verwijzingen op basis van de geobserveerde typische fouten een heel stuk kleiner, en zijn de verschillen tussen beide onderzoeksgroepen minder groot maar zeker niet verdwenen. Hierop komen we later nog terug.

Typische fouten en kleurkwaliteit van oude en nieuwe tests

Als we ons nog even langer blijven beperken tot de typische fouten blijven de volgende aspecten opvallen:

- Plaat 5 E wordt door ongeveer de helft van de leerlingen fout gelezen bij alle testen , behalve bij de oude test uit groep P (= het exemplaar uit 1967)
- Plaat 3C wordt door groep M in een kleine 30% fout gelezen bij zowel de oude als de nieuwe test.
- Plaat 11K wordt in een kleine 20% fout gelezen bij de oude test in groep M.
- Bij alle andere platen (uit zowel oude als nieuwe testen) ligt de proportie leerlingen die een fout maakt tussen 0 en maximum 4,2%, met een gemiddelde van 2,2%.

Een verklaring voor de gevonden verschillen tussen beide oude tests is moeilijk te vinden omdat het edities uit verschillende jaartallen betreft en de intensiteit van gebruik en manier van bewaring niet achterhaald kon worden. De verschillen zouden reeds bij het drukproces zelf kunnen ontstaan zijn, maar ook kunnen te wijten zijn aan verschillend gebruik over de jaren heen.

De verschillen tussen de oude en de nieuwe test blijken voor de twee onderzoeksgroepen niet volgens een zelfde patroon te verlopen. Bij onderzoeksgroep P was de gemiddelde score op de oude test iets beter dan op de nieuwe test, bij onderzoeksgroep M bleek dit juist andersom te zijn. Dit is iets waar geen rekening mee werd gehouden bij het opstellen van het onderzoek en de onderzoeksvragen. We gingen ervan uit dat beide nieuwe tests onderling vergelijkbaar zouden zijn en dat de gevonden verschillen tussen nieuw en oud zouden kunnen verklaard worden door het verouderen van de boekjes. Dit ideale geval deed zich alleszins niet voor en dus moeten we besluiten dat we geen antwoord kunnen formuleren op de eerste onderzoeksvraag.

De verschillen tussen de twee nieuwe tests onderling kunnen daarentegen wel onderzocht worden. Het enige verschil dat opvalt na het uitsluiten van alle niet-typische fouten situeert zich op beide nieuwe platen 3C. Daar het hier over dezelfde druk gaat en de tests recent en kort na hun productie (editie 2004) werden aangekocht, en de bewaring dus geen invloed kon uitoefenen op de kleuren, kunnen we ons afvragen of de verschillen in scores tussen de onderzoeksgroepen bij het aflezen van deze plaat terug te voeren zijn tot een verschil in kleurkwaliteit dat reeds aanwezig was bij het drukken van de test.

Als we de platen 3C van de beide nieuwe tests naast elkaar leggen kunnen we met het blote oog reeds opmerken dat er duidelijke verschillen in kleurkwaliteit bestaan.(zie bijlage 5)

Naar het voorbeeld van Dain *et al* [11] en Lee *et al* [20] werd naar aanleiding van de resultaten van dit onderzoek door Cécile Guérin een poging gedaan om een kleuranalyse uit te voeren van de vier gebruikte tests. Aan de hand van het softwareprogramma Adobe Photoshop 7.0 trachtte ze de eigenschappen van de verschillende gebruikte kleurtinten in plaat 3C te vergelijken voor de beide nieuwe tests. Door haar werd bevestigd dat de kleurtinten voor de beide platen niet helemaal overeenkomen. Na het plotten van de verschillende kleuren van

deze plaat op een diagram, verschijnen er lichte verschuivingen binnen de kleurendriehoek van de CIE (cfr supra) voor de overeenkomstige kleurtinten uit beide platen. Welke conclusies hieruit kunnen getrokken worden is na het beperkte onderzoek van de kleurkwaliteiten nog niet duidelijk en kan ongetwijfeld onderwerp worden van verder onderzoek.

Knelpunten per plaat

Voor het feit dat plaat 5 E bij drie van de vier tests in grote mate fout wordt gelezen vinden we in de literatuur de nodige bevestiging. Littlewood *et al* [15] vond ook dat bij deze plaat de grootste moeilijkheden voorkwamen. Dat Ishihara zelf in zijn toelichting bij de test aangeeft dat een fout op deze plaat niet noodzakelijk op een afwijkend kleurenzicht wijst geeft aan dat dit een zeer gevoelige plaat is en maakt het grote aantal fouten binnen onze onderzoeksgroep minder verontrustend.

Plaat 11K werd bij de oude test van groep M in 21,7% fout gelezen. Aangezien dit een plaat is van het hidden-digit type betekent dit dat deze leerlingen het verborgen cijfer 45 konden lezen terwijl dat niet de bedoeling is bij personen met een normaal kleurenzicht.
Over het kunnen lezen van een hidden-digit plaat door normale personen schrijft Lakowski *et al* dat dit het meeste voorkomt in de derde leeftijdsdecade en vermindert naargelang een persoon ouder wordt. De leerlingen uit onze onderzoeksgroep bevinden zich weliswaar niet in de derde leeftijdsdecade maar in het begin van de tweede, toch zou hier een mogelijke verklaring kunnen gezocht worden.
Anderzijds gelden deze bevindingen slechts voor één van de twee hidden-digit platen en enkel bij één van de beide oude tests, wat doet vermoeden dat dit toch eerder iets zou te maken kunnen hebben met de kwaliteit van de kleuren op deze bepaalde plaat. Ook dit kan stof zijn voor verder onderzoek rond de kleurkwaliteit van deze tests.

Design-effecten en toevallige vergissingen als verklaring voor niet-typische fouten

De vraag die nog onbeantwoord voor ons ligt is hoe het komt dat er zo'n duidelijke verschillen bestaan tussen de resultaten als we alle gegevens bekijken t.o.v wanneer we enkel de typische fouten bekijken.
Hiervoor gaan we na wat voor soort fouten het nu eigenlijk zijn die we buiten beschouwing hebben gelaten bij het isoleren van de typische fouten.
Het valt op dat enkele fouten, hoewel ze zeker niet behoren tot de eerder besproken typische fouten, vaak terugkomen bij leerlingen, onafhankelijk van de individuele prestatie op de test.

Tot de meest opvallende fouten behoren:

Plaatnummer	Juist antwoord volgens de testaanbevelingen	Niet typische fouten die geobserveerd werden in onze steekproef
6F	6	8
7G	45	15, 16, 46
9I	7	1
12L	26	28
13M	42	12

Bij analyse van deze opvallende fouten zien we dat het hier eigenlijk gaat om vier cijfers die verkeerd worden gelezen:

- Een 6 wordt als een 8 gelezen
- Een 4 wordt als een 1 gelezen
- Een 5 wordt als een 6 gelezen
- Een 7 wordt als een 1 gelezen

Van deze vier fouten kwamen de eerste twee het meest voor.

Dit zijn fouten die allemaal kunnen verklaard worden door het design van de cijfers:

- doordat de krul van de 6 redelijk uitgesproken is kan hier de vergissing worden gemaakt met de 8;
- doordat de vier hier als een gesloten cijfer is afgebeeld maakt het dwarse streepje het enige verschil met een 1;
- doordat de krul van de 5 redelijk uitgesproken is, is het niet ondenkbaar dat ze als gesloten wordt gezien en aldus gelezen wordt als een 6;
- doordat de 7 geen dwars streepje heeft kan deze gezien worden als een 1.

Dit kan dus allemaal te maken hebben met het feit dat leerlingen niet altijd vertrouwd zijn met het lettertype waarin de cijfers zijn uitgebeeld. Misschien worden de cijfers tegenwoordig anders van vorm aangeleerd in de basisschool dan vroeger?

Buiten de typische fouten en deze zogenaamde “design-fouten” werd nog een waaier van andere fouten gemaakt van uiteenlopende aard die niet echt terugkwamen bij meerdere leerlingen en dus beschouwd kunnen worden als toevallige vergissingen.

<u>Verschil in onderzoeksmethode als mogelijke verklaring voor verschillen tussen onderzoeksgroepen</u>

Zowel de “design-fouten” als de toevallige vergissingen kwamen duidelijk meer voor bij onderzoeksgroep M.

Was deze groep leerlingen dan zoveel minder aandachtig bij de testafname?

Het één en ander zou wel kunnen verklaard worden door het ongewilde verschil in methode bij testafname. Onderzoeker M draaide namelijk zelf de pagina's van de test om van zodra een cijfer gezegd werd en er niet meteen een herneming volgde, onderzoeker P liet de leerlingen zelf de pagina's omdraaien. Hierdoor zou het kunnen dat de leerlingen uit onderzoeksgroep P langer de tijd namen om te beslissen welk cijfer het uiteindelijk zou worden, en zich ook minder onder druk gezet voelden om snel een antwoord te geven.
Het om deze reden vaker voorkomen van de "design-fout" 6>8 bij groep M verklaart waarom plaat 12L bij deze groep wel een probleem vormt en niet bij groep P. Het overgrote deel van de fouten dat gemaakt werd bij groep M op deze plaat was namelijk het lezen van een 28 i.p.v een 26.

6. Besluit en aanbevelingen voor de jeugdgezondheidszorg

Door het vergelijken van de resultaten bekomen door afname van de Ishiharatest bij leerlingen van het vijfde leerjaar met enerzijds een oud exemplaar van de test en anderzijds een nieuw exemplaar, werd getracht om een antwoord te vinden op de volgende onderzoeksvragen.

- Is er een verschil in resultaten merkbaar wanneer de screening naar kleurzinstoornissen gebeurt met een oud exemplaar van de Ishiharatest ten opzichte van wanneer deze screening gebeurt met een nieuw exemplaar?

- Is er een verschil in aantal verwijzingen in deze twee condities?

Na bespreking van de bekomen resultaten kunnen we concluderen dat het met dit onderzoeksopzet niet mogelijk is om een antwoord te formuleren op de eerste vraag.
Enerzijds hebben we door gebruik te maken van vier exemplaren van de Ishihara-test ontdekt dat er veel verschillen bestaan tussen de resultaten bekomen met de verschillende exemplaren. Anderzijds hebben we door te werken met twee onderzoekers ontdekt dat ondanks onze inspanningen om de werkwijze van beide personen op elkaar af te stemmen, toch grote verschillen in resultaten ontstaan tussen de twee onderzochte groepen.
We kunnen hieruit concluderen dat het standaardiseren van de onderzoekssituatie moeilijker is dan gedacht.
Bij het verschil in methodologie tussen de onderzoekers bleek de vrijheid die een leerling kreeg om zelf te beslissen hoelang hij naar een plaat keek cruciaal te zijn.
In de standaard visus van de VWVJ wordt de tijd die men krijgt per plaat en de manier van omdraaien van de pagina's niet gespecificeerd. Hierdoor zullen verschillende CLB

verpleegkundigen er wat dat betreft zeer verschillende gewoontes op na houden. De resultaten van dit onderzoek suggereren dat een testprocedure waarbij een kind meer tijd en vrijheid krijgt om de voorgestelde platen te benoemen mogelijks een meer betrouwbaar resultaat oplevert.
Bij de opzet van dit onderzoek werd gekozen voor de groep leerlingen uit het vijfde leerjaar omdat het onderzoek dan kon doorgaan op het centrum zelf, in tegenstelling met een onderzoek op school in het eerste leerjaar. Naar standaardisering van de onderzoekssituatie toe zou men zich kunnen afvragen of de omstandigheden niet nog meer uiteenlopend zijn wanneer het onderzoek gebeurt op de verschillende scholen. Mede daar de belichtingsapparatuur niet echt handig is om overal op verplaatsing mee te nemen, stelt de vraag zich of het niet aangewezen is om de screening naar kleurzinafwijkingen standaard uit te voeren in het vijfde leerjaar. Gezien dit onderzoek als voornaamste doelstelling heeft om problemen i.v.m studie- en beroepsoriëntering te voorkomen, lijkt het zelfs gemakkelijker om een gericht advies te formuleren indien de leerling wat ouder is.

Het antwoord op de tweede onderzoeksvraag is ook niet eenduidig te beantwoorden.
Er is duidelijk een verschil in aantal verwijzingen vast te stellen wanneer men verschillende tests gebruikt. Vraag is echter of dit te wijten is aan de ouderdom van de test?
Hier spelen dezelfde bedenkingen over de verschillen tussen de exemplaren en de twee onderzoekers een rol.
Wat wel zeer duidelijk naar voor is gekomen is dat het strikt toepassen van de aanbevolen verwijscriteria niet haalbaar is wanneer wordt rekening gehouden met alle fouten die een leerling maakt bij het spontaan lezen van de Ishihara-test.
Als men een leerling meer tijd zou geven of zou aandringen om nog eens goed te kijken als er een fout wordt gemaakt, zouden er wellicht minder vergissingen en zogenaamde “design-fouten” worden gemaakt. Men kan zich ook afvragen of de huidige selectie van 13 Ishihara-platen, die in het CLB afgenomen worden, niet moet herzien worden (om de meest problematische platen te vervangen of uit te sluiten).

De vraag stelt zich of de verwijscriteria zouden moeten aangepast worden in die zin dat er bij het beoordelen van het kleurenzicht en het beslissen tot verwijzing enkel rekening zou gehouden worden met de zogenaamde typische fouten.

De verschillen die aan het licht kwamen tussen de verschillende exemplaren van de Ishihara-test stemmen tot nadenken en roepen meer vragen op dan met dit eindwerk beantwoord kunnen worden.

Het is duidelijk dat dit perspectieven opent voor verder onderzoek waarin een gefundeerde analyse van de kleurkwaliteiten van de platen van de Ishihara-test een centrale plaats inneemt.

Referenties

1. Uvijls, A. Kleurenzien en kleurzin-stoornissen voor de practici. Kugler Publications 1998

2. Junqueira, L.C.; Carneiro, J.; Kelley, R.O. Functionele histologie. Zevende druk. Utrecht: Bunge 1996

3. Bear, M.R.; Connor, B.W.; Paradiso, M.A. Neuroscience: Exploring the Brain. Second edition. Lippincott, Williams and Wilkins, 2001

4. Deeb, S. S. Molecular genetics of colour vision deficiencies. Clin Exp Optom. 2004 Jul; 87(4-5):224-9.

5. Wissinger, B.; Sharpe, L.T. New Aspects of an Old Theme: The Genetic Basis of Human Color Vision. Am. J. Hum. Genet. 1998 Oct; 63:1257-62.

6. Neitz, M.; Neitz, J. Molecular Genetics of Color Vision and Color Vision Defects. Arch Ophtalmol. 2000 May; 118(5):691-700.

7. Cole, B.J. The Handicap of Abnormal Colour Vision. Clin. Exp. Optom. 2004 Jul; 87(4-5): 258-75.

8. Tagarelli, A.; Piro, A.; Tagarelli, G.; Lantieri, P. B.; Risso, D., and Olivieri, R. L. Colour blindness in everyday life and car driving. Acta Ophthalmol Scand. 2004 Aug; 82(4):436-42.

9. Gordon, N. Colour Blindness. Public Health. 1998 Mar; 112(2):81-4

10. Grassivaro, Gallo P.; Panza, M.; Viviani, F.; Lantieri, P.B. Congenital dyschromatopsia and school achievement. Percept. Mot. Skills. 1998 Apr; 86(2):563-9

11. Dain, S.J. Clinical colour vision tests. Clin Exp Optom. 2004 Jul; 87(4-5):276-93.

12. Nederlandse vereniging Jeugdgezondheidszorg. JGZ-standaard. Bohn Stafleu Van Loghum 2002

13. VWVJ 'Standaard Visusonderzoek bij 3- tot 18-jarigen in het CLB'

14. Ishihara S. Album-Test Pour la Recherche des Dyschromatopsies Congenitales. Edition Complète 38 Plaches. Kanehara&Co, LTD. Tokyo. Japon.

15. Littlewood,R.; Hyde,F. Screening for congenital colour vision defects. A comparison between the Ohkuma and Ishihara plates. Aust NZJ Ophthalmol. 1993 Feb. 21(1):31-5

16. Mäntyjärvi, M.; Karppa, T.; Karvonen, P.; Markkanen, H.; Myöhänen, T. Comparison of six colour vision tests for occupational screening. Int. Arch Occup Environ Health. 1986; 58(1):53-9.

17. Birch, J. Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green colour deficiency. Ophthalmic Physiol Opt. 1997 Sep; 17(5):403-8.

18. Hackman,J. Predicting Farnsworth Lantern Success with a Six-Plate Series of the Ishihara Pseudoisochromatic Plates. Mil. Med. 2001 Dec;166(12): 1046-8.

19. Lakowski, R. Theory and practice of colour vision testing: A review. Part 2. Brit J Industr Med 1969; 26:265-88.

20. Lee, D. Y.; Honson, M. Chromatic Variations of Ishihara Diagnostic Plates. Col Res Appl 2003 Aug; 28(4):267-76

21. Dain, S.J. Daylight simulators and colour vision tests. Ophthalmic Physiol Opt. 1998 Nov; 18(6):540-4.

22. Slaby, D.; Roberts,J.: Color Vision Deficiencies in Youths. Vital and Health Statistics 1974 Jan; 11(134)

23. Martins, G. M.; Bordaberry, M. F.; Correa, Z. M.; Manica, M. B.; Costa, J. C.; Telichevesky, N., and Marcon, I. M. Color vision in school children: assessment of a new test. J Pediatr (Rio J). 2001 Jul-2001 Aug 31; 77(4):327-30.

24. Berkhout, S. Scriptie Kleurenblindheid: Signalering en advisering in de Jeugdgezondheidszorg. 2004 JGZ Nederland.

25. Website http://jfly.iam.u-tokyo.ac.jp/html/color_blind/

Bijlagen

- Bijlage 1: Folder gestoord kleurenzicht (standaard visus VWVJ)
- Bijlage 2: Overzicht van beroepen en industrieën en de mate waarin het kleurenzien belangrijk is.
- Bijlage 3: Overeenkomstige nummering van de 13 platen uit het onderzoek met de 38-platen editie en specificering van het type plaat.
- Bijlage 4: Testformulieren oude test en nieuwe test
- Bijlage 5: Selectie van platen overgenomen uit de vier gebruikte exemplaren van de Ishihara-test
- Bijlage 6: Onderzoeksresultaten, enkel rekening houdend met de “typische fouten”

BIJLAGE 1

GESTOORD KLEURENZICHT

Wat is het?

Het normale oog is gevoelig voor drie grondkleuren: rood, groen en blauw. Alle andere kleuren, opgebouwd uit deze grondkleuren, worden herkend. Iemand met gestoord kleurenzicht is minder gevoelig of helemaal ongevoelig voor één of meerdere van deze grondkleuren. Dit brengt mee dat bepaalde kleuren of kleurschakeringen niet herkend worden.
Er bestaan dus vele vormen van lichte tot sterke stoornis voor rood, groen of blauw. Enkel bij ongevoeligheid voor alle grondkleuren kan men spreken van volledige kleurenblindheid. Mensen met die stoornis zien de wereld als in een zwart-wit film.

Komt het vaak voor?

Gestoord kleurenzicht is meestal een aangeboren afwijking. Slechts in enkele gevallen is de stoornis het gevolg van een oogziekte. De aangeboren stoornis komt vaker voor bij jongens dan bij meisjes. 8% van de jongens hebben ermee te maken en slechts 0,4% van de meisjes.
Verminderd zicht voor groen komt het meest voor (5%), dan verminderd zicht voor rood (1%), roodblindheid (1%) en groenblindheid (1%). Stoornis in blauwzicht en volledige kleurenblindheid komen zeer zelden voor.

Hoe is het op te sporen?

Het onderzoek naar kleurenzicht gebeurt systematisch tijdens het medisch onderzoek van kinderen van de lagere school (eerste leerjaar). Hiervoor wordt de Ishihara Test gebruikt. Deze test bestaat uit gekleurde platen met cijfers of tekeningen en geeft een vrij goed idee van de stoornis.

Indien men de precieze graad en de aard van de stoornis wenst te kennen, is een gespecialiseerd onderzoek nodig. Dit kan bij een kleurendeskundige in een universitaire dienst of bij oogartsen die over speciale apparatuur beschikken, o.m. een anomaloscoop.

Indien men de precieze graad en de aard van de stoornis wenst te kennen, is een gespecialiseerd onderzoek nodig.

Zijn er gevolgen voor het kind?

Het normale zicht van het kind ondervindt geen hinder van gestoord kleurenzicht. Een lichte afwijking geeft weinig of geen last. Een erge graad van gestoord kleurenzicht kan wel eens voor problemen zorgen.

Op school: Het kind kan problemen ondervinden bij vakken waar met kleuren gewerkt wordt, bijvoorbeeld bij wiskunde, tekenen. Best kan de leerkracht, bij het begin van het schooljaar, ingelicht worden over het bestaan van de afwijking.

Latere studie- en beroepskeuze: Voor sommige beroepen is een perfect kleurenzicht vereist bij aanwerving, bijvoorbeeld bij de spoorwegen, in de lucht- en scheepvaart, in bepaalde bedrijven.
Voor andere beroepen kan een gestoord kleurenzicht in de praktijk problemen geven, bijvoorbeeld kleurenfotografie, kleurencontrole in de verfindustrie, openbaar vervoer (verminderde zichtbaarheid van rode achterlichten).
Wanneer later een studie- of beroepskeuze gemaakt wordt, is het goed hiermee rekening te houden en tijdig advies in te winnen.

Er bestaat geen behandeling van een gestoord kleurenzicht. Het blijft levenslang onveranderd.

Verslagen van gespecialiseerd onderzoek kan je dus best bewaren.

Als je nog vragen hebt, kan je hiermee terecht bij de CLB-arts.

Vlaamse Wetenschappelijke Vereniging voor Jeugdgezondheidszorg
Werkgroep Gezondheidsvoorlichting en -opvoeding 1994, herwerkte versie 2003

BIJLAGE 2: OVERZICHT VAN BEROEPEN EN INDUSTRIEËN EN DE MATE WAARIN HET KLEURENZIEN BELANGRIJK IS

(Bron: "Kleurenzien en kleurzin-stoornissen voor de practici [1])

Agent waters en bossen	2*
Agronoom	2
Acteur	3
Analist	2
Anesthesist	3
Antiquair	2
Apotheker	2
Arbeidsinspecteur	2*
Archeoloog	2
Architect: - bouw	3
- binnenhuis	2
- tuin	2
Arts	3
Astronaut	1*
Bacterioloog	2
Bakker, banket	3
Behanger-stoffeerder	2
Bioloog	2
Bloemist	3
Boekbinder	3
Borduurwerk:	
textiel, leder en kunst	2
Botanicus	2
Brandweerman	3
Breiwerk	3
Brouwer	3
Brugwachter	2*
Cameraman	2
Carrossier-autospuiter	2
Chauffeur	2*
Chemie en chemische producten	2
Chirurg	3
Commissaris bij de criminele politie	1*
Confectie (algemeen)	3
Constructie – bouw	3
Diamantair	1
Dierenarts	3
Diëtist	3
Douanier	2*
Drukker	2
Elektriciteit: nijverheid, gebouwen, auto	2
Elektromechanica	2/3
Elektronica:	
- algemeen	1/2
- elektronicus kleuren-TV, monteur,	
Hersteller	1
Etaleur	3
Filatelist	2
Fleurist	2
Fotograaf	2
Fysicus	2
Fysiotherapeut	3
Geoloog	2
Gerechtelijke geneeskunde	2*
Grimeur	2
Heftruckbestuurder	3
Huidarts	2
Informaticus, programmeur	3

Inkoper of sorteerder:	
textiel, garens, diamanten	
parels, gekleurd papier,	
hout, plastics, voedsel	
groenten en fruit	2
Isoleerder, thermisch, geluid	0
Juwelier	3
Kapper	2
Kartograaf	2
Kelner	3
Keramist	2
Kinesist	0
Kleurder of kleurbeoordelaar:	
textiel, verf, inkt, tapijt, papier,	
keramiek, kosmetika	1
Kok	3
Kunstopleidingen	3
Landmeter kadaster	3*
Lasser, elektrisch en autogeen	3
Leraar: - scheikunde	2
- aardrijkskunde	3
- wiskunde	3
Luchtvaart – burger, militair:	
- Stuurpersoneel:	
- piloot	1*
- navigator	1*
- boordtechnicus	1*
- Grondpersoneel:	
- luchthavenopzichter	2*
- luchtvaarttechnicus: elektriciteit-	
elektronica-communicatie	1/2*
- luchtvaartmeterioloog	1*
- luchtvaartverkeersleider	1*
- Sportluchtvaart:	
ballonvaarder, zweefvlieger, deltavlieger,	
ULM's, valschermspringer, sport- en	
toerismevliegtuigen	2*
Magazijnmeester	3
Metaalbewerking:	
bankwerker, plaatbewerker	
draaier, frezer, ponser, smid	0
Metaalgieter	3
- gebouwen	3
- kunst	2
- pistool	2
Mecanicien motoren en voertuigen	3
Meteoroloog	2
Metrobestuurder	2*
Metselaar	3
Meubelmaker	3
Militair, afhankelijk van functie en	
strijdmacht	1/2/3*
Monteur centrale verwarming	0/3
NMBS:	
- treinbestuurder	1*
- veiligheidsposten	1*
- spoorpersoneel	1*
Onderwijs, algemeen	3

Oogarts	3
Operator beeldschermen	
- monochroom (zwart-wit)	0
- polychroom (kleuren)	2/3
Operator kadaster	3*
Opticien	3
Orthoptist	3
Papiermaker	2
Patholoog-anatoom	2
Politie	2*
Regisseur	3
Reporter	3
Restaurateur kunstwerken	1
Rijschoolinstructeur	2*
Rijkswacht	2*
Scheepvaart:	
- zeevaart – burgerlijke en krijgsmarine	
- besturing en dekposten	1*
- boordtechnicus (krijgsmarine)	1/2*
- Rijnvaart	1/2*
- binnenvaart	1/2*
- loodswezen	1*
Scheikindige	2
Schilder: - binnenhuis	2
Schoonheidsspecialist(e)	2
Schrijnwerker	0
Slager	3
Sport	0+
Stukadoor	0
Tandarts	1/2
Tandtechnicus	1/2
Technicus persluchtmechanismen	2
Tekenaar kadaster	3*
Tekenaar-ontwerper:	
- artistiek	2
- lithograaf	2
- model	3
- publiciteit	2
- tapijt	2
- bont	2
- technisch	0/3
Telefoontechnicus	2
Timmerman	0
Traiteur	3
Trambestuurder	2*
Textiel	2
Urbanist	3
Veiligheidsagent	2*
Veilinghouder	3
Veldwachter	2*
Verfindustrie	2
Verlichtingsdeskundige	2
Verpleegkundige	2
Vertegenwoordiger	3
Vleesinspecteur	2
Vloerder: -parket	0
- tegels	3
Zoöloog	3

(0) Geen vereisten.
(1) Perfect kleurenzien vereist.
(2) Goed kleurenzien is belangrijk. Afhankelijk van de ernst (type en graad) van het defect zijn kleurzinstoornissen een handicap voor de uitoefening ervan. Beoordelingsfouten kunnen belangrijke gevolgen hebben voor bepaalde beroepen of functies.
(3) Goed kleurenzien is wenselijk, maar in welke mate een kleurzinstoornis nadelig is voor de beroepsuitoefening is moeilijk te bepalen.
(*) Beroepen onderworpen aan wettelijke normen en de daaruit voortvloeiende interne reglementeringen met betrekking tot het kleurenzien.
(+) Voor het beoefenen van de diverse sporttakken zijn er in feite geen beperkingen. Nochtans kan bij het sporten in ploegverband een kleurzinstoornis, afhankelijk van de ernst van het defect, een mogelijke handicap zijn, o.a. bij het herkennen van shirts en het waarnemen van gekleurde ballen op bepaalde achtergronden.

BIJLAGE 3: OVEREENKOMSTIGE NUMMERING VAN DE 13 PLATEN UIT HET ONDERZOEK MET DE 38-PLATEN EDITIE EN SPECIFICERING VAN HET TYPE PLAAT

Plaatnummer 38 platen ed.	plaatnummer 13 pl selectie	Normale visus	Congenitale dyschromatopsie van het type protan of deutan				Erger defect	type plaat
1	1A	12	12				12	demonstratie
2	2B	8	3				x	transformatie
3		6	5				x	transformatie
4	3C	29	70				x	transformatie
5		57	35				x	transformatie
6	4D	5	2				x	transformatie
7		3	5				x	transformatie
8		15	17				x	transformatie
9	5E	74	21				x	transformatie
10		2	x				x	vanishing
11	6F	6	x				x	vanishing
12		97	x				x	vanishing
13	7G	45	x				x	vanishing
14	8H	5	x				x	vanishing
15	9I	7	x				x	vanishing
16		16	x				x	vanishing
17		73	x				x	vanishing
18	10J	x	5				x	hidden digit
19		x	2				x	hidden digit
20	11K	x	45				x	hidden digit
21		x	73				x	hidden digit
			Protan		**Deutan**			
			Ernstig	**Licht**	**Ernstig**	**Licht**		
22	12L	26	6	(2) 6	2	2 (6)		diagnostic
23	13M	42	2	(4) 2	4	4 (2)		diagnostic
24		35	5	(3) 5	3	3 (5)		diagnostic
25		96	6	(9) 6	9	9 (6)		diagnostic

BIJLAGE 4: TESTFORMULIEREN OUDE TEST EN NIEUWE TEST

REGISTRATIEFORMULIER KLEURZINONDERZOEK
ISHIHARA TEST

OUDE TEST (19…)

Naam: …….. Volgorde van de test: 1 / 2
Geslacht M / V Onderzoeker:……
Geboortedatum: …… Lokatie:……..
School/klas: …… Afname in VM / NM
Datum onderzoek: ……

Op dit registratieformulier kan aangeduid worden welke antwoorden de leerling geeft. Omcirkel het cijfer dat gelezen wordt.

CIJFERS

Nr.plaat	Gelezen cijfer			
	Normaal	Protan	Deutan	Erger defect
1	*12*			--
2	*8*	*3*		--
3	*29*	*70*		--
4	*5*	*2*		--
5	*74*	*21*		--
6	*6*	--		
7	*45*	--		
8	*5*	--		
9	*7*	--		
10	--	*5*		--
11	--	*45*		--
12	*26*	*6*	*2*	--
13	*42*	*2*	*4*	--

OPMERKINGEN:
Vlotheid van de test:…….
Andere opmerkingen:……..

REGISTRATIEFORMULIER KLEURZINONDERZOEK
ISHIHARA TEST

NIEUWE TEST (2004)

Naam: …….. Volgorde test: 1 / 2
Geslacht: M / V Onderzoeker:…….
Geboortedatum: ……. Lokatie:……
School/klas: …… Afname van de test: VM / NM
Datum onderzoek: ……..……

Op dit registratieformulier kan aangeduid worden welke antwoorden de leerling geeft. Omcirkel het cijfer dat gelezen wordt.

CIJFERS

Nr.plaat	Gelezen cijfer			
	Normaal	Protan	Deutan	Erger defect
1	*12*			--
2	*8*	*3*		--
3	*29*	*70*		--
4	*5*	*2*		--
7	*74*	*21*		--
8	*6*	--		
9	*45*	--		
10	*5*	--		
11	*7*	--		
14	--	*5*		--
15	--	*45*		--
16	*26*	*6*	*2*	--
17	*42*	*2*	*4*	--

OPMERKINGEN:
Vlotheid van de test:……
Andere opmerkingen:……..

Besluit

- ❑ Geen fouten: *normaal kleurenzicht*
- ❑ Enkel een fout bij plaat 74/21: i.p.v. 74 wordt 71 of 21 gelezen: *vermoedelijk randnormaal kleurenzicht*
- ❑ Meerdere fouten: *afwijkend kleurenzicht*
- ❑ Protan (rood)
- ❑ Deutan (groen)
- ❑ Erger defect
- ❑ Onbetrouwbaar onderzoek

Geplande nazorg: ……

BIJLAGE 5: SELECTIE VAN PLATEN OVERGENOMEN UIT DE VIER GEBRUIKTE EXEMPLAREN VAN DE ISHIHARATEST.

BIJLAGE 6: ONDERZOEKSRESULTATEN, ENKEL REKENING HOUDEND MET DE "TYPISCHE FOUTEN".

De tabellen en grafieken uit deze bijlage zijn telkens vergelijkbaar met de gelijknamige tabellen en grafieken uit het hoofdstuk resultaten.

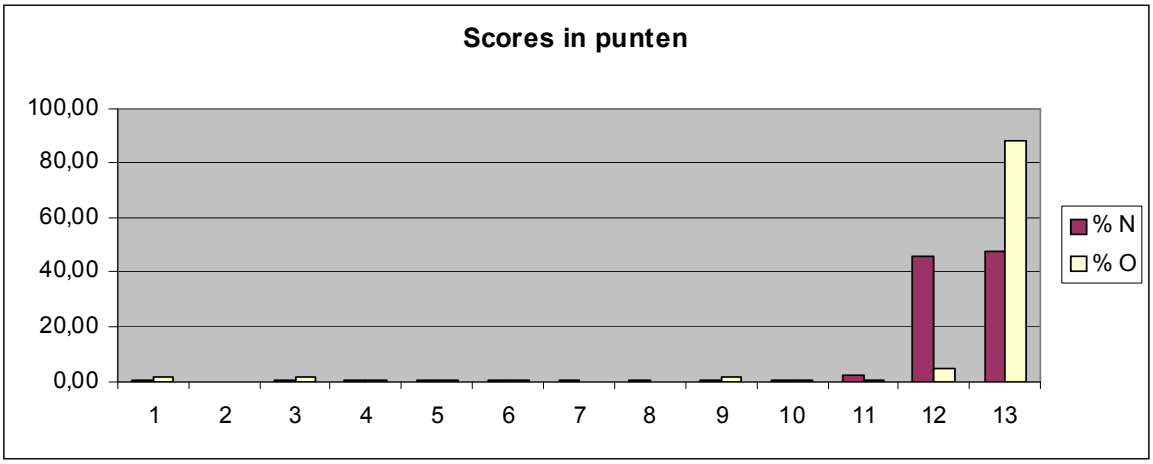
Onderzoeksgroep P

Scores per test

Tabel 1': Frequentieverdeling van de scores op de oude ("O") versus de nieuwe ("N") Ishiharatest (groep P), enkel rekening houdend met de typische fouten.

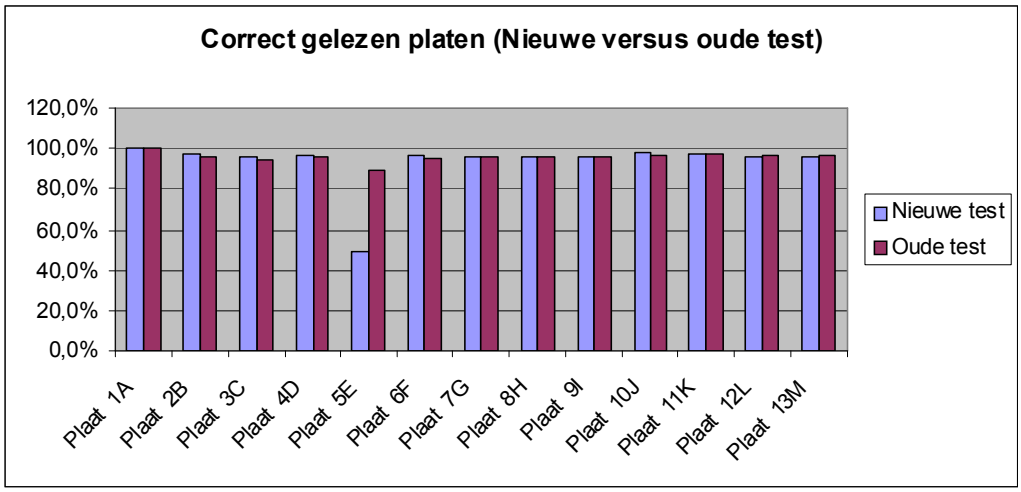
Score	Aantal N	% N	Aantal O	% O
1	1	0,6	2	1,2
2	0	0	0	0
3	1	0,6	2	1,2
4	1	0,6	1	0,6
5	1	0,6	1	0,6
6	1	0,6	1	0,6
7	1	0,6	0	0
8	1	0,6	0	0
9	1	0,6	2	1,2
10	1	0,6	1	0,6
11	3	1,81	1	0,6
12	75	45,18	8	4,82
13	79	47,59	147	88,55
Eindtotaal	166	100	166	100

Grafiek 1': Frequentieverdeling van de scores voor de oude ("O") versus nieuwe ("N") Ishiharatest (groep P), enkel rekening houdend met de typische fouten.



Scores per plaat

Grafiek 2': Frequentieverdeling van de scores per plaat voor de oude versus nieuwe Ishiharatest (groep P), enkel rekening houdend met de typische fouten.



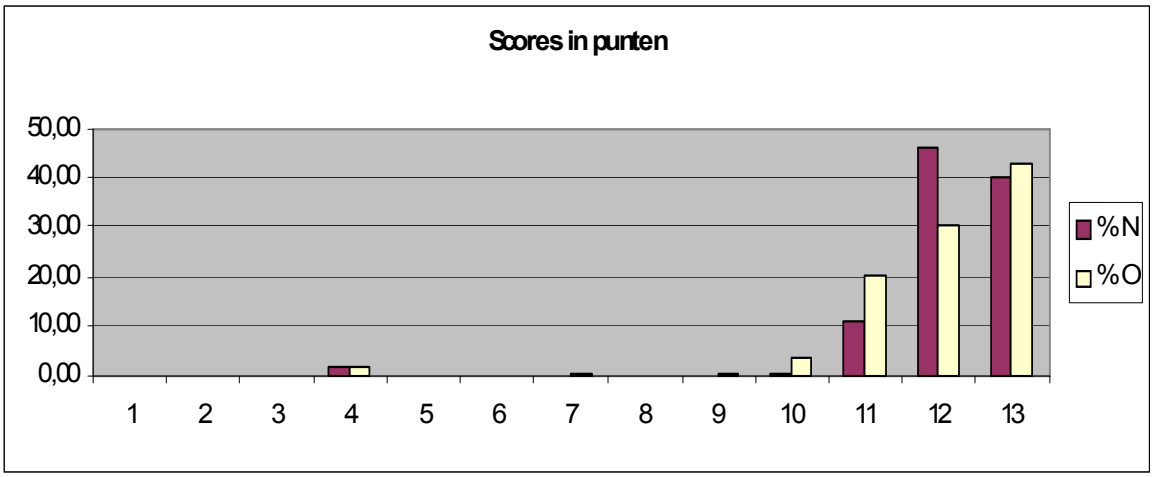
Onderzoeksgroep M

Scores per test

Tabel 3': Frequentieverdeling van de scores op de oude ("O") versus de nieuwe ("N") Ishiharatest (groep M), enkel rekening houdend met de typische fouten.

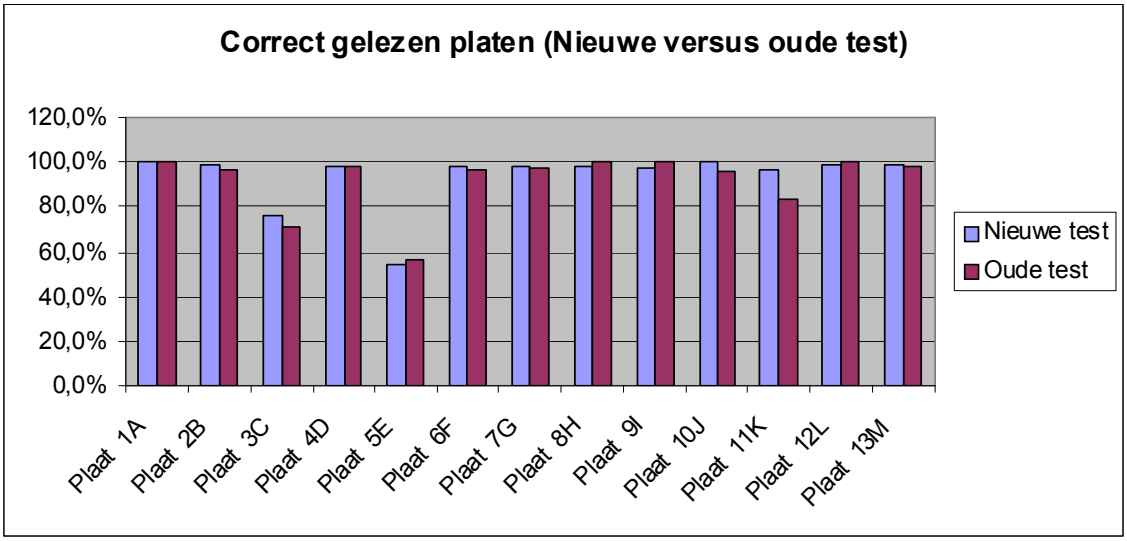
Score	Aantal N	% N	Aantal O	% O
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	2	1,55	2	1,55
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	1	0,78
8	0	0	0	0
9	0	0	1	0,78
10	1	0,78	5	3,88
11	14	10,85	26	20,16
13	52	40,31	55	42,64
Eindtotaal	129	100	129	100

Grafiek 3': Frequentieverdeling van de scores voor de oude ("O") versus nieuwe ("N") Ishiharatest (groep M), enkel rekening houdend met de typische fouten



<u>Scores per plaat</u>

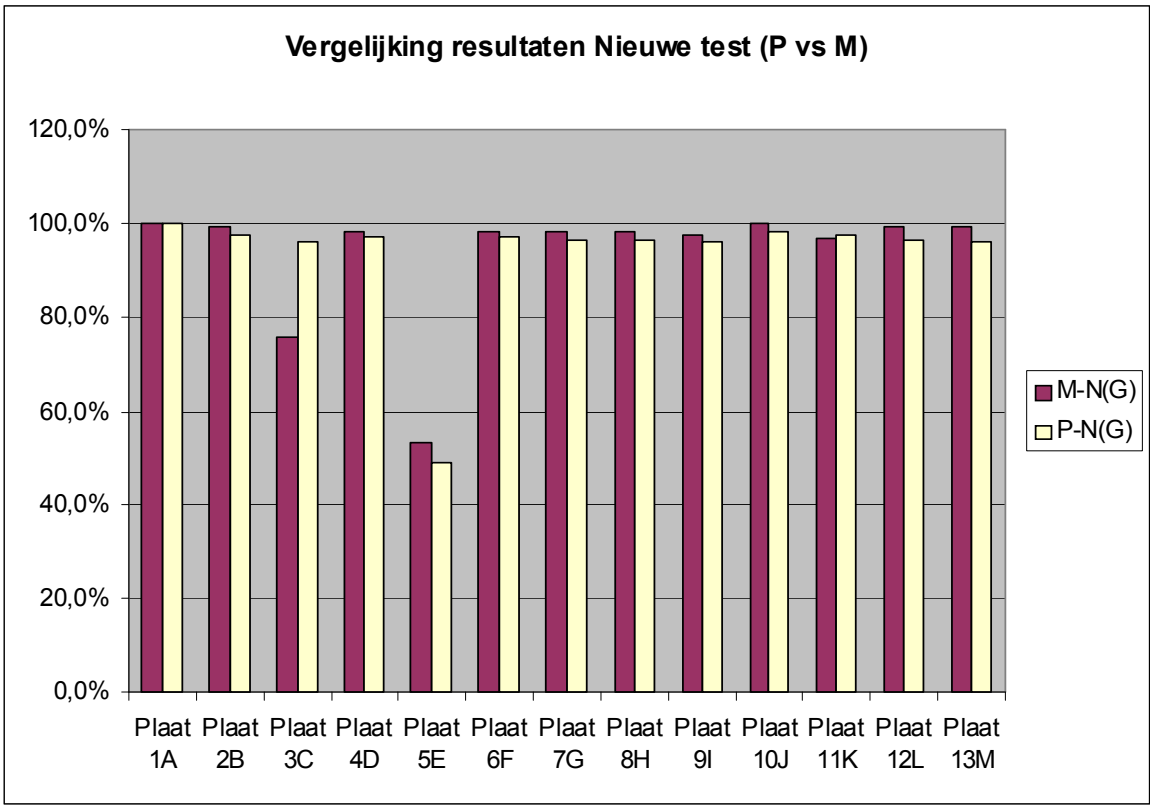
Grafiek 4': Frequentieverdeling van de scores per plaat voor de oude versus nieuwe Ishiharatest (groep M), enkel rekening houdend met de typische fouten.



Vergelijking van de twee onderzoeksgroepen

Vergelijking nieuwe test P en M

Tabel 5': Percentages correcte antwoorden (G) per plaat van de nieuwe test (N) voor groep P versus groep M, en voor de hele groep (P+M), enkel rekening houdend met de typische fouten.

Score P vs M	Pl 1A %	Pl 2B %	Pl 3C %	Pl 4D %	Pl 5E %	Pl 6F %	Pl 7G %	Pl 8H %	Pl 9I %	Pl 10J %	Pl 11K %	Pl 12L %	Pl 13M %
M-N(G)	100,0	99,2	76,0	98,4	53,5	98,4	98,4	98,4	97,7	100,0	96,9	99,2	99,2
P-N(G)	100,0	97,6	95,8	97,0	48,8	97,0	96,4	96,4	95,8	98,2	97,6	96,4	95,8
verschil M-P	**0,0**	**1,6**	**-19,8**	**1,5**	**4,7**	**1,5**	**2,1**	**2,1**	**1,9**	**1,8**	**-0,7**	**2,8**	**3,4**
(M+P)-N(G)	100,0	98,3	87,1	97,6	50,8	97,6	97,3	97,3	96,6	99,0	97,3	97,6	97,3

Grafiek 5': Percentages correcte antwoorden (G) per plaat van de nieuwe test (N) voor groep P ("P-N(G)") versus groep M ("M-N(G)"), enkel rekening houdend met de typische fouten.