

deze techniek in één zitting een succespercentage van 96% worden bereikt (afb. 1.).⁵

Summary:

Title: The use of glutardialdehyde in endodontics. Part II. The use in general practice.

Keywords: Endodontology – Root canal treatment – Glutardialdehyde – Formaldehyde

Glutardialdehyde is a medicament which can be adequately used as both fixative and irrigant, in a

'one visit' root canal treatment. The end products of the medicaments interaction with organic materials are immediately stable. Only ten minutes working time is needed and periapical irritation is minimal.

The method of use in general practice is described in detail.

Literatuur:

1. Wemes JC, Poel ACM van de. Het gebruik van glutardialdehyde in de endodontologie. Deel I. Een overzicht. Ned Tijdschr Tandheelkd 1983; 90: 589-597.
2. Fabricius L, Dahlén G, Öhman GE, Möller

AJR. Predominant indigenous oral bacteria isolated from infected root canals after various time of closure. Scand J Dent Res 1982; 90: 139-145.

3. Fabricius L, Dahlén G, Holm SE, Möller AJR. Influence of combinations of oral bacteria on periapical tissues of monkeys. Scand J Dent Res 1982; 90: 200-207.
4. Dankert J. Persoonlijke mededeling, 1980.
5. Wemes JC. Application of glutardialdehyde in endodontology. Academisch proefschrift, rijksuniversiteit te Groningen, 1982.

Januari 1983. Adres: Dr. J. C. Wemes, Ant. Deusinglaan 1, 9713 AV Groningen.

VISUELE TANDKLEURBEPALING IN DE TANDHEELKUNDIGE PRAKTIJK

T. P. VAN DER BURGT

Uit het Instituut Conserverende Tandheelkunde voor Volwassenen van de Katholieke Universiteit te Nijmegen.

Trefwoorden: Prothetische tandheelkunde – Tandkleurbepaling

1. Inleiding

Een restauratie in het front, die een afwijkende kleur heeft, zal door de patiënt als esthetisch storend worden ervaren. Derhalve is de kleur een belangrijk criterium voor de acceptatie van een restauratie in frontelementen.

De kleur van bijvoorbeeld een jacketkroon wordt deels bepaald door de kleurbeoordeling in de behandelkamer en deels door factoren die een rol spelen tijdens de vervaardiging van de restauratie in het tandtechnisch laboratorium. In beide fasen kunnen fouten optreden. Dit artikel beperkt zich voornamelijk tot de eerste fase: het visuele bepalen van de tandkleur in de behandelkamer.

Ondanks het belang van het onderwerp is het opvallend dat in de tandheelkundige literatuur relatief weinig aandacht besteed is aan bepaling van tandkleur.

Sproull, Lemire e.a. en McPhee hebben zich verdiept in de achtergronden van tandkleurbepaling.¹⁻³ Daarnaast hebben Presswood, Goldstein, de Council on Dental Materials en Van

derdonk gepubliceerd over factoren die van invloed zijn op kleurwaarneming.⁴⁻⁷

Voor zover ons bekend wordt in de tandheelkundige opleidingen, bijvoorbeeld in ons land, weinig aandacht besteed aan dit onderwerp. Kennis van het complexe onderwerp 'kleur' is noodzakelijk om de problematiek rond tandkleurbepaling te kunnen doorgronden.

Daartoe zullen nu eerst enige algemene aspecten van kleur en kleurwaarneming worden belicht. Op grond van deze kennis worden vervolgens een aantal praktische aanbevelingen gedaan die van belang zijn bij het bepalen van de tandkleur.

2. Kleur en kleurgewaarwording

De kleur van een object is niet uitsluitend een fysische eigenschap zoals bijvoorbeeld afmeting of gewicht. Daarentegen wordt de kleur van een object bepaald door combinatie van: de spectrale samenstelling van het opvallende licht, de interactie van het licht met het object en de wijze van detectie en in-

Samenvatting:

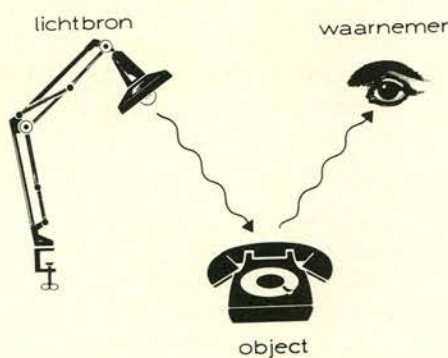
Dit artikel is geschreven om te komen tot aanbevelingen ter verbetering van de visuele tandkleurbepaling in de algemene praktijk. Ter verduidelijking komen enkele fundamentele aspecten van het fenomeen kleur aan de orde.

Eerst wordt ingegaan op enkele factoren van de lichtbron die van belang zijn. Vervolgens worden eigenschappen van het object besproken zoals oppervlaktereflectie, verstrooiing, etc.

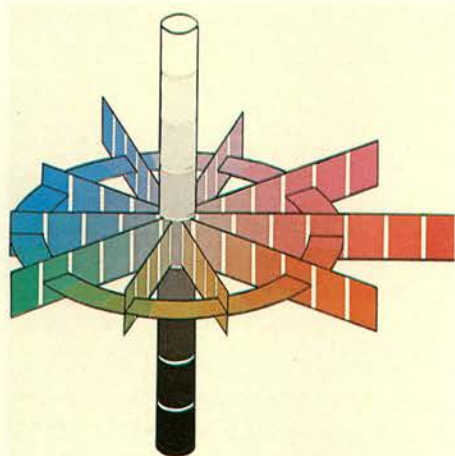
Daarna worden globaal de fysiologische processen betreffende kleurwaarneming toegelicht. Tenslotte wordt aandacht besteed aan een aantal optische verschijnselen, welke de kleurwaarneming kunnen beïnvloeden.

terpretatie door de waarnemer.⁸ Zoals aangegeven in afbeelding 1, is kleur het effect van een *lichtstimulus* welke na modificatie door een *object* wordt opgevangen door een *waarnemer*. Indien het oog als waarnemer fungeert zal vervolgens een stimulus in de hersenen geïnterpreteerd worden. Kleurgewaarwording is dus het resultaat van fysische, fysiologische en psychische factoren.

Om kleur te kunnen classificeren wordt gebruik gemaakt van het zogenaamde Munsell-systeem voor kleurordening.⁹ Het principe van de indeling van kleuren in dit systeem is geïllustreerd in afbeelding 2. Kleuren zijn hier gerangschikt op basis van drie vi-



Afb. 1. Interactie van lichtbron, object en waarnemer bepaalt de waargenomen kleur van een object.



Afb. 2. De indeling van kleuren volgens het Munsell-systeem. (Overgenomen met toestemming van Munsell Color Corp., Baltimore, Md.)

suele kleurdimensies: 'hue', 'value' en 'chroma'.

De 'hue' of tint is datgene wat in de normale spreektaal wordt aangeduid als de kleur: rood, groen, blauw etc. De hue is gerelateerd aan de dominante golflengte van het reflectie- of transmissiespectrum van een object (zie paragraaf 4.4.). De 'value' of helderheid is de vergelijkbare grijswaarde variërend tussen wit en zwart via alle gradaties van grijs. De term 'chroma' beschrijft de intensiteit of verzadigingsgraad van een kleur bij gegeven hue en value.

Achtereenvolgens zullen factoren van de lichtbron, het object en de waarnemer hierna nader geanalyseerd worden.

3. De lichtbron

3.1. De samenstelling

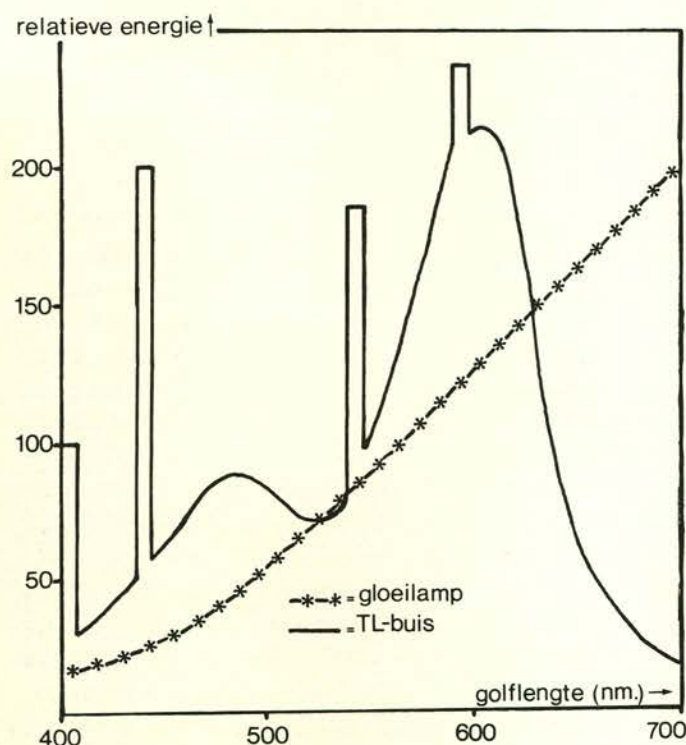
Licht is een vorm van elektromagnetische energie. Deze energie bestaat uit golven welke kwalitatief worden gekarakteriseerd door golflengte of frequentie, waarbij de golflengte omgekeerd evenredig is met de frequentie. De eenheid van golflengte is de nano-

meter (1 nanometer = 1 nm. = 10^{-9} meter).

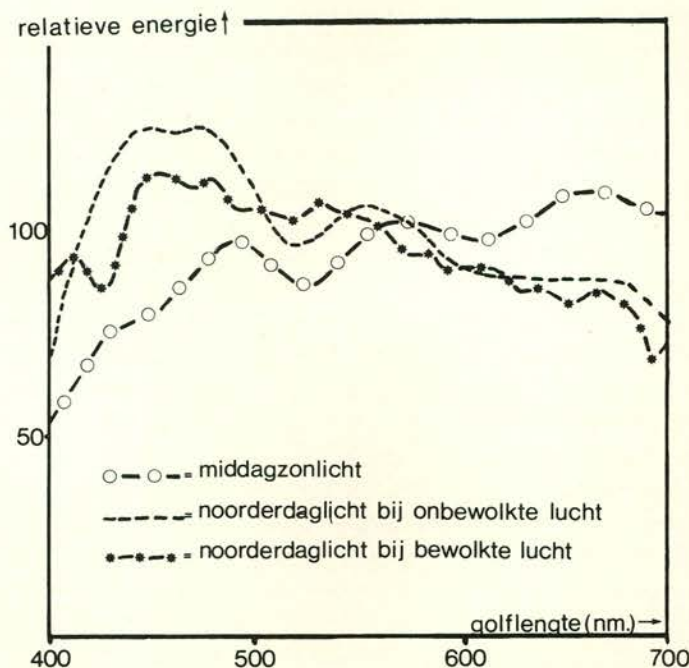
Het zichtbare licht wordt gevormd door straling met golflengten tussen 380 nm. en 750 nm. Dit is slechts een zeer klein gedeelte van het totale stralingsspectrum van de elektromagnetische energie waartoe onder meer röntgenstralen en radiogolven behoren. Licht is meestal opgebouwd uit straling van verschillende golflengten. Met behulp van een prisma kan een lichtbundel worden ontleend in de samenstellende spectrumkleuren. Het licht afkomstig van een specifieke lichtbron kan worden omschreven door de relatieve hoeveelheid energie uitgestraald per golflengte. Grafisch weergegeven vormt dit de spectrale energieverdelingscurve van de lichtbron.

Afbeelding 3 illustreert de spectrale samenstelling van gloeilamplicht en van een conventionele TL-buis. De pieken in de laatstgenoemde curve worden veroorzaakt door gasontladingen. De energie die deze beide lampen uitstralen is niet evenredig verdeeld over alle golflengten.

Voor een goede kleurbepaling is een eerste vereiste dat de lichtbron een



Afb. 3. Spectrale energieverdelingscurven van gloeilamplicht en van het licht afkomstig van een conventionele TL-buis.



Afb. 4. Spectrale energieverdelingscurve van daglicht onder verschillende omstandigheden.

spectrale samenstelling heeft waarin alle zichtbare golflengten aanwezig zijn. De meest ideale lichtbron met betrekking tot kleurbeoordeling heeft een stralingspectrum dat zowel in kwalitatief als in kwantitatief opzicht een perfecte balans is van alle zichtbare golflengten.

In afbeelding 4 staan de gemiddelde energieverdelingscurven weergegeven van middagzonlicht en noorderdaglicht bij bewolkte en onbewolkte lucht. Uit afbeelding 4 blijkt dat daglicht varieert al naar gelang de atmosferische omstandigheden en bovendien dat daglicht relatief meer licht uit het blauwe gebied bevat in vergelijking tot de andere kleuren. Veel tandartsen veronderstellen dat noorderdaglicht bij uitstek geschikt is voor tandkleurbepaling. Nog afgezien van het feit dat daglicht niet altijd in voldoende mate beschikbaar is, blijkt deze veronderstelling niet helemaal juist te zijn.

3.2. De kleurtemperatuur

Een ander belangrijk criterium voor de omschrijving van een lichtbron is de kleurtemperatuur. De kleurtemperatuur wordt gedefinieerd als de vergelijkbare kleur licht welke wordt uitgestraald door een ideaal zwart lichaam bij verhitting tot deze temperatuur (uitgedrukt in graden Kelvin). De Commission Internationale d'Eclairage heeft een aantal standaard lichtbronnen vastgesteld. Gloeilamplicht is standaard lichtbron A, met een kleurtemperatuur van 2854 K. Standaard lichtbron B benadert het middagzonlicht en heeft een vergelijkbare kleurtemperatuur van 4870 K. Diffuus noorderdaglicht wordt weergegeven als lichtbron C of D65 met resp. 6770 K en 6500 K als kleurtemperatuur. Volgens normen van de grafische industrie heeft een ideale lichtbron voor kleurbeoordeling bij voorkeur een kleurtemperatuur van 5000 K.

3.3. De intensiteit

Uit het voorgaande blijkt dat de samenstelling van het licht zeer kritisch is voor wat betreft (tand)kleurbepaling. Mits de verlichting niet te sterk of

te zwak is, blijkt de intensiteit van het licht het vermogen tandkleuren te discrimineren niet significant te beïnvloeden.¹⁰

Te fel licht is in hoge mate vermoeiend voor het oog. Dit moet worden vermeden want een vermoeid oog is niet meer in staat kleine kleurverschillen op te merken. In dit verband is het af te raden de operatielamp te gebruiken bij het bepalen van de tandkleur.

3.4. Enkele praktische aanbevelingen

Een lichtbron met een stralingspectrum van 'ideaal' licht is niet te realiseren, hoewel tegenwoordig TL-buizen op de markt worden gebracht die dit spectrum benaderen. Vanwege het constante karakter en de uitstekende kleurweergave zijn deze zogenaamde 'kleur-gecorrigeerde' lampen bijzonder geschikt voor het verlichten van de behandelkamer. Gelet op het belang van een goede verlichting bij het bepalen van de kleur dient men zich uitvoerig te laten voorlichten door een deskundige over het type en de positie van de lampen. Ter oriëntatie kan de publicatie van de Commissie voor Binnenverlichting worden doorgenomen.¹¹

4. Het object

Een object kan het opvallende licht op velerlei wijzen modificeren. Hier zullen alleen die processen besproken worden, welke de uiterlijke verschijning van een object beïnvloeden.

4.1. De oppervlaktereflectie

Wanneer tussen lucht en object de brekingsindex verandert zal een gedeelte van het opvallende licht aan het grensvlak gereflecteerd worden. De richting van de reflectie is afhankelijk van de oppervlaktegesteldheid van het object. Aan een ruw oppervlak wordt opvallend licht gereflecteerd naar alle richtingen, dit wordt *diffuse reflectie* genoemd. Lichtval op een volkomen glad oppervlak geeft aanleiding tot gerichte reflectie, waarbij de invallende en gereflecteerde bundel dezelfde hoek met de normaal* op het oppervlak maken.

Deze zogenaamde *spiegelende reflectie* veroorzaakt glans. De reflectie van de meeste materialen, waaronder glazuur, bestaat uit een spiegelende en een diffuse component.

4.2. De lichtbreking

Eveneens ten gevolge van een verandering in brekingsindex zal licht na passage van het grensvlak een richtingsverandering ondergaan, tenzij het licht loodrecht op het object valt. De mate van richtingsverandering is afhankelijk van de golflengte. Dit fenomeen is de basis voor het principe van lichtscheiding met behulp van een prisma.

4.3. De verstrooiing

In troebele materialen wordt binnengedrongen licht willekeurig in allerlei richtingen verstrooid. Aan deze eigenschap ligt ook een verandering in brekingsindex ten grondslag. Een materiaal dat partikeltjes bevat met een andere brekingsindex dan het overige materiaal zal licht verstrooien, mits het formaat van de partikeltjes in dezelfde orde van grootte is als de golflengte van het licht. Wanneer licht als gevolg van verstrooiing niet op dezelfde plaats uit het materiaal treedt als waar het is binnengedrongen, spreekt men van *volumereflectie*.

4.4. Transmissie en absorptie

Transmissie en absorptie zijn verschijnselen die zich naast verstrooiing kunnen voordoen als het licht een object binnendringt. Transmissie houdt in dat licht wordt doorgelaten, terwijl bij absorptie licht geheel of gedeeltelijk in het materiaal wordt uitgedoofd.

De mate waarin bij een gegeven lichtbron en object deze fenomenen zich voordoen, bepaalt of een object wordt waargenomen als doorzichtig, troebel (doorschijnend) dan wel opaak (on doorschijnend). Ook de waargenomen

* De normaal is een denkbeeldige lijn loodrecht op het oppervlak.

kleur van het object wordt door deze fenomenen mede bepaald.

De optische eigenschappen van een object (selectief reflecteren, absorberen of doorlaten van bepaalde golflengten van het licht) komen tot uitdrukking in de spectrale reflectie- of transmissiecurve voor dat object. In deze curve is voor iedere golflengte aangegeven welk percentage van het opvallend licht wordt gereflecteerd respectievelijk doorgelaten. Een dergelijke curve beschrijft een object zoals de energieverdelingscurve een lichtbron beschrijft.

4.5. Enkele praktische aanbevelingen

Een tand is opgebouwd uit een troebele glazuurlaag met daaronder het min of meer opake dentine. Daardoor is de interactie van tandweefsel met opvallend licht een complex gebeuren,¹² waarbij alle bovengenoemde processen zich voordoen.

De oppervlakreflectie is deels spiegelend en deels diffuus. Vooral wanneer de tand vochtig is, zal de spiegelende reflectie de overhand hebben. Omdat glans overwegend informatie over de lichtbron geeft in plaats van over het object wordt aangeraden het tandoppervlak voorafgaande aan de kleurbepaling droog te maken. Gebruik echter niet de luchtspuit voor het drogen van het tandoppervlak, daar de tand beslist niet mag uitdrogen, omdat de kleur dan veel witter lijkt.

Door de tandkleur mede door iemand anders te laten beoordelen, wordt de kans verminderd dat de bepaling door glans wordt beïnvloed. Twee personen zullen namelijk de tand ten opzichte van de verlichting vanuit verschillende gezichtshoeken waarnemen. In verband met de glans is het ook aan te bevelen de objecten te draaien of zelf van beschouwingshoek te veranderen.

5. De waarnemer

Men kan door directe visuele waarneming een kleur bepalen ofwel met behulp van optisch instrumentarium het spectrum van het gereflecteerde licht analyseren.

De tand is qua vorm, opbouw, formaat en lokalisatie vooralsnog niet geschikt voor metingen door middel van instrumenten. Optische apparatuur wordt hier derhalve buiten beschouwing gelaten.

Voor het routinematig uitvoeren van tandkleurbepalingen is men in de praktijk volledig aangewezen op het menselijk oog. Het oog is een uiterst gevoelige kleurdetector, maar is niet in staat aan de waargenomen kleur een numerieke waarde toe te kennen. Daarom is het vergelijken van de kleur van een object met gekleurde standaarden, een veel toegepaste visuele kleurbepalingsmethode; object en standaard worden tegelijkertijd en onder dezelfde belichting beoordeeld. Dit zelfde systeem wordt ook in de tandheelkunde toegepast, waarbij de gekleurde standaarden in tandkleurringen zijn ondergebracht.

Voor gerichte tandkleurbepaling is een systematische ordening van de tandkleur in de kleurenring wenselijk.¹³⁻¹⁶ Hoewel de huidige kleurringen niet aan deze eis voldoen, is het voor een tandarts zeker niet overbodig op de hoogte te zijn van het driedimensionale karakter van kleur. Een beter begrip van kleur zal een effectieve benaderingswijze bij het tandkleur bepalen bevorderen en tevens zal het de communicatie met de tandtechnicus over gewenste kleurnuances ten goede komen.

5.1. Het oog

Licht komt door de pupil in het oog en wordt via de lens op het netvlies geprojecteerd. Het netvlies bevat de eigenlijke lichtgevoelige cellen, staafjes en kegeltjes, welke niet homogeen over het netvlies zijn verspreid.¹⁷ Centraal zijn de kleurgevoelige kegeltjes gelokaliseerd. De verschillende soorten kegeltjes reageren selectief op een bepaald vastomschreven golflengtegebied. Het aantal aanwezige kegeltjes neemt naar buiten toe af, terwijl het aantal staafjes per oppervlakte-eenheid in de periferie sterk toeneemt. Het staafjessysteem, dat niet in staat is kleur te onderscheiden, wordt geactiveerd bij zeer geringe hoeveelheden

licht. De drempelwaarde om het kegeltjessysteem te stimuleren ligt veel hoger. Dus afhankelijk van de lichtsterkte worden selectief bepaalde groepen gespecialiseerde cellen gestimuleerd.

Eveneens wordt het werkgebied van het kegeltjessysteem aangepast aan de lichtsterkte. De mate van activatie van de kegeltjes in een bepaald helderheidsgebied is afhankelijk van de intensiteit van de verlichting, dat wil zeggen dat de gevoeligheid voor helderheidsverschillen niet in ieder werkgebied gelijk is.

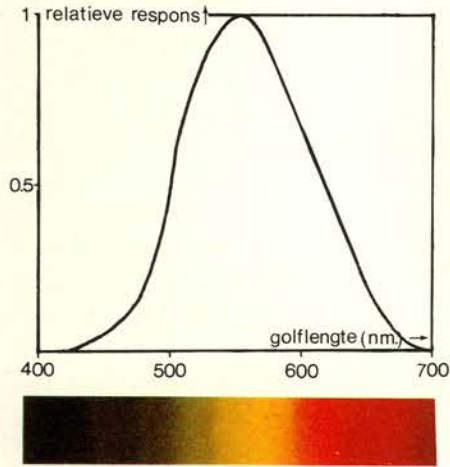
Het verkrijgen van de juiste 'value' of grijswaarde wordt vaak als een ingewikkeld facet van de tandkleurbepaling ervaren. Door het licht voldoende te dimmen wordt het werkgebied van de kegeltjes verlaagd. In de lagere werkgebieden kunnen de kegeltjes beter kleine helderheidsverschillen detecteren.

In het netvlies wordt een lichtstimulus omgezet in elektrische impulsen welke via zenuwen naar het gewaarwordingscentrum in de hersenen worden geleid. De frequentie van de zenuwactiepieken codeert de helderheid van de stimulus, waarbij een hoge frequentie correspondeert met een hoge helderheid en een lage frequentie met een lage helderheid.

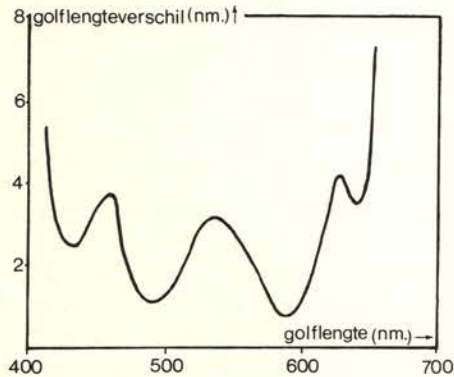
In het gewaarwordingscentrum geven de impulsen mogelijk aanleiding tot een bepaalde kleursensatie. De relatie tussen golflengte en kleurgewaarwording is te zien in afbeelding 5 onderaan. De lichtintensiteit, benodigd om het kegeltjessysteem te prikkelen, is niet voor alle golflengten dezelfde. De relatieve gevoeligheid voor iedere golflengte wordt vastgelegd in een spectrale responscurve, de ooggevoeligheidscurve.¹⁸

De responscurve van het gemiddeld menselijk oog is weergegeven in afbeelding 5.

Het oog is gevoelig voor kleine kleurverschuivingen, maar zoals weergegeven in afbeelding 6 is het detectievermogen voor kleurverschil niet gelijk voor alle zichtbare golflengten. Men kan visueel bijna oneindig veel kleuren waarnemen. Hoewel tandkleur welis-

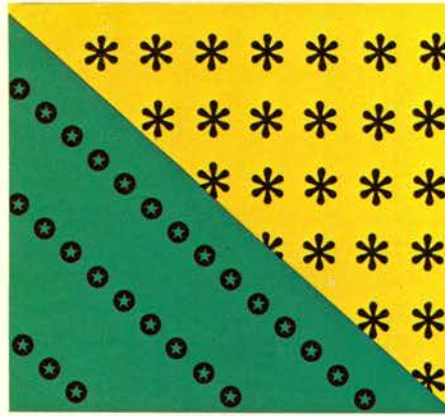


Afb. 5. Boven: De gemiddelde spectrale responscurve van het menselijk oog. Onder: Globale indeling van het zichtbare licht naar golflengte met de daarmee geassocieerde kleursensatie.



Afb. 6. De gevoeligheid van het menselijk oog voor kleurverschil.

waar een smal gebied van het totale kleurenspectrum omvat kan men beselecteren meer kleurschakeringen onderscheiden dan in de meeste tandkleuringen zijn ondergebracht. Daarbij komt dat het onderscheidingsniveau voor kleurverschillen juist in de gelige (tandkleurachtige) tinten laag is. Gebruik daarom verschillende tandkleurenringen naast elkaar, zodat de collectie van beschikbare tandkleuren enigszins wordt uitgebreid. Een tandtechnicus kan in principe iedere gewenste kleur namaken. Wel moet worden bedacht dat de kleur van kunstharz kleurenringen na een aantal jaren verloopt, waardoor de codering van de uitgezochte kleur niet meer zal corresponderen met de kleur die het tandtechnisch laboratorium daaronder verstaat.

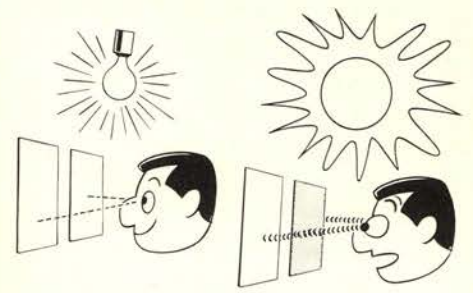


Afb. 7. Staar 30 seconden naar de gekleurde illustratie. Kijk vervolgens naar het witte vlak eronder, daar zal het complementaire nabeeld zichtbaar worden.

5.2. Kleurenblindheid

Circa 8% van de mannelijke bevolking vertoont een meetbare erfelijke afwijking van de normale responscurve, zich uitend in een zogenaamde kleurenblindheid. De frequentie van kleurstoornissen bij vrouwen is slechts 0.4%. De betreffende persoon heeft hiervan niet op de hoogte zijn. Een kleurzindeficiëntie wordt door middel van een eenvoudige kleurentest vastgesteld.

Het is tandartsen aan te raden om reeds bij de geringste twijfel over het gezichtsvermogen een kleurenblindheidstest te laten uitvoeren. In ieder geval is het verstandig de geselecteerde tandkleur door meerdere personen (b.v. de assistente) te laten beoordelen.

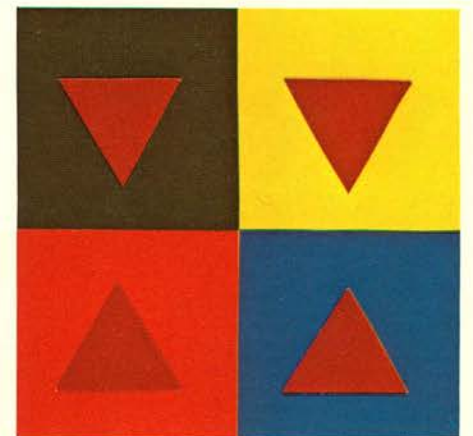


Afb. 8. Illustratie van het verschijnsel metamerisme. (Overgenomen met toestemming uit: Billmeyer, e.a., 1981.)

5.3. Adaptatie

Het visuele systeem kent net als alle andere vormen van zintuigelijke waarneming het verschijnsel van adaptatie. Wordt een zintuig onderworpen aan een plotselinge verandering dan is de gewaarwording eerst sterk en neemt daarna af. Wanneer het oog wordt geconfronteerd met twee objecten die onderling een minimaal kleurverschil vertonen, zal men in eerste instantie het kleurverschil wel waarnemen, doch na 1 à 5 seconden zal het verschil niet meer te onderscheiden zijn.

In de tandheelkunde heeft men veelal te maken met relatief kleine kleurverschillen. In verband met de snelle adaptatie van het oog wordt dan ook afgeraden gedurende lange tijd ononderbroken naar één object te kijken. Het is beter een aantal keren kort te focuseren waarbij in de tussenliggen-



Afb. 9. In werkelijkheid is de kleur van de driehoekjes identiek; als gevolg van contrasteffecten lijken de kleuren van de driehoekjes echter verschillend.

de tijd de ogen even worden afgewend of gesloten. Hier geldt dat de eerste indruk de beste is. Er wordt dus direct beslist of de tand uit de kleurenring dezelfde kleur heeft als de referentietand, dan wel donkerder of lichter is. Lang kijken of staren resulteert bovendien in nabeelden zoals te zien is in afbeelding 7. Deze nabeelden hebben een storend effect op de kleurgewaarwording.

5.4. Interpretatie

Resumerend kan gesteld worden dat de waargenomen kleur van een object in eerste instantie wordt bepaald door de spectrale energieverdelingscurve van de lichtbron en de spectrale transmissie of reflectiecurve van het object. Zij bepalen de visuele stimulus. Daarnaast spelen de ooggevoeligheidscurve en de verwerking van het signaal in de hersenen een rol bij het tot stand komen van een kleurgewaarwording. De kleurgewaarwording correspondeert met het dominante golflengtegebied uit de stimuluscurve. Een min of meer horizontaal verlopende stimuluscurve induceert geen speciale kleursensatie. Dientengevolge beoordeelt men in een dergelijke situatie het object als ongekleurd (achromatisch), variërend tussen wit en zwart al naar gelang de intensiteit van de stimulus.

5.5. Enkele praktische aanbevelingen

Uit voorafgaande korte beschouwing over het werkingsmechanisme van kleurgewaarwording door het menselijk oog komt een vijftal praktische aanbevelingen voor tandkleurbepaling naar voren:

- Als gevolg van de grote gevoeligheid van het oog voor kleur en kleurverschil dient men zich niet te beperken tot een enkele tandkleurenring.
- Bij gedimd licht wordt het kegeltjessysteem gevoeliger voor kleine helderheidsverschillen. De vergelijking van grijswaarden wordt dan beter.
- Doordat het oog snel adapteert aan kleine kleurverschillen is het bij

tandkleurbepaling belangrijk dat een aantal keren kort wordt gekeken en op grond van deze waarnemingen een beslissing wordt genomen.

- Voor tandkleurbepaling is een optimaal kleuronderscheidingsvermogen essentieel. Reeds bij de geringste twijfel hieromtrent doet een tandarts er verstandig aan zich aan een kleurentest te onderwerpen, omdat lichte tot ernstige vormen van kleurenblindheid regelmatig worden aangetroffen.
- Laat de geselecteerde tandkleur door meerdere personen beoordeelen.

6. Optische fenomenen

6.1. Metamerisme

Het komt veelvuldig voor dat de kleur van twee objecten bij een bepaald type verlichting als gelijk wordt ervaren hoewel bij een andere soort verlichting dit duidelijk niet het geval is (zie afbeelding 8).

Dit verschijnsel wordt metamerisme genoemd en is te verklaren doordat de reflectie- en/of transmissiecurven van de objecten niet overeenkomen. Desondanks is het mogelijk dat onder bepaalde omstandigheden toch dezelfde kleurstimulus tot stand wordt gebracht, hetgeen leidt tot dezelfde kleurgewaarwording, terwijl deze objecten zichtbaar van kleur verschillend kunnen zijn wanneer een andere lichtbron wordt gebruikt.

Slechts indien de samenstelling van twee objecten volkomen identiek is hoeft geen rekening te worden gehouden met metamerisme.

De samenstelling van porselein en kunsthars komt niet overeen met de samenstelling van tandmateriaal. Daarbij komt dat de pigmenten die in natuurlijke elementen worden aangetroffen niet in kunsttanden kunnen worden verwerkt. De reflectiecurven van kunsttanden en natuurlijke elementen verschillen dan ook van elkaar,¹⁹ zodat in de tandheelkunde wel degelijk met metamerisme rekening moet worden gehouden.²⁰ Iedere tandarts heeft wel eens meegemaakt dat de

kleur van een jacketkroon binnen uitstekend voldeed, maar bij buitenlicht toch niet bevredigend was.

Om dergelijke onaangename verrassingen te voorkomen dient de kleurbepalingsprocedure bij verschillende lichtsoorten te worden herhaald. In de eerste plaats vanzelfsprekend bij 'kleur-gecorrigeerde' TL-verlichting, daarnaast bijvoorbeeld ook bij natuurlijk daglicht (vermijd direct zonlicht) en gloeilamplicht om tot een onder alle omstandigheden acceptabele keuze te komen.

Bedacht moet worden dat een exacte kleurovereenkomst tussen natuurlijk en kunstelement niet is te realiseren. Gezocht moet worden naar het beste compromis. Vanwege mogelijke verschijnselen van metamerisme is het noodzakelijk dat een kleurenring wordt gebruikt van hetzelfde materiaal als de gewenste restauratie.

6.2. Contrast- en omgevingsinvloeden

De achtergrondkleur waartegen een object wordt geobserveerd, heeft een belangrijke invloed op de waargenomen kleur van het object. Een object zal een schijnbare kleurverandering ondergaan geplaatst tegen een andere achtergrond. De algemene tendens is dat naast elkaar geplaatste kleuren meer van elkaar lijken te verschillen, dan in werkelijkheid het geval is. De helderheid van een object wordt altijd teruggedrongen door een lichte achtergrond en juist geaccentueerd door een donkere achtergrond.

Tegen een gekleurde achtergrond zal, behalve de helderheid van de stimulus, ook de kleur van de stimulus worden beïnvloed. In afbeelding 9 wordt hiervan een voorbeeld gegeven. Dit effect, het zogenaamde simultaancontrast, wordt veroorzaakt door competitie van neuronen gelegen in naburige gedeelten van het beeld op het netvlies. Het gewaarwordingscentrum in de hersenen wordt als het ware door procedures in het netvlies misleid.

Een sterk overheersende omgevingskleur zal ook interfereren met de waargenomen kleur van een object. In tegenstelling tot het contrasteffect is hier

geen sprake van een competitie van neuronen in het netvlies. De lichtstimulus die het netvlies bereikt, afkomstig van een object in een gekleurde omgeving, is werkelijk veranderd in vergelijking tot de stimulus afkomstig van hetzelfde object in een neutrale omgeving. Want naast de straling van de lichtbron wordt ook de weerkaatste straling vanuit de omgeving gereflecteerd aan het object. Contrast- en omgevingsinvloeden hebben beide consequenties voor kleurbeoordeling in de tandheelkundige praktijk.

Teneinde contrasteffecten te voorkomen bij het kleurbepalen van de 'body' van een tand dient de kunsttand, na verwijdering uit de kleurenring, zo dicht mogelijk *naast* de referentietand te worden geplaatst. Wanneer de elementen *onder* elkaar worden vergeleken, wordt de referentietand beoordeeld tegen de lichte achtergrond van de tandenrij, terwijl de kunsttand tegen de donkere achtergrond van de mondholte wordt gezien. Dit kan aanleiding geven tot het waarnemen van irreële kleurverschillen.

(Het voorafgaande is uiteraard niet van toepassing voor de kleurbeoordeling van de min of meer doorzichtige incisale rand.)

De elementen van een tandkleurenring zijn vaak voorzien van een donker gekleurde cervicale rand. De porselein-technicus verwijdert doorgaans deze rand teneinde de invloed van contrast-effecten tussen de kleur van de 'body' van de tand en de cervicale kleur te vermijden. Ook bij kleurenringen die in de algemene praktijk gebruikt worden is het aan te bevelen de donkere cervicale rand weg te slijpen.

Omgevingsinvloeden kunnen grotendeels beperkt worden door de praktijkruimte uit te voeren in neutrale kleuren zoals wit, beige en lichtgrijs, of desnoods zachte pasteltinten. De omgeving moet wel helder van kleur zijn, anders is het contrast met de 'werkplaats' te hoog, waardoor het oog snel vermoeid zal raken. Uitgedrukt in Munsell-termen moeten de 'hue'- en 'chroma'-waarden van de praktijkwanden bij voorkeur laag gehouden worden, terwijl een hoge 'value'-waarde gekozen wordt. Felgekleurde

kleding of make-up bij de patiënt werkt uitermate storend bij tandkleurbeoordeling en dient dan ook bedekt, resp. verwijderd te worden.

6.3. Enkele praktische aanbevelingen

Als gevolg van het optreden van metamerisme tussen natuurlijke elementen en kunsttanden is het in de eerste plaats verstandig naast 'kleur-gecorrigeerde' TL-verlichting ook andere soorten verlichting aan te wenden voor het selecteren van de tandkleur. Ten tweede is het daardoor noodzakelijk een kleurenring te gebruiken vervaardigd van hetzelfde materiaal als de gewenste restauratie.

Externe factoren, zoals de kleur van omgeving en achtergrond, kunnen de kleurbeoordelingsprocedure beïnvloeden. Dit kan merendeels voorkomen worden door de kleurbeoordeling uit te voeren in een heldere omgeving, die neutraal van kleur is, waarbij kunsttand en referentietand tegen dezelfde achtergrond beoordeeld worden.

Het is raadzaam om bij tandkleurenringen die een donkere cervicale rand bevatten deze rand weg te slijpen.

7. Samenvattende aanbevelingen

1. Het meest geschikte type verlichting voor de praktijkkamer is 'kleur-gecorrigeerde' TL-buisverlichting. Een verlichtingsdeskundige kan u uitgebreid informeren welke lampen qua kleurweergave, kleurtemperatuur en rendement in aanmerking komen.

2. Te veel glans leidt mogelijk tot onjuiste interpretatie van de kleur; maak daarom vlak voor de kleurbeoordeling het oppervlak van de referentietand droog.

3. Het is aan te raden om met meerdere personen tegelijkertijd de geselecteerde tandkleur te beoordelen. Op deze manier zal de tand vanuit verschillende invalshoeken worden beoordeeld, zodat de spiegelende component minder kans heeft de kleurbeoordeling te beïnvloeden. Een bijkomend voordeel is dat individuele variaties in de capaciteit kleurverschillen te detecteren

minder kans krijgen een rol te spelen.

4. Gebruik verschillende kleurenringen naast elkaar, want het aantal nuances van tandkleur ondergebracht in een gemiddelde kleurring komt niet tegemoet aan het grote onderscheidingsvermogen van het oog.

5. Kijk een aantal keren heel kort waarna steeds direct wordt beslist of kleurverschil tussen de vergeleken elementen is waargenomen. Wanneer een lange aaneengesloten periode wordt gekeken, zal het oog snel aanpassen en zodoende kleine kleurverschillen niet meer onderscheiden.

6. Laat een kleurenblindheidstest uitvoeren wanneer twijfel bestaat omtrent het kleur-onderscheidingsvermogen.

7. Indien het bepalen van de grijswaarde moeilijkheden oplevert, kan het werken met gedimd licht een oplossing bieden.

8. In verband met het optreden van metamerisme tussen natuurlijke en kunstelementen is het verstandig de kleurbeoordelingsprocedure te herhalen bij verschillende verlichtingssoorten. Vanzelfsprekend wordt in de eerste plaats de kleur uitgezocht bij 'kleur-gecorrigeerde' TL-verlichting.

9. Eveneens als gevolg van metamerisme is het noodzakelijk dat de te gebruiken kleurenring van hetzelfde materiaal is vervaardigd als de gewenste restauratie.

10. Kies neutrale kleuren voor de praktijkruimte, opdat de omgevingskleur niet interfereert met de waar te nemen tandkleur.

11. Beoordeel referentie- en kunsttand tegen dezelfde achtergrond, opdat het waarnemen van oneigenlijke kleurverschillen, veroorzaakt door verschil in contrast in luminantie en kleurintensiteit, wordt voorkomen.

12. Wanneer de elementen van een

kleurenring zijn voorzien van een donkere cervicale rand, is het verstandig deze rand weg te slijpen teneinde contrasteffecten te vermijden.

De heer J. Luikens (Medische Fotografie, K.U.N.), Dr. Ir. H. J. M. Gerrits (Medische Fysica en Biofysica, K.U.N.) en Drs. H. L. Wakkerman (Conserverende Tandheelkunde voor Volwassenen, K.U.N.) worden ten zeerste bedankt voor hun waardevolle adviezen.

Summary:

Title: Visual tooth-color determination in dental practice.

Keywords: Prosthetic dentistry – Tooth-color determination

The aim of this article is to give recommendations for improvement of visual tooth-color determination in dental practice. For better understanding some fundamental aspects regarding the phenomenon of color are discussed.

Firstly information about light and light sources is given.

Then attention is paid to some properties of the object such as reflection, scattering, etc. This is followed by a short explanation of physiological processes related to color perception. Finally a number of optical phenomena affecting color perception are discussed.

Literatuur:

1. *Sproull RC*. Color matching in dentistry. Part III. Color control. *J Prosthet Dent* 1974; 31: 146.
2. *Lemire PA, Burk B*. Color in dentistry. Connecticut: J. M. Ney Company Hartford, 1975: 1-66.
3. *McPhee ER*. Light and color in dentistry. Part I. Nature and perception. *J Mich Dent Assoc* 1978; 60: 565.
4. *Presswood RG*. Esthetics and color: perceiving the problem. *Dent Clin North Am* 1977; 21: 823.
5. *Goldstein RE*. Esthetic principles for ceramo-metal restorations. *Dent Clin North Am* 1977; 21: 803.
6. *Council on Dental Materials, Instruments and Equipment*. How to improve shade matching in dental operator (Association report by W. T. Wozniak & J. B. Moser). *J Am Dent Assoc* 1981; 102: 209.
7. *Vanderdonk R*. Werkomgeving. Uit: Ergonomie in de Tandheelkunde. Alphen aan de Rijn: Stafleu & Tholen, 1981: 183.
8. *Billmeyer FW, Salzman M*. Principles of color technology (2nd edition). New York: John Wiley and Sons, 1981.
9. *Munsell AH*. A color notation. Ed. 11. Baltimore: Munsell Color Co., 1961.
10. *Barna GJ, Taylor JW, King GE, Pelleu GB*. The influence of selected light intensities on color perception within the color range of natural teeth. *J Prosthet Dent* 1981; 46: 450.
11. *Commissie voor Binnenverlichting*. Aanbevelingen voor binnenverlichting. Arnhem: Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, 1981.
12. *Bosch JJ ten*. Het licht in de mondholte. *Ned Tijdschrift Tandheelkd* 1981; 4: 126.
13. *Clark EB*. Tooth color selection. *J Am Dent Assoc* 1931; 20: 1065.
14. *Hayashi T*. Medical color Standard V. Tooth crown. Tokyo: Japan Color Research Institute, 1967.
15. *Sproull RC*. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *J Prosthet Dent* 1973; 29: 416.
16. *Sproull RC*. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *J Prosthet Dent* 1973; 29: 556.
17. *Eykman EGJ, Gerrits HJM*. Waarnemen en handelen. Collegedictaat Tandheelkunde, Nijmegen, 1982.
18. *Gregory RL*. Eye and brain (3e edition). London: Eds. Weidenfeld and Nicolson, 1977.
19. *Grajower R, Revah A, Sorin P*. Reflectance spectra of natural and acrylic resin teeth. *J Prosthet Dent* 1976; 36: 570.
20. *Baurle T, Lange R*. Effect of light on shade selection. *Quintessenz International* 1982; 13: 1115.

Oktober 1983.

Postbus 9101,
6500 HB Nijmegen.

Ingezonden

DE GEATROFIEERDE KAAK – PROCESSUS VERHOGEN OF OMSLAGPLOOI VERDIEPEN OF . . . ?

J. HOVINGA

Het Themanummer 1983, behorend bij de 90e jaargang van dit tijdschrift en gewijd aan 'Controversiële onderwerpen in de tandheelkunde', bevat een aantal interessante artikelen waaronder de gedegen bijdrage van de collega's De Koomen, Huybers en Stoelinga: Processus verhogen of omslagplooï verdiepen.¹

Aangezien het de Redactie er kennelijk niet alleen om gaat een aantal thema's aan de orde te stellen, maar ook de controversen over het betreffende onderwerp, zouden bij dit artikel, dat handelt over de edentate patiënt met protheseproblematiek, nog enige aanvullingen mogelijk zijn.

Zoals de auteurs in de laatste alinea op bladzijde 521 opmerken is 'de algemene gezondheid, zeker bij oudere patiënten,

een zwaarwegende factor of een dergelijke operatie onder algehele anesthesie uitgevoerd kan worden'. Naar onze ervaring biedt met name bij de oudere patiënt een gemodificeerde Edlan-plastiek in het onderfront onder lokale anesthesie een goed alternatief. Ook bij deze ingreep geldt dat de lap dun geprepareerd dient te worden en goed moet aansluiten op het onderliggende periost. Er wordt voor gezorgd een deel van de aanhechting van de m. mentalis intact te laten aan de basis van de mandibula ter voorkoming van een eventuele 'sagging chin'. Excisie van enig weefsel van het craniale deel van de m. mentalis bevordert het uiteindelijk resultaat van de omslagplooï. Ook bij deze methode volgt postoperatief enige botresorptie en gering verlies

van de gecreëerde sulcusdiepte,^{2,3} zodat zorgvuldige follow up en aanpassing van de prothese nodig is.

Een tweede aanvulling is het benutten van een transmandibulair implantaat.⁴ Sinds 1968 wordt dit door Small ontwikkelde titanium-implantaat, nadat hij eerst twee jaar dierexperimenteel onderzoek had verricht, via een submentale incisie aangebracht (afb. 1). Hoewel Small stelt dat bij dit implantaat de prothese mucosaal wordt gedragen, blijkt toch uit naonderzoek gedurende een periode van negen jaar bij 30 patiënten dat slechts een verticaal botverlies van 0,78 mm is opgetreden. Of het implantaat neemt toch verticale druk op, of doordat schuiven van de prothese niet meer mogelijk is wordt de botresorptie tot een minimum beperkt. In de Verenigde Staten zijn sinds 1968 door genoemde auteur en verschillende andere kaakchirurgen ± 1500 van deze implantaten geplaatst. Uit naonderzoek blijken deze titanium-implantaten bij 90% van de patiënten pro-