

## FORM OG FARGE I FRONTTANNSETTET

Kurset er utviklet fordi det i dag stilles store krav til reproduksjon av naturlige tenner fra pasientens side. Dette krever en korrekt utforming av morfologiske detaljer, og kjennskap til fargeestetikk. Kurset er lagt opp med tanke på å gjennomgå en del aspekter som medvirker til at resultatet skal bli vellykket. I kurset inngår et kompendium som innledes med en introduksjon og en historisk utvikling innen optikk. Kurset følger stort sett resten av innholdet i kompendiet. Bakerst står en litteraturliste for de spesielt interesserte, og et fargetestskjema som vil bli benyttet første kursdag.

Asbjørn Jokstad  
Odontologisk institutt for anatomi

### Introduksjon

Det naturlige tannsett utviser kompliserte optiske og fysikalske egenskaper ved bestråling av ulike former for lys. Nøyaktig hvilken faktor som dominerer ved selve fargedannelsen er uklar. Basale prinsipper innen optikk og fargefysikk er imidlertid nødvendige for å forstå de fysikalske og psykologiske aspekter ved optimal reproduksjon av tannvev. Kurset innledes derfor med en gjennomgang av:

1. Basale begreper innen lysfysikk,
  - Hva er lys
  - Lysspredning
  - Refleksjon
  - Lysbrytning
  - Absorpsjon
  - Fluorescens

Av denne gjennomgangen vil det fremgå hva farge er. Imidlertid finnes det mange måter å organisere farger på, eller å måle dem på. Neste del av kurset blir derfor:

2. Fargemåling og fargebeskrivelser
  - Tristimuluscolorimeter:
  - Spectrofotometri:
  - Sammenlikningsmålinger (Munsell)

En del av målemetodene baserer seg på ulik type apparatur. I klinikken er vi imidlertid hensatt til vår egen persepsjonsevne. Persepsjonsevnen henger igjen sammen med vår evne til fargeoppfattelse. Disse aspekter vil bli gjennomgått, før en fargetest av alle deltagerne blir gjennomført

3. Visuell persepsjon av form og farge
4. Spektral respons i øyet
- Fargeblindhet

Del 1 av kurset vil avsluttes med praktiske øvelser i fargesystematisering av komposittprøver.

-----  
Del 2 av kurset vil gå mer detaljert inn på hvordan en del av teorien som ble presentert 1 kursdag kan appliseres i klinikken. Hvordan lys påvirkes av tenner blir gjennomgått:

5. Hvordan en tann er bygget opp mikroskopisk,
6. Hvordan påvirkes lys av tannvev

Plast, kompositter, porselen og ulike sementer må derfor tilsettes ulike substanser og pigmenter før materialene kan benyttes som erstatning for natur-

lige tenner. Tannlegen bør være orientert om optiske begrensninger og fargeegenskaper til de ulike dentalmaterialene

7. Hvordan påvirkes lys av ulike materialer

Materialer

Fargeskalaer

Enkelte ganger kan valg av farge bli en frustrerende oppgave for tannlegen og en skuffende opplevelse for pasienten. En av forutsetningene som må være tilstede for at dette blir riktig er lyset i klinikken:

8. Spektral energifordeling fra lyskilder

Retning og styrke på lys i klinikken

Fargetemperatur i rom

CRI indeks i belysning

Spektralkurve i lys

Metamerisme

Videre bør tannlegen ha kjennskap til hvilke faktorer som kan påvirke fargevalget. Dersom det dreier seg om et arbeid som tannteknikker skal utføre er det også viktig at kommunikasjonen er riktig.

9. Materialer og metoder

Form

Fargevalg

Farge

10. Kommunikasjon med teknikker

Korrekt morfologi er en forutsetning for en vellykket estetisk restaurering. Det er derfor nødvendig å beherske både grunnleggende og detaljerte morfologiske trekk ved spesielt anteriore tenner. I tillegg kan man ved konturering av overflaten skape spesielle optiske effekter. Kurset avslutte derfor med

11. Tannmorfologi

12. Konturering

## Historisk utvikling innen optikk

Lover om brytning og refleksjon av lys var kjent i det gamle Grekenland. Praktisk anvendelse av disse teorier kom imidlertid først på 1600 tallet etter studier av araberer Ibn Alhazar og P de Fermat i Frankrike. Det har lenge vært benyttet tekniker med blanding av ulike fargeprodukter for å oppnå farger og fargeeffekter. Da Vinci beskrev både det additive og subtraktive fargesystem og kunne vise at enhver farge kunne dannes fra grunnfargene rød, grønn og blå, samt svart og hvit. Sammenhengen mellom lys og farge var imidlertid uklar inntil 1650. Isaac Newton skrev da på grunnlag sine eksperimenter to teorier om forholdet lys/farger:

1. Ved hjelp av en prisme kan en solstråle deles i flere farger. Ved hjelp av nok en prisme kan disse samles til en stråle igjen. Teori: Lysstråler er sammensatt av ulike fargestråler-et fargespekter. Newton var sterkt opptatt av numerologi. Innen numerologi blir tallet 7 regnet som et begunstiget tall. Det falt Newton derfor naturlig å dele inn fargene i 7 ulike spektralfarger. (I dag antas det være 130 nyanser i et spektrum).

2. Både blå og røde kuler vil bli hhv. sterkt blå og svakt blå i blått lys. (Tilsvarende, men omvendt i rødt lys). Teori: Alle gjenstander har en "iboende permanent farge". Når en gjenstand får farge ved observasjon i hvit lys er det fordi denne reflekterer eller absorberer bestemte fargestråler.

Newton hevdet lys bestod av små "lyskuler"-noe som kunne forklare vanlige optiske fenomener som refleksjon og brytning. Samtidig levde Huygens som imidlertid mente lys bestod av små "bølger" som var del av et universelt "lyseter" som fantes overalt. En slik oppfatning av lys kunne beskrive fenomener som interferens, bøyning og polarisasjon.

Moses Harris lanserte sitt fargehjul i 1766. Ved å arrangere de 7 spektralfargene i en sirkel kunne han demonstrere og forklare det subtraktive fargesystem.

1. Hvis en hvit flate blir belyst med fargestråler plassert diagonalt overfor hverandre i sirkelen forblir flaten hvit.

2. Enhver farge kan endres ved å addere en farge diagonalt plassert i fargehjulet uten at fargen ble gråere.

Teori: Enhver farge i fargesirkelen har en diametralt plassert farge i sirkelen som ved å adderes vil nøytralisere originalfargen. Fargene kalles da for komplementære. Hvis en gjenstand inneholdt fargede pigmenter ville noe lys (komplementærfargene) absorberes mens resten av spekteret ville reflekteres og gi inntrykk av farge. Hvis alt lyset ble absorbert ble gjenstanden svart. Hvite gjenstander reflekterte alt lyset.

På 1800 tallet ble det utført mange forsøk for å få klarlagt mekanismene ved lys og fargefysikk. Etterhvert økte bølgeteorien popularitet-spesielt etter at Faraday i 1845 kunne vise at lyset ble påvirket av elektromagnetisme. Den klassiske lysteori ble fastsatt i 1860 av Maxwell. Inntil vårt århundre ble denne elektromagnetiske lysteori antatt å være riktig. Moderne kvantefysikk og relativitetsteori har vist at lys vanskelig kan beskrives billedlig da lyset har en dualistisk egenskap. Det vil si at lys må tolkes både som bølger og som kvanter (fotoner). Uansett må lys ses på som energi.

Studier av ulike lysoptiske fenomener i moderne fysikk er delt innen ulike områder avhengig av hvilken "dualistisk" egenskap av lyset som ønskes klarlagt.

Geometrisk optikk: Studerer fenomener som refleksjon og brytning.

Fysikalisk optikk: Studerer vekselvirkninger mellom lys og materie eks. emisjon, absorpsjon, polarisasjon m. m.

Kvanteoptikk: Lysets kvanteegenskaper studeres.

Bølgeoptikk: Studerer lysets spredning, diffusjon, diffraksjon (lysbøyning), interferens m. m

Fysiologisk optikk: Studerer hvordan lysspektre påvirker øyet og visuell persepsjon i hjernen

## 1. BASALE BEGREPER INNEN LYSFYSIKK

### Hva er lys

Lys er en gruppe elektromagnetiske stråler/bølger - fotoner. Fotoner/lysstråler er bærere av energi. Energibærere kan ha ulike energinivåer. Når energibærerne treffer øyet tolkes dette av hjernen som "lys". En gruppe energibærere med ulike energinivå benevnes spektrum. Energibærere med samme energinivå danner en spektralfarge.

Når ulike energinivå treffer øyet samtidig opptrer en summasjon/ subtraksjonseffekt som betegnes Spektral Respons.

Hjernen tolker summen som en farge. Denne fortolkningen varierer fra person til person og kalles persepsjon. Dersom antallet og energifordelingen av energibærerne er den samme som fra sola registreres ingen farge. Dersom antallet energibærere med ulike energinivå er fordelt annerledes oppfattes imidlertid lysstrålene som farget. Spesielle kombinasjoner av energibærere med ulike energinivå oppfattes som hvit.

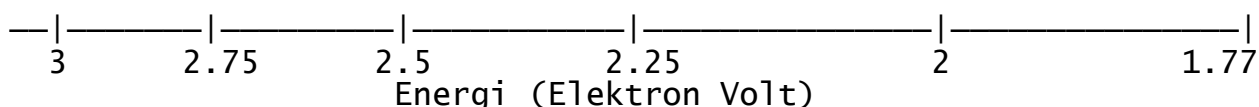
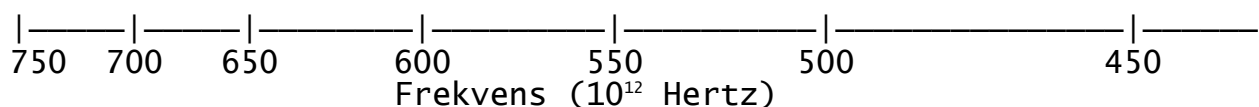
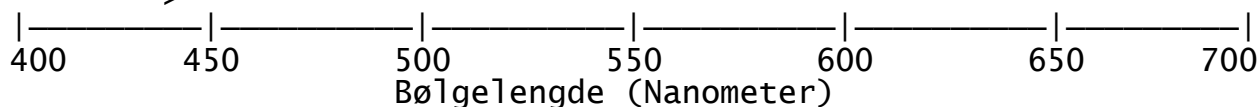
Alt lys, både direkte fra lyskilder eller reflekterte eller spredt av legemer, har en bestemt sammensetning av energibærere med ulike energinivå. Den relative andel av energibærere med ulike energinivå varierer, og lyset gir derfor inntrykk av farge. Lys kan derfor beskrives ved dens spektral energifordeling.

Alternative metoder å beskrive, måle og uttrykke sammensetningen av lys på er som energi, (Elektronvolt), som bølgefrequens ( $10^{12}$  Hertz) eller som bølglengde (nanometer). Det siste er mest vanlig.

### Spektralområder:

Ultrafiolett Fiolett                      Blå                      Grønn                      Gul Oransje                      Rød

Infrarød                      <--  
---->



Ved å betrakte lyset og de ulike spektralfargene som energi er det kanskje lettere å forstå lysets natur. Energi kan aldri forsvinne. Energi kan overføres fra masse til lys og varme, og omvendt. Når et foton dvs. en elektromagnetisk stråle treffer et legeme oppstår en vekselvirkning i atomenes elektronskall. Vekselvirkningen varierer og er avhengig på den ene siden av legemets kjemiske sammensetning, urenheter, struktur m.m. og på den andre siden strålen

sammensetning av ulike energinivåer.

Energien kan enten spres eller absorberes. Dersom enkelte fotoner/stråler med et spesifikt energinivå i lyset blir absorbert av legemet f.eks de med høyt energinivå (blå område) vil det reflekterte lyset fra legemet inneholde fotoner/stråler med lavt energinivå (røde område). Mao. blir legemet oppfattet som rødt. Fotoner/stråler kan også spres av et legeme og graden av spredning varierer med energinivået. Dersom lys sendes gjennom et krystalgitter vil derfor fotonene/strålene med ulike energinivå spre seg ulikt slik at et fargespektrum kan observeres.

### Lysspredning (Også kalt Dispersjon)

Det er lysspredning som gjør at ikke-lysende legemer blir synlige, dvs at lys og farge på legemet kan registreres. Lysspredning opptrer når lysstråler treffer atomer, molekyler eller partikler som forstyrrer lysets gang. Lysspredningen varierer med innfallslysets bølgelengde.

Dersom legemets dimensjoner er mindre enn en bølgelengde anvendes uttrykket Lysbøyning. Når legemets dimensjoner er større enn en bølgelengde blir lyset reflektert. Refleksjon oppstår alltid i grenseflaten mellom to medier hvor lysets hastighet er forskjellig. To former for refleksjon opptrer: Speilrefleksjon og Diffus refleksjon.

### Lysbøyning

Når partiklene er små fungerer de som små utstrålingscentra, og hvert partikkel sender lys i alle retninger. Blått lys spres mer enn rødt. Himmelen er derfor blåfarget fordi luftmolekylene i atmosfæren sprer den kortbølgede del av lyset mest. (Dersom det er vandrdåper i lufta spres sollyset likt for alle bølgelengder- vi får da et hvit/grålig inntrykk av himmelen.

### Speilrefleksjon

Speilrefleksjon er reflektert lys uten at noe av lyset diffunderer inn i materiet. Opptrer gjerne når atomene ligger i samme plan. Glans er speilrefleks i en overflate i en bestemt retning. (Luster er litt svakere speilrefleks).

### Diffus refleksjon

Diffus refleksjon er reflektert lys som ikke er speilrefleksjon

Refleksjon kan komme både fra overflaten (speil) eller fra det indre i et legeme (papir). Alle materialer reflekterer noe lys i det øverste overflateskiktet. Graden av refleksjon kan uttrykkes ved reflektansfaktoren målt ved  $90^\circ$  påfallende lys. En sterkt reflekterende overflate eks.  $MgO$  har verdien 98 %. Krystall 10%, glass 4%, vann 2%, grafitt i olje 0,3%. For de fleste materialer øker mengden reflektert lys med innfallsvinkelen. Hvis lyset treffer mediet i en innfallsvinkel over en viss størrelse vil lyset bli totalreflektert. Reflektivitet uttrykker materialets evne til å reflektere lyset uavhengig av materialets tykkelse. Hvis refleksjonen spres jevnt til alle retninger uansett innfallsvinkel beskrives overflaten som Matt.

### Lysbrytning (Refraksjon)

Hastigheten på elektromagnetiske bølger i et materiale varierer med energinivået og materialets sammensetning. Et uttrykk for hvor mye hastigheten senkes er brytningsindeksen (også kalt refraksjonsindeksen) med enheten  $n$ . Lysbrytning oppstår i likhet med refleksjon alltid når lyset passerer grenseflaten mellom stoffer med forskjellig brytningsindeks. Fenomenet kan observeres når en konsentrert lysstråle sendes gjennom et krystall. Lysstrålens retning blir da endret i forhold til innfallsvinkelen. For gjennomsiktige materialer er  $n$  alltid  $> 1$ . For diamant er  $n = 2,48$ , glass og porselen 1,5, vann 1,33, sølv 0,18.

Lysspredning oppstår i de aller fleste medier. Fargestoffer og pigmenter er små korn med forskjellig brytningsindeks fra matrisen. Antallet og størrelsen på disse kornene bestemmer materialets (farge-)optiske egenskaper. Dersom det til et materiale tilsettes små korn av et annet materiale (pigmenter) vil lyset brytes ulikt av disse. Avhengig av enten mengden, størrelsen eller sammensetningen av pigmentene kan derfor fargen endres på det opprinnelige materialet. Dessto større forskjell det er mellom brytningsindeks i mediet og kornene dessto større blir lysspredning. Maksimal lysspredning oppstår når antall korn i mediet er høyt samt når kornene er like store som bølgelengden på lyset.

### Absorpsjon

Ulike materialer kan transformere lysets energi. (Mao absorbere lyset.) De ulike elektromagnetiske bølgeenergier kan absorberes selektivt. Det spredte lys får derfor et karakteristisk spekter ulikt innfallsspekteret. Materialer kan numerisk klassifiseres etter deres absorptivitet.

### Fluorescens

Uttrykket stammer opprinnelig fra CaF<sub>2</sub> (Flusspat) Lys av en spesielt spektral sammensetning. Dette er en form for Luminiscens av kortere varighet enn 1  $\mu$ s. (Kalles fosforiscens dersom varighet mer enn 1  $\mu$ s. ). Fluorescens kan fremkomme av små metaller i en krystallstruktur eks. Cr, Mg, Co, Ni, Mb. (Jern derimot reduserer Fluorescens betraktelig). Ulike hydroksylapatitter i naturen fluoriserer forskjellig. De fleste tenner fluoriserer blått (lys blått). Blåfargen gir en additiv effekt til det røde og gir tennene et "hvitere" preg.

Selve prosessen som skjer når lyset passerer gjennom et materiale kalles Transmisjon. Avhengig av hvor stor grad lyset passerer gjennom materialet (dvs Transmittans i materialet) klassifiseres dette som opakt eller translusent. I transluente materialer slipper lysstråler diffust igjennom i motsetning til Opake hvor lysstråler kan ikke passere. Nummeriske uttrykk for hvor stor grad et materiale hindrer gjennomfallende lys er transmittanskoeffisienten eller optisk opasistet av materialet.

Graden av spredning og absorpsjon fra et bestemt legeme vil variere etter lysets sammensetning av stråler med ulike energinivåer. Benevnelsen som benyttes for sammensetningen av lyset fra legemet er Spektralrefleks. Denne spektralrefleksjonen kan måles på forskjellige måter.

Når lys treffer et objekt vil et eller flere fenomener opptre:

1. En del av lyset blir spredt
  - a. Pga ytre og indre refleksjon
  - b. Pga indre lysbrytningNoe lys transmitteres og noe reflekteres
2. En del av lyset absorberes

Dersom hele lysspekteret blir absorbert av legemet fremtrer legemet som sort. Dersom hele lysspekteret blir reflektert på overflaten av legemet fremtrer legemet som blankt. Dersom hele lysspekteret blir spredt fremtrer legemet som hvit. Dersom kun deler av lysspekteret blir absorbert fremtrer legemet som mer eller mindre farget. Denne fargen kan måles eller beskrives på forskjellige måter.

## 2. Fargemåling og fargebeskrivelser

Avhengig av anvendelsesområde og krav til presisjon er det blitt lansert og benyttet ulike måter å måle og beskrive farger. De ulike metoder har med varierende hell blitt benyttet for å få fastlagt fargen på tenner, samt opake og translucente plastmaterialer, sementer og ulike dentale porselener.

### Tristimuluscolorimeter

Baserer seg Young/Maxwell teori om at enhver farge kan uttrykkes ved hjelp av 3 grunnfarger.  $Farge = aA + bB + cC$ . (Så lenge den tredje fargen ikke kan dannes ved blanding av de to andre). Enhver kombinasjon av fargene X, Y og Z vil kunne uttrykke fargetone, fargemetning og gråtone (lyshetsgrad). Alle spektralfarger er blitt fastsatt og tabulert med tristimuliverdier. Additive farger kan også beskrives med tristimuliverdiene. Oftest benyttes filtre med fargene rød, grønn og blå. Problemet ved å benytte et tristimulicolorimeter på tenner er at graden av translucens ikke kan måles. Målinger kan foretas in vivo ved hjelp av en intraoral sonde.

Tristimulus-systemet danner grunnlag for CIE standarden (International Color Index) fra 1931. CIE systemet er utelukkende konstruert for å beregne om fargen på to prøver fremtrer som like. Ut i fra tristimuliverdiene kan ikke en farge beskrives hvordan ser ut, eller hvordan eventuelle fargeforskjeller mellom de to prøvene fremtrer.

### Spectrofotometri:

En prøve kan i et egnet kammer belyses med forskjellige monokromatiske lys, polykromatisk lys eller med ulike kombinasjoner av monokromatiske lysstråler. Ved å måle refleksjonen (eller transmisjon) som funksjon av lysets bølgelengder kan en totalverdi for prøvens farge beregnes. Denne verdien vil være konstant i ulike typer belysning. Translucente materialer måles med ulike opake bakgrunnsfarger. Ved hjelp av teoretiske beregninger (Kubelka-Munk) kan spredningen og absorpsjonen måles som funksjon av lysets bølgelengder. Inntil nylig kunne bare ekstraherte tenner benyttes. Påvirkning fra gingiva, mucosa eller pulpa på totalspekteret av reflektert lys fra tennene i munnhulen har derfor ikke blitt målt.

### Sammenlikningsmålinger (Munsell)

For å fastslå en farge på et legeme kan man benytte et atlas eller filtre. For at slike atlas skal være anvendelige stilles det krav til at de er logisk oppbygd og at forskjellene innbyrdes er adekvate. To kjente systemer er Oswald systemet og Munsell systemet. I begge systemer anvendes 3 faktorer for beskrivelsen av ulike farger. Den 3-dimensjonale skala har form av et fargetre, fargekule eller kurvet fargetetraeder.

Den mest kjente av disse to systemene er Munsellsystemet:

Fargekvaliteten beskrives som et tredimensjonalt system bestående av

Fargetone: Det som til hverdag kalles farge/fargevariasjon. Engelsk: Hue

Fargemetning: (Fargeintensitet) Kan også beskrives som en skala av innblanding av andre farger. Dessto mindre farge desto lavere tall. En ren spektralfarge har 100 % metning. En hvit, grå eller sort flate har 0 % metning. Eng: Chroma

Valør (Lyshetsgrad): (Gråskala). Gradert skala fra 0 til 10. Lyshetsmengden uttrykkes i forhold til en hvit flate. Hvit er 10; svart er 0. Valør av en farge er den gråtonen som fremkommer av fargen i et sort-hvit fotografi. Eng:

Value.

De 3 faktorer henger nøye sammen. Det går ikke an å løsrive en av faktorene fra de to andre. Rene spektralfargene med 100 % intensitet har ulik valører. Spektralfargen gul har liten valør, spektralfargen fiolett har høy valør. Hver farge beskrives med Munsellsystemet som en kombinasjon av tall og bokstaver. F.eks 10YR 6/4 eller 9.6YR 6.2/4.3

Munsellnotasjonen beskriver hhv. fargetonen, valør/fargemetning

Avhengig av presisjonsnivå kan 1000 - 100 000 ulike fargeblandinger fastslås med Munsellsystemet. Systemet er imidlertid i utgangspunktet kun beregnet til fargemåling av opake materialer. Nomenklaturen som benyttes kan imidlertid med fordel benyttes for å beskrive også translusente farger.

I datamaskiner med egnet programvare kan verdiene fra spektrofotometriske målinger transformeres til CIE-tall og Munsell verdier. (Men ikke omvendt!). En kombinasjon av disse to målesystemer, benyttet i odontologisk litteratur, er CIELAB systemet. (1978)

### 3. Visuell persepsjon av form og farge

For at mennesket skal få en oppfatning av omverden må det foreligge et stimuli som aktiverer sanseorganer (spektral respons i øyet), og det må eksistere en indre struktur som påvirkningene kan passe inn i. Enhver visuell persepsjon blir derfor et resultat av to prosesser:

1. Selektiv prosess: øyet og hjernens kapasitet avgjørende
2. Konstruktiv prosess: inntrykkene organiseres og relateres. Eks. tredimensjonal form, overflatestruktur, farge, kontrast, linjer, skygger osv.

Det er 3 faktorer som betinger en bevisst oppfatning (visuell persepsjon) av form og farge på et legeme.

Fysisk faktor Den totale og relative andel av de ulike bølgelengder av lyset som treffer øyet påvirker øyets følsomhet i større eller mindre grad.

Medisinske faktor Øyets følsomhet for elektromagnetiske bølger generelt og eventuelle kombinasjoner av disse varierer fra person til person.

Psykiske faktor Fortolkningen av form og farge er subjektiv. Med trening kan et menneske skille meget små variasjoner. Eksempel er personer som klassifiserer perler eller diamanter.

Det er vanskelig å skille strengt mellom faktorene ved analyse av hva som "skjer" hos hver enkelt.

Persepsjon av form og farge kan sammenliknes med persepsjon av lyd. Også her dreier det seg om sanseinntrykk av elektromagnetiske bølgelengder. Persepsjon av lyd er bestemt av:

1. Sammensetningen av bølgelengdene.
2. Ørets registrering av disse.
3. Fortolkning av lyden og eventuell sammenheng med andre lyder
4. Subjektiv klassifisering i godlyd eller ulyd.

Teorier om persepsjon og fortolkninger av farger har eksistert i mange år. Ikke minst innen kunst og maling benyttes fargeteknikker som skal fremkalle ulike emosjonelle assosiasjoner. Goethe snakket om "varme", "kalde", "mette" farger osv. Fargeestetikk og kunstterminologi faller imidlertid litt utenfor fagområdet odontologi- (selv om noen kanskje er unenig i dette).



## Spektral respons i øyet

Øyet kan ikke skille mellom rene spektralfarger og blandingsfarger. Young hevdet i 1802 at det finnes 3 slags "partikler" i øyet som reagerer på fargene rødt-gult-blått. Hering mente imidlertid i 1878 at det i øyet fantes 2 stoffer som reagerte hhv. på rød/grønn og gul/blå. Reaksjonen på de ulike farger kunne gi en summasjonseffekt til hjernen. Lenge var problemet uløst, helt til Rushton i England og Marks i USA oppdaget at det i øyet fantes 3 pigmenter knyttet til tappene i netthinnen. De tre pigmentene reagerte karakteristisk (og hadde maksimal følsomhet ved spesifikke bølgelengder) på ulike lyskvaliteter.

De sensitive delene i øyet kalles staver og tapper. Mennesket har ca. 130 000 000 staver, og ca. 7 000 000 tapper i øyet. Tappene som kan best skille forskjellige fargespektrere. I den gule flekk finnes kun tapper (ca. 4000). Den gule flekk er derfor meget sensitiv for fargevariasjoner. Tapper kan imidlertid ikke reagere i svak belysning. Evne til å skille fargeforskjeller avtar derfor med lysstyrken. Ved betraktning av objekter i halvmørke ser øyet tydeligere hvis øyet fokuserer til siden for selve objektet. (objektet fokuseres dermed ikke i den gule flekk). Normalt kan menneskeøyne skille spektralfarger med 2-4 nm forskjeller.

### Fargeblindhet

Ved medfødt partiell fargeblindhet (Forekommer hos 8% av menn og 0,5% kvinner) har øyet bare evnen til å nyansere gult og blått. De vanligste former for fargeblindhet er medfødt rød-grønn fargeblindhet. Det finnes to typer.:

1. Protan type. Hel eller delvis. Øyets sensitivitet er forskjøvet (15 nm) mot det blå. Oppfatter de to endene av fargespekteret som to ulike farger med varierende metning og intensitet. Dype røde farger er vanskelig å se. (Det synlige spektrum for disse personer er redusert). Den blå-grønne del av spekteret registreres som grått. Spekteret i mellom blir registrert som grått.

2. Deutan type. Hel eller delvis. Øyets sensitivitet er forskjøvet (5 nm) mot det røde. Sensitivitet for grønt er redusert- fargen registreres som grå. Den grønne sonen deler spekteret i to farger.

Normalt befinner det gule området seg fra 575-595 nm. For de deutane rød-grønne fargeblinde er dette utvidet til 520-700 og til 500-600 for de protane rød-grønne fargeblinde. Gult og blått framtræder som kraftige farger for begge kategoriene. Dette fenomenet kan utnyttes ved ulike former for "felt"-tester av fargeblindhet. (Dvorine pseudo-isochromat test, Igaku-Shoin test, Ishihara fargetest, m.m.) Mere komplette tester for fargeblindhet er Farnsworth Munsell 100 Hue test eller Nagel anomaloscope.

I en gjennomsnittsbefolkning er 5-10% fargeblinde i en eller annen form. Ved rød-grønn fargeblindhet har en person meget vanskelig å skille gule farger fra hverandre. Amerikanske undersøkelser har vist at fargeblindhet er like utbredt blant tannleger som i totalbefolkningen. Tannleger som ofte "bommer" på fargen bør derfor få kontrollert sitt fargesyn.

### Akkomodasjon

Øyet har en meget god evne til å akkomodere seg slik at to ulike farger framtrer som like. Hos noen skjer dette etter et par sekunder, hos andre tar det opp til 15 sek.

## 5. Tannens oppbygning

Emalje: Retziuslinjer Perikymata  
Hunter-Schreger linjer  
Emaljelammeller

Dentin: Dentinkanaler  
Emalje-dentingrensen

Pulpa: Sekundærdentin

## 6. Interaksjon mellom lys og tann

De optisk-fysikalske problemer forbundet med erstatning av tannvev ble beskrevet allerede i 1931 av den amerikanske tannlegen Bruce Clark i boka "The color problem in dentistry". I tidlige studier ble tannfargedata innsamlet på ekstraherte tenner med spektrofotometer. Fargen er imidlertid kun en av faktorene for estetisk vellykkede reproduksjoner av tannvev. Det er først i de senere år avansert måleutstyr har gjort det mulig å studere mer inngående lysets interaksjon på tenner in vivo.

Formen og fargen på tennene fremtrer etter kompliserte interaksjoner av optiske og fysikalske fenomener. Lysets interaksjon med tennene er et samspill av :

Tannens form

Overflatens regularitet.

Geometrisk fasong.

Lysspredning

Den optisk tetthet av hardvev varierer dvs translucens/opasitet forskjellig

Refleksjon

Overflaterefleksjon pga:

Overflatekomponenter

Saliva

Diffus refleksjon fra

Dype komponenter: Pulpastørrelsen, hardvevtykkelse.

Krystallene i emaljeprismene og i dentinet

Fargede elementer eller defekter i krystallgitter eller struktur. Inhomogenitet.

Lysbrytning fra krystallene i emaljeprismene og i dentinet

Lysabsorpsjon

Selektiv absorpsjon

Fluorescens

Det er ukjent om alle faktorer er kartlagt, og det også ukjent eksakt hvilken faktor som er viktigst. Det er ikke i detalj kjent i hvor stor grad emalje, dentin, pulpa, gingiva eller mucosa isolert sett bidrar til spekteret fra tannen. Pr. idag finnes det derfor ikke et akseptabelt fargemålesystem av tenner. Det er utført få undersøkelser som har korrelert tannfargedata med demografisk data. (alder, kjønn, medisin, mat osv).

## Misfarginger

De vanligste misfarginger på tenner er forårsaket av:

A. Dentinogenesis Imperfecta. Tannen er relativt normal ved erupsjon. Etterhvert blir tennene mer og mer translusent, gule, blå-rosa, brunaktige eller gråbrune. Eventuelt vil også emaljen skalle av og dentin eksponert med påfølgende sterke overflatemisfarginger

B. Amelogenesis imperfecta. 2 typer:

Hypoplastisk: Tennene er glatte og skinnende. Gulrød, rødlig, eller brune.  
Hypomineraliserte: Fargen varierer: kalkhvite, gul, rød, svart. Emaljen kan etterhvert skalle av.

C. Toksiske forstyrrelser under tanndannelsen:

Fluorose: Alt fra opake lyse flekker til gulbrune flekker

Tetracyclinmisfarging: Forårsaket av kompleksdannelse av medikamentet.

Tennene er alt fra lys gul til mørk gule. Karakteristisk fluorisering i UV lys. Mørkere cervicalt pga. tynnere emalje.

D. Ulike blødersykdommer (Gjelder primært melketenner)

E. Lokal Trauma/eller infeksjoner

F. Opasiteter av andre (ukjente) årsaker. Særlig fremkommet pga sykelige tilstander i barnealderen.

## 7. Materiale

Et ideelt restaureringsmateriale (og tilhørende fargeguide) må kunne.

1. Reproducere i størst mulig grad spektralkurven av naturlige tenner.
2. Generere fargen på samme måte som naturlige tenner.
3. Transmittere, reflektere og bryte lys på samme måte som naturlige tenner.
4. Fluorisere identisk med resttannsettet.

Det finnes i dag ingen spektrofotometrisk kvalitetskontroll av restaureringsmaterialer. Det er sannsynlig at produkter fra forskjellige partier utviser forskjellige spektra.

Lysherdende kompositter må være translusente for at de skal kunne herdes med lampe. Det finnes derfor ikke lysherdende kompositter som er opake, fargesterke og mørke. De egner seg derfor dårlig som maskeringsmaterialer. Dersom tannlegen skal skape en spesiell fargeeffekt må derfor intensivfarger alltid anvendes et stykke under overflaten. Oppskriftskart med kombinasjoner av de ulike intensivfargene kan leveres fra ulike leverandører. Varierende tykkelse vil influere på fargen. Dessto tykkere skikt dessto mer farge. Dette er spesielt uttalt for de mest translusente kompositter.

Av kompositter finnes flere typer med varierende mengde filler. Vær klar over at jo filler materialet inneholder jo mer lysugjennomtrengelig blir det.

Microfillere er som regel mer opake enn Hybridkompositter.

Kompositt blir alltid noe lysere etter vannopptak i munnhulen. På den annen side blir hos enkelte fyllingene misfarget.

## Fargeskala

Pr. idag finnes det ikke noen fargeskalasystemer som tilfredstiller kravene til fargeatlas. De fleste er oppbygd ulogisk og er ikke basert på rasjonell bruk av fargesortering. Dagens fargeskalaer kan og bør forbedres for å tilfredsstille de krav det ellers settes til fargeskalaer.

Den skalaen som stadig flere benytter er Lumin-vacuum-skalaen (også kalt Vitaskalaen). I Norge er det imidlertid mange som også er vant til å benytte Biodentskalaen til porselensarbeid og KK-kroner. Til porselen finnes det også

en rekke andre skalaer: Trubyte Bioform, Ivoclar (Williams Gold Co), Crystar (Shofu Dental Corp), Ceramco osv.

På neste ark er Munsellverdiene for hhv Vita-skalen og Biodentskalen plottet inn. Du har også fått dette arket kopiert over på et plastikkark. Hvis du klipper ut plottene kan de benyttes ved fargeutttak i klinikken.

Tannleger bør være klar over enkelte mangler ved dagens tannfargeguider:

1. Alle tenner i munnhulen er rødere og har altså lavere valør (gråere) enn prøvene på de fleste tannfargeguider.
2. Spektrofotometriske og UV-lys undersøkelser har vist at identiske fargeguider fra samme leverandør utviser variasjoner av spektrene.
3. Også fargeguider som er basert på samme system men fra ulike leverandører utviser variasjoner av spektrene.
4. Materialet som blir benyttet i de ulike tannfargeguider er sjeldent identisk med restaureringsmaterialet. Som regel benyttes glass av ulike slag. I tillegg er oppbyggingen av tennene i guidene ulike fra de vanlige kliniske metoder for oppbygging av restaureringer. Spektrene fra tennene i guidene blir derfor ikke identisk med sluttproduktet. Problemet gjelder spesielt for fargeguidene som er beregnet for porselensarbeid.
5. Ofte trengs opake materialer for å skjule defekter, misfarginger eller metaller. Dette medfører at det ofte må benyttes unødvendige tykke lag av det translusente materialet for å maskere den opake del. Det bringes dermed inn en variabel som er vanskelig å kontrollere teknisk.

Øyet kan differensiere mellom to ulike fargekvaliteter. Øyet har imidlertid vanskeligere med å vurdere grader av avvik. Hvis det benyttes en fargeskala som er logisk oppbygd kan det med fordel benyttes flere nabofarger i skalaen samtidig, for å avgrense eller kvantifisere eventuelle avvik.

De optiske egenskaper av et legeme bestemmes av dets struktur og kjemi. Hvis to legemer fremtrer med samme farge i en type belysning, men ulike farger i en annen belysning beskrives disse som et metamerpar. Legemene fremtrer med ulik "farge" i lys med ulike spektral energi fordeling. Fenomen betegnes belysning-metamerisme. Dersom to personer opplever samme farge ulikt betegnes fenomenet som observatør metamerisme. Også geometrisk metamerisme kan oppstå hvis legemet fremtrer med ulike farger etter fra hvilken vinkel legemet studeres.

I fremtiden vil fargemålinger av tenner kunne skje ved hjelp av en intraoral sonde tilknyttet en mikroprosessor som måler verdier av refleksspekter. Eventuell korrigerings for spekter fra gingiva og mucosa kan utføres automatisk. Med egnet programvare i en datamaskin vil måle-verdiene kunne endres til en tredimensjonal verdi på de ulike tennene. Verdien vil kunne gi en nøyaktig beskrivelse av ønsket farge på en eventuell restaurering. Fargetilpasningen kan deretter utføres i munnhulen eller vedlegges som fargebeskrivelse til tanntekniker. Dersom de tilsvarende verdier for tannfargede materialer er lagret i hukommelsen kan datamaskinen foreslå den optimale materialet med hensyn til farge. Dersom tannlegen foretrekker å bare benytte et eller noen få produkter kan maskinen foreslå den korrekte blandingen av fargene innen et produkt. En videreutvikling av konseptet er at datamaskinen kommuniserer direkte med en eller form for apparatur som automatisk kan blande fargekomponentene inn i et material som i utgangspunktet har en universal farge.

## 8. Spektral energifordeling fra lyskilder

Ikke lysende legemer (Svarte legemer) kan ved tilstrekkelig tilførsel av energi avgis noe energi i form av elektromagnetiske bølger (fotoner). Den spektrale energifordeling av lyset er avhengig av mengden tilført energi. Ved lite tilført energi blir det avgitt lavenergetiske bølger (røde område). Med økende energitilførsel blir utsendelse mer høyenergetisk (blå område). Fargen som oppstår kalles fargetemperatur. Fargen måles og uttrykkes i Kelvin (K). Typiske fargetemperaturer er stearinlys: 1000 K, Glødelampe 2000 K, Lysrør 3000-6000 K. Dersom temperaturen når ca. 5 700 - 6500 K oppnås et spektrum tilnærmet likt solens lyspektrum.

Glødelamper har et spektrum tilnærmet lik spektre fra svarte legemer. De fleste lyskilder i vår hverdag emitterer imidlertid kun noen få bølgelengder-spesifikt for det stoff som finnes i lampen: Enten kvikksølv, Neon eller Natrium. Produsentene dekker derfor innsiden av lysrørene med lysstoff som fluoriserer ved bestråling av UV-lys. Våre øyne oppfatter lyset fra disse lyskildene som mer eller mindre likt sollyset. Likevel er spektrene forskjellige. Øyets følsomhet varierer for lys av forskjellige bølgelengder. Det er mest følsomt ved gul-grønt lys. Dette utnyttes ved fabrikasjon av lyskilder. Pærer med denne lysfargen gir best økonomi fordi lavere lysstyrke kan benyttes. I tillegg til fargen på lyset bør lysstyrken (Candela) og lysstrømmen (Lumen) fra ulike lyskilder gi en tilfredstillende belysning (Lux) i klinikken, innen arbeidsområdet og i munnhulens operasjonsfelt.

## Applikasjon av teori i klinikk

### Belysning i klinikken

Retningslinjer for optimal bruk av belysning i tannklinikker er beskrevet av ISO (ISO/TC 106/Dentistry/WG 6) og SPRI (Sverige) (SPRI Spec. 551 01 & 18/70).

### Retning og styrke på lyset

Klinikklandskapet kan deles i tre områder. Hvert område krever bestemte belysningsstyrke. De ulike styrker bør tilpasses til hverandre for å begrense blending og/eller anstrengelse av øynene.

E1: Tannlegekontoret 500 Lux,  
E2: Arbeidsområdet over unit og pasientstolen 1000 Lux,  
E3: Munnhulen > 8000 Lux. (De aller fleste lamper i salg ligger godt over 8000 lux målt 80 cm fra lampen)

Lyset bør komme rett ovenfra tannlegen og pasienten. Det er ikke nødvendig å installere lys i arbeidsområdet med høyere lux-verdier med tanke på å lette fargeutvalgelse. Lysrør kan anbefales da disse ikke blander pasienten ved direkte fokusering. 18x40 W pærer eller 3x3 120 cm. lysrør over pasienten er tilstrekkelig i de fleste klinikker. Lysrørene må være fargekorrigerte. De forskjellige produsenter av lysarmaturer eller dentaldepotene vil være behjelpelig å gi mer veiledning.

### Fargetemperatur i rommet

Lys reflekteres fra vegger, tak og klinikk møbler. Dersom disse flater har kraftige farger kan fargevalg påvirkes. Flatene bør derfor være pastelfarget eller hvite. Av samme grunn bør personalets påkledning være nøytralt fargede.

### CRI indeks

Produsenter av lyspærer benytter et CRI tall (Color Rendering Index) for å

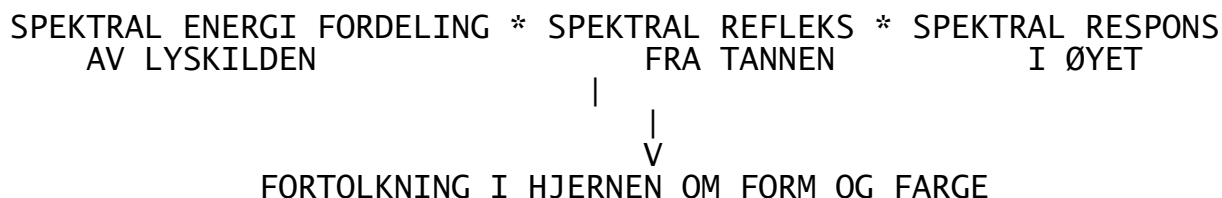
beskrive produktets evne til korrekt å gjengi farger. CRI indeksen i lyspærer benyttet i tannklinikker må være > 90. Denne indeks kan ikke oppnås i lys fra Halogenlamper (som benyttes i munnhulen). Imidlertid bør dette lyset ha CRI indeks > 70.

### Spektralkurve i lyset

Sollysets spektralkurve er konstant. Imidlertid vil lysstrålene gjennom atmosfæren bli endret. Vanligvis har lyset en fargetemperatur lik 5000 K. Ettermiddagslys har lavere K (rødere). Ved overskyet vær, eller tåke har lyset en fargetemperatur lik 7000-8000 K. Det er derfor diskutabelt om det konsekvent er mest korrekt å benytte dagslys ved uttak av farger.

### 9. Fargevalg

Et stimulus til hjernen om tannens form og farge er resultatet av et samspill av 3 faktorer:



Forutsetningen for at fargevalget blir korrekt er at klinikerens har kjennskap til faktorene som influerer på fortolkningen, det vil si persepsjonen av form og farge.

Fargevalget bør foretas før preparering begynner. Ved gaping over 5 min skjer det en uttørring i de anteriore tenner som vanskeliggjør korrekt fargevalg. Tennene blir da mer opake og lysere.

Både plast, farget glass og porselener utviser metamerisme. Fargevalg bør derfor prøves med ulike belysningskilder- f.eks dagslys, klinikkbelysning og halogenbelysning. Ta hensyn til pasientens yrke. Dersom pasienten oppholder seg mye utendørs bør effekten ved denne belysningskilden tillegges mest vekt (men ikke være avgjørende). Fargen som passer best i de ulike lystypene bør benyttes. Det er en fordel om flere personer kan komme med forslag. Benytt gjerne kontorassistenten. Kvinner har som regel bedre sans for farger enn menn.

Valg av hovedfarge på erstatningen bør skje etter følgende prosedyre:

1. Velg en farge i skalaen og hold den ved siden av tann.
2. Fikser øynene på en nøytral farge i 2- 3 sek. F.eks. kittelen eller en nøytralt farget serviett rundt pasientens hals. (Lys blå eller lys grå er ofte benyttet)
3. Sammenlign skala og tann i ikke lenger enn 5 sek. Registrer ditt førsteinntrykk. (For lys, mørk, grå osv)
4. Fikser øynene på den nøytrale fargen.
5. Gjenta pkt.3. Dersom fargen fortsatt ikke er korrekt gå videre til neste farge.

Forhåpentligvis ender tannlegen opp med 2-3 ulike basalfarger. Gjenta prosedyren, men denne gang sjekk for fargetone, fargemetning og gråtone. Dersom du til slutt ender opp med to alternativ-velg høyeste gråtone. En eventuell for høy valør kan endres med komplementærfargen uten at fargetonen endres.

Hvis fargen på en tann eller en tannerstatning er blitt for mørk kan den ikke korrigeres uten at overflaten blir maskert. Dersom den er for lys kan det subtraktive fargesystem med fordel benyttes. Dersom fargeintensiteten er korrekt kan tannens lages mørkere ved å legge på komplementærfargen. Hvis fargeintensiteten blir for svak korrigeres dette med originalfargen. Dersom svart/hvit blir benyttet for justering av gråtonen vil det riktignok bli en gråvariasjon, men tannen vil få et matt utseende.

## 10. Kommunikasjon med teknikker

Neste gang du besøker din tannteknikker forsøk å lese de ulike bestillingsordrene. Du vil bli slått av tannlegenes mangelfulle beskrivelse av hva som egentlig ønskes utført med hensyn til form og farge. Det er mulig dette er fordi tannleger i dag ikke er klar over de muligheter for form- og fargeeffekter en flink tannteknikker i dag kan fremkalle i et materiale som porselen. Den enkleste løsningen (som mange tannleger praktiserer), er å sende pasienten til tannteknikker. En nøyaktig prosedyre og beskrivelse av form og farge av en ønsket erstatning kan imidlertid forhindre et slikt ekstrabesøk. Et minstekrav til en nøyaktig beskrivelse er å benytte korrekt nomenklatur. Den odontologiske nomenklatur behersker vi; det nye er fargenomenklatur. De entydige begreper i Munsells fargesystem bør benyttes. Forhåpentligvis slipper da tanntekniker å tolke beskrivelser som:

"Biodent 21-men mørkere."

"Lumin A2. Noe lysere i kanten."

"Biodent 32. Ikke så gul." osv.

Som tidligere nevnt har de eksisterende fargeskalaer på markedet i dag enkelte uheldige egenskaper. Det beste ville derfor være å vedlegge utvalgte farge fra fargeskalaen. En form for bytte med tannteknikker burde være mulig slik at tannlegen ikke behøver å disponere mange fargeskalaer. Vær også oppmerksom på at enkelte fargeskalaer har kraftigere fargeintensitet cervicalt på modellene. Reflektert lys fra denne sonen vil gi hele modellen en kraftigere intensitet. Spesifiser derfor på bestilling om du benytter skala med eller farging cervicalt.

Et avtrykk av de anteriore tenner i okj og ukj hjelper ikke bare tanntekniker å fastslå artikulasjon. Incisal slitasje (ingen grålig translucent emalje incisalt skal legges på), trangstilling (grad av mørkere brunlig skygging approximant vurderes), overflatenes kurvaturer relatert til nabotennene og antagonistene, osv er eksempler som tekniker må ta hensyn til ved utforming av restaureringer. Ta det imidlertid ikke for gitt at teknikker korrigerer dette automatisk. Ut i fra en basalfarge følger tannteknikker en bestemt sammensetning av porselenspulver cervicalt, incisalt og opaker foreslått av porselensprodusenten. Fargene på en erstatning blir derfor oftest godt avstemt til hverandre, men vil ikke nødvendigvis alltid passe i pasientens munn. Beskriv derfor alltid ditt ønskede produkt tredimensjonalt (både formen og fargene) og så detaljert som mulig. Det er tannlegen som er ansvarlig for sluttproduktet. Unngå derfor den mulige friksjon som kan oppstå hvis "gale" produkter blir levert.

## 12. Konturering

Spesielle optiske effekter kan oppnås med små operative inngrep. Vertikale detaljer gir inntrykk av lange tenner. Lyse flater virker større enn mørke.

En lys buccalflate gir også inntrykk av anterior plassering av en tann.

## 11. Tannmorfologi

Detaljbeskrivelse:	Sentral	
	Lateral	
	Hjørnetann	OKJ
	Incisiv	
	Hjørnetann	UKJ

Utforming av kontaktpunkt  
Utforming av spylerom  
Buccale og proximale emaljesementgrense  
Vanlige utformingsfeil



### Referanseliste.

- Bangtson LK. The conversion of chromascan designation to CIE tristimulus values J Prosthet Dent 46 610 1982
- Barghi N. A study of various factors influencing the shade of bonded porcelain J Prosthet Dent 39 282 1978
- Barghi N. Color and glaze: Effects of repeated firing J Prosthet Dent 47 393 1982
- Barghi N. Effects of batch variation on shade of dental porcelain J Prosthet Dent 54(5) 625-627 1985
- Barna GJ. The influence of selected light intensities on color perception within the color range of natural teeth J Prosthet Dent 46(4) 450-453 1981
- Bazola FN Malone WF. Shade guide for vacuum-fired porcelain-gold crowns J Am Dent Assoc 74 114 1967
- Bergen SF. Dental operatory lighting and tooth color discrimination J Am Dent Assoc 94 130 1977
- Braze GW. An accurate method for obtaining an improved shade determination Quintess Dent Techn 7(1) 27-29 19
- Burgt van der TP. A new method for matching tooth colors with color standards J Dent Res 64(5) 837-841 1985
- Clark EB. An analysis of tooth color J Am Dent Assoc 18 2093-2103 1931
- Clark EB. The color problem in dentistry Dent Digest 9 571 1931
- Clark EB. Tooth color selection J Am Dent Assoc 20 1065-1073 1933
- Clark EB. The Clark tooth color system. Part 3 Dent Mag Oral Top 50 249-258 1933
- Clark EB. Selection of tooth color for the edentulous patient J Am Dent Assoc 35 787-793 1947
- Clark WD. The Clark tooth color system. Part 1 & 2 Dent Mag Oral Top 50 139-152 1933
- Clarke JJ. Measurement of colour in human teeth. In: McLean JW ed. Dental ceramics. Proceedings of the first international symposium on ceramics Chicago: Quintessence Publ Co 441-488 1983
- Cook WD. Optical properties of esthetic restorative materials and natural dentition J Biomed Mater Res 19 469-488 1985
- Culpepper WD. A comparative study of shade matching procedures J Prosthet Dent 24(2) 166-173 1970
- Dennison JB Powers JM Koran A. Color of dental restorative resins J Dent Res 57(4) 557-562 1978
- Eckes AE. Surface staining: the surest way to destroy translucency Quintess Dent Techn 1 25-26 1979
- Geller W. Dark and shadowed zones: An important aspect of the creative shading technique Quintess Dent Techn 7(8) 483-486 1983
- Goodkind RJ. A comparison of chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth J Prosthet Dent 53(1) 105-109 1985
- Hayashi T. Medical color standard. V. Tooth Crown Tokyo: Jap Color Res Inst. 1967
- Johns RB. An investigation into the lighting requirements for operative dentistry J Prosthet Dent 29 195 1973
- Johnston WM O'Brien WJ Tien TY. The determination of optical absorption and scattering in translucent porcelain. Color research and application New York. John Wiley & Sons. 1985
- Jorgenson MW Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings J Prosthet Dent 42(1) 96-105 1979
- Kato T. The current art of porcelain shades: A discussion Quintess Dent Techn 8(9) 559-571 1984
- Kessler JC. Chairside characterization of porcelain restorations Quintess Int 17(9) 551-555 1986
- Korson DL. The simulation of natural tooth colors in the ceramo-metal system with highly chromatinized dentin powders Quintess Dent Techn 9 453-456 1985
- Larson TD. Techniques for achieving realistic color distribution in large composite resin restorations J Am Dent Assoc 112 669-672 1986
- Lee JH. Dental esthetics Bristol: Jhn Wright & Sons Ltd. 1962
- Lemire PA Burk B. Color in dentistry Hartford: J.M Ney Comp. 1975
- Levin EI. Dental esthetics and the golden proportion Quintess Dent Techn 1 65-70 1980
- Lombardi RE. The principle of visual perception and their application to complete denture esthetics J Prosthet Dent 29(4) 358-382 1973
- McLean JW. The science and art of dental ceramics. Chicago: Quintessence Publ Co 1980
- Moser JB. Use of the Munsell system to compute color differences in composite resins J Dent Res 57:958-63 1978
- Moser JB. Color vision in dentistry: a survey J Am Dent Assoc 110 509-510 1985
- Muia PJ. The four dimensional tooth color system Chicago: Quintessence Publ Co 288 pp. 1982
- O'Brien WJ. Double layer color effects in porcelain systems J Dent Res 64(6) 940-943 1985
- Powers JM. Color stability of new composite restorative materials under accelerated aging J Dent Res 59 2071 1980
- Preston JD Bergen SF. Color science and dental art St Louis. C V Mosby Co. 1980
- Preston JD. Current status of shade selection and color matching Quintess Int 16(1) 47-58 1985
- Riley EJ Sanderson IR Sozio RB. Shade determination, communication, and realization: a novel approach Quintess

