

**Form og farge i
fronttannsettet.
Januarkurset 1987**

**Asbjørn Jokstad
Odontologisk institutt
for anatomi
Universitetet i Oslo
1987**



Introduksjon

Reproduksjon av naturlige tenner stiller store krav til utforming av morfologiske detaljer og kjennskap til fargeestetikk. Å oppnå et tilfredstillende resultat kan til tider bli en frustrerende oppgave for tannlegen (og tannteknikeren) og en skuffende opplevelse for pasienten.

Arsaken til denne uønskede situasjon er flerfoldig:

1. 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. Basalkunnskapene må benyttes for identifikasjon av detaljer, nøyaktig utforming av disse, samt korrekt tilpasning av restaureringen i forhold til resttannsettet.

2. Fargevalg er i praksis forbundet med mange problemer. Det naturlige tannsett utviser kompliserte optiske og fysiske 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 fysiske og psykologiske aspekter ved optimal reproduksjon av tannvev.

3. Dagens "tannfargede" materialer må tilfredsstille bestemte krav med hensyn til biokompatibilitet, fysiske egenskaper og fargebestandighet. Plast, kompositter, porselen og ulike sementer må derfor tilsettes ulike substanser og pigmenter før materialene kan benyttes som erstatning for naturlige tenner. Tannlegen bør være orientert om de ulike materialenes egenskaper med hensyn til (farge-)estetikk.

4. Til tross for at tannlegen oftest er fornøyd med vårt arbeid hender det at pasienten opplever tannerstatninger som "stygge". Vi må godta at enhver oppfatning om form og farge er en subjektiv opplevelse. På bakgrunn av våre kunnskaper om tenner, materialer og farger blir det imidlertid vår oppgave å forklare pasienten hvordan og hvorfor restaureringen ikke alltid svarer til (pasientens) forventninger.

Tannmorfologi

Detaljbeskrivelse: Sentral
Lateral
Hjørnetann OKJ
Incisiv
Hjørnetann UKJ

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

NOTATER:

Tannens oppbygning

Emalje: Retziuslinjer Perikymata
Hunter-Schreger linjer
Emaljelammeller

Dentin: Dentinkanaler
Emalje-dentingrensen

Pulpa: Sekundærdentin

NOTATER:

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 fargeprøvdruktter 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 "eigefarge". 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.

Fysikalsk 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

NOTATER:

Tekniske ord og uttrykk

Lysspredning

To former for lysspredning opptrer når lysstråler treffer atomer, molekyler eller andre små partikler som forstyrrer lysets gang: (Speil-)Refleksjon og Diffus refleksjon (Diffusjon). Det er lysspredning som gjør at alle ikke-lysende legemer blir synlige. Både lys og farger oppstår ved lysspredning fra et objekt.

Diffus refleksjon: Når partiklene er små fungerer de som små utstrålingssentra, og hvert partikkel sender lys i alle retninger. Spredning varierer med innfallslýsets bølgelengde. Blått lys spres mer enn rødt. Himmelen er derfor blåfarget fordi luftmolekylene i atmosfæren sprer den kortbølgede del av lyset mest.

(Dersom vanndråper oppstår i lufta spres sollyset likt for alle bølgelengder - vi får da et hvit/grålig inntrykk av himmelen..)

Speil refleksjon: Oppstår tilfeldig fra små partikler som opptrer som små "speil". Gjelder når partiklene er store i forhold til bølgelengden. Opptrer gjerne når atomene ligger i samme plan.

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° 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. Glanz er speilrefleks i en overflate i en bestemt retning. (Lustre er litt svakere speiling). Hvis refleks spres jevnt til alle retninger uansett innfallsvinkel beskrives overflaten som Matt.

Brytning

Hastigheten på elektromagnetiske bølger som går inn i materiale avtar etter energien og materialets sammensetning. Et uttrykk for hvor mye hastigheten senkes er brytningsindeksen med enheten n . For gjennomsiktige materialer er n alltid > 1 . For glass er $n = 1.5$, vann 1,33, diamant 2,48, sølv 0,18. Fenomenet kan observeres i en konsentrert lysstråle gjennom et krystall som endrer retning i forhold til innfallsvinkelen. Brytning oppstår i de aller fleste medier. Fargestoffer og pigmenter er små korn med forskjellig brytningsindeks fra matrisen. Antallet og størrelsen på kornene bestemmer materialets (farge-)optiske egenskaper.

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 innfallspekteret. Materialer kan numerisk klassifiseres etter deres absorptivitet.

Fluorescens

Uttrykket stammer opprinnelig fra CaF_2 (Flusspat) Lys av en spesielt spektral sammensetning. Dette er en form for Luminiscens av kortere varighet enn 1 μs . (Kalles fosforiscens dersom varighet mer enn 1 μs .). 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 (Transmittans) klassifiseres mediet som opakt eller translucent.

Translucent: Lysstråler slipper diffust igjennom eller Opakt: Lysstråler kan ikke passere. Numeriske uttrykk for hvor stor grad et materiale hindrer gjennomfallende lys er transmittans-koeffisienten eller optisk opasistet av materialet.

NOTATER:

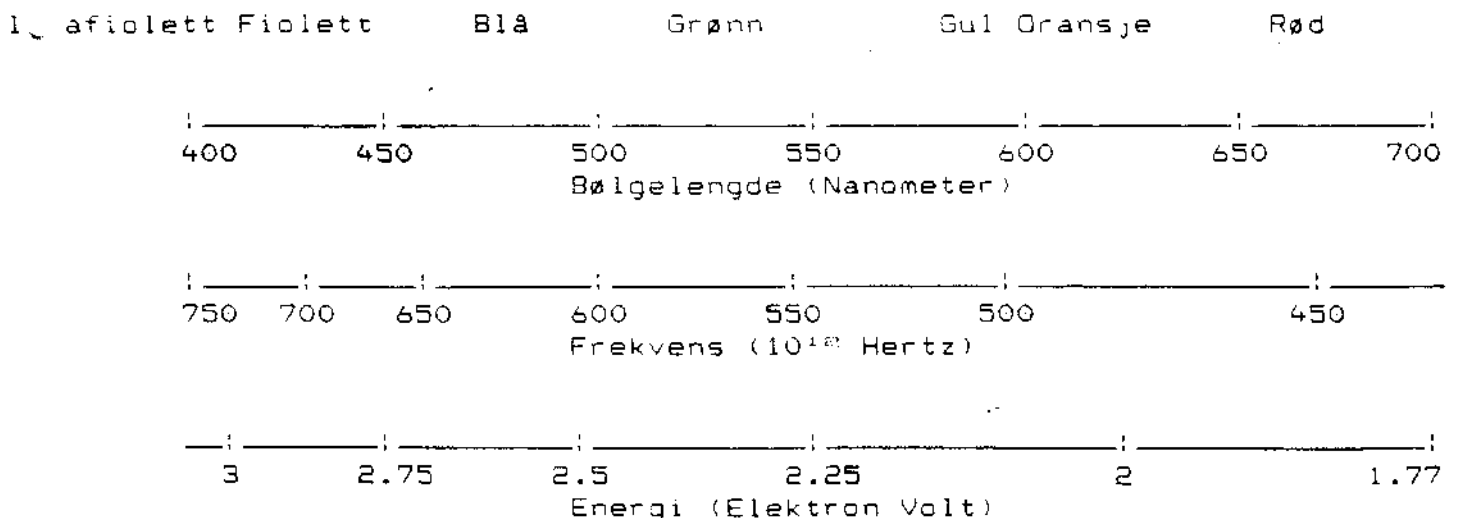
Hva er lys

Lys er en gruppe elektromagnetiske stråler/bølger - fotoner. Fotonene er bærere av energi. Fotonene har ulike energinivåer. Hver spektralfarge består av fotoner med et bestemt energinivå. Dersom en gruppe med fotoner treffer øyet tolkes dette av hjernen som "lys". En gruppe fotoner med ulike energinivå benevnes spektrum. Når fotoner med ulike energinivå treffer øyet samtidig opptrer en summasjon/ subtraksjonseffekt av de ulike nivå. Denne prosess betegnes Spektral Respons. Hjernen tolker summen som en "farge". Dersom antallet og energifordelingen av fotonene i stråler er den samme som i lysspekteret fra sola registreres ingen farge. Også spesielle kombinasjoner av fotoner med ulike energinivå oppfattes som hvit. Dersom antallet fotoner med ulike energinivå er fordelt annerledes oppfattes imidlertid lysstrålene som farget.

Alle lysstråler, både stråler direkte fra lyskilder eller stråler reflektert eller spredt av legemer, har en bestemt sammensetning av fotoner med ulike energinivå. Den relative andel fotoner ulike energinivå varierer, og strålen gir derfor inntrykk av "farge". En lysstråle kan derfor beskrives ved dens spektral energifordeling.

Alternative metoder å beskrive, måle eller uttrykke sammensetningen av lys(-fotoner) er som energi, (elektronvolt), eller som en liten bølge med en bestemt frekvens (10^{14} Hertz) eller bølglengde (nanometer).

Spektralområder:



Ved å beskrive lys og spektralfargene som energi er det kanskje lettere å forstå lysets natur. Energi kan ikke "forsvinne". Energi kan overføres fra masse til lys, varme osv. og omvendt. Når et foton (alt: elektromagnetisk stråle) treffer et legeme kan det skje en vekselvirkning i atomenes elektronskall. En eventuell vekselvirkning er avhengig av legemets kjemiske sammensetning, urenheter, struktur m.m. og fotonenes energinivåer i strålen. Fotoner (energier) kan enten spres eller absorberes. Dersom enkelte fotoner i en solstråle blir absorbert i et legeme f.eks. fotonene med høyt energinivå (blå område) vil de reflekterte stråler fra legemet inneholde fotoner med lavt energinivå (røde område). Mao. legemet oppfattes som "rødt". Fotoner med ulike energier spres ulikt (dvs hastigheten av fotonene er ulike) i alle materialer. Dersom det sendes en lysstråle gjennom et krystaller av bestemte materialer vil derfor fotonene med ulike energinivå spre seg ulikt -- det oppstår et fargespektrum.

Dersom det til et materiale tilsettes små korn av et annet materiale (pigmenter) vil fotonene brytes ulikt av disse. Avhengig av enten mengden, størrelsen eller sammensetningen av pigmentene kan derfor fargen endres på det opprinnelige materialet.

Graden av spredning og absorpsjon fra et bestemt legeme vil variere etter strålens sammensetning av fotoner. Benyttet benevnelse er Spektral Refleks.

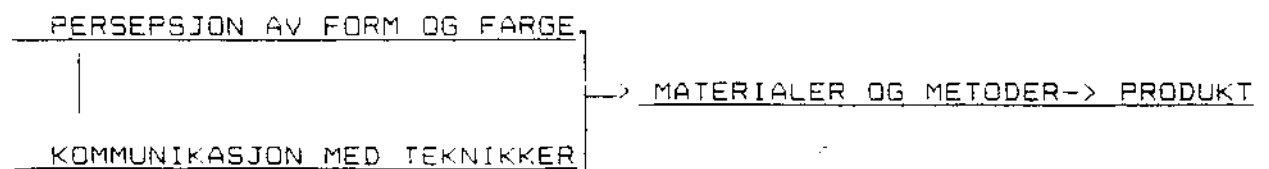
Et stimulus om form og farge av et legeme fra øyet til hjernen er derfor resultatet av et samspill av 3 faktorer:

SPEKTRAL ENERGI FORDELING * SPEKTRAL REFLEKS * SPEKTRAL RESPONS



STIMULUS OM FORM OG FARGE AV ET LEGEME

Korrekt fortolkning av dette stimulus (visuell persepsjon), presis informasjonsoverføring til tannteknikker, samt hans, eller egne, manuelle ferdigheter med korrekte materialer er forutsetningene for estetisk vellykkede restaureringer.



Spektral energifordeling fra lyskilder

Ikke lysende legemer (Svarte legemer) kan ved tilstrekkelig tilførsel av energi avgi noe energi i form av elektromagnetisk bølger (fotoner). Den spektral 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 blinding 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 fargeutvelgelse. 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 klinikkemøbler. 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.

NOTATER:

Spektral refleks og transmisjon

Når en lystråle treffer et objekt vil et eller flere fenomener opptre:

Noe lys spres

 Noe lys reflekteres

 Noe lys brytes

 Noe lys transmitteres

Noe lys 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.

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 belysninger 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 en hvilken vinkel legemet studeres.

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. $\text{Farge} = aA + bB + cC$. (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. Transluente 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 benyttes atlas eller filtre av typen Ostwald eller Munsell system. Denne prosedyrene blir analog med sammenlikningsmetoder med benyttede guider levert fra produsentene av restaureringsmaterialer. Det stilles krav til at slike guider/skalaer er logisk oppbygd og at forskjellene innbyrdes er adekvate.

Munsells beskrivelse av Fargekvalitet

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

Fargemetning: (Fargens intensitet) Kan også forklares som en skala av innblanding av andre farger. Desto gråere farge desto lavere tall. En ren spektralfarge har 100 % metning. En helt hvit flate har 0 % metning.

Eng: Chroma

Valør (Lyshetsgrad): (Gråskala). Gradert skala fra 0 til 10. Lyshetsmengde i forhold til en hvit flate. Hvit er 10; svart er 0. Den gråtone 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 høy valør.

Hver farge kan beskrives i Munsell systemet med 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 transluente farger. De 3 faktorer for bestemmelse av en farge kan plasseres i en 3-dimensjonal skala. Denne kan ha form av et fargetre, fargekule eller kurvet fargetetraeder.

Egnet programvare i en datamaskin kan transformere verdiene fra spektrofotometriske målinger til CIE-tall og/eller Munsell verdier. (Men ikke omvendt!)
 En kombinasjon av disse to målesystemer, benyttet i odontologisk litteratur, er CIELAB systemet. (1978)

Applikasjon av teori i klinikk

Tann

De optisk-fysikalske problemer forbundet med erstatning av tannvev har vært et problem i alle år. Allerede i 1931 skrev den amerikanske tannlegen Bruce Clark boka "The color problem in dentistry". Tidligere ble det innsamlet data om tannfarger ved hjelp av et spektrofotometer og ekstraherte tenner. Fargen er imidlertid kun en involvert faktor for estetisk vellykkede reproduisering av tannvev. Kun i de senere år har det vært mulig ved hjelp av avansert måleutstyr å studere lysets interaksjoner (og farger) mer inngående på tenner in vivo.

Form og farge på tennene fremtrer etter kompliserte interaksjoner av optiske og fysikalske fenomener. Vi vet ikke eksakt hvilket faktor som er viktigst, eller om vi i det hele tatt har kartlagt alle optiske fenomener involvert. Vi vet heller ikke i detalj i hvor stor grad emalje, dentin, pulpa, gingiva eller mucosa isolert sett, bidrar til et spekter. Pr. idag finnes det derfor ikke et akseptabelt fargemålesystem av tenner. Det finnes heller ikke kjente undersøkelser som har korrelert tannfargedata med demografisk data. (alder, kjønn, medisin, mat osv.). Lysets interaksjon med tennene er et samspill av :

Morfologi

Irregulær overflate. Geometrisk fasong.

Refleksjon fra:

Overflate komponenter

Glans

Diffus refleksjon

Dype komponenter: Fargede elementer eller deffekter i krystallgitter eller struktur. Inhomogenitet.

Lysbrytning

Lysspredning

Translucens / opasitet Optisk tetthet

Lysabsorpsjon

Selektiv absorpsjon

Fluorescens

Misfarginger

De vanligste misfarginger på tenner er forårsaket av:

A. Dentinogenesis Imperfecta. Tannen er relativt normal ved erupsjon. Etterhvert blir tennene mer og mer translucent,

- 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. Gul- rødlig eller brune.
 Hypomineraliserte: Kan være alt fra kalkhvite, gul, rød, svart Emaljen kan etterhvert skalle av.
- C. Toksiske forstyrrelser under tannbildningen:
 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.
- E. Ulike blødersykdommer (Gjelder primært melketenner)
 F. Lokal Trauma/eller infeksjoner
 G. Opasiteter av andre (ukjente) årsaker. Særlig fremkommet pga sykelige tilstander i barnealderen.

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.

Fargeskala

Pr. idag finnes det ikke noen brukbare fargeskala systemer. 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.

Tannleger bør være klar over en del alvorlige mangler ved dagens fargeguider:

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 presumptivt identiske fargeguider (fra samme leverandør) utviser variasjoner av spektrene.
3. Materialet benyttet i de ulike tannskalaer er sjeldent identisk med restaureringsmaterialet. Som regel benyttes glass a 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 guider beregnet for

porselensarbeid.

4. Ofte trengs opake materialer for å skjule defekter, misfarging eller metaller. Dette medfører at det ofte må benyttes unødvendige tykke lag av det translucente materialet for å maskere den opake del. Det bringes derved inn variable som er vanskelige å kontrollere klinisk.

NOTATER:

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 fargespektre. 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. Denne sonen deler spekteret i to farger.

Normalt befinner det gule området seg fra 575-595 nm. For de rød-grønne fargeblinde er dette utvidet til 520-700 (deutaner) og 500-600 (protaner). Gult og blått vil for begge kategorier framtre som kraftige farger. Dette 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.

Applikasjon av teori i klinikk

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.

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 opp til 15 sek. Valg av hovedfarge på erstatningen bør derfor 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.

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.

NOTATER:

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. treddimensjonal 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 sanseintrykk av elektromagnetiske bølgelengder. Persepsjon av lyd er bestemt av: 1. Sammenstillingen 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. Man snakker om "varme", "kalde", "mette" farger osv. Fargeestetikk og kunstterminologi faller imidlertid litt utenfor vårt fagområde.

Applikasjon av teori i klinikk

De aller fleste tannleger tenker ikke tredimensjonalt når form og farge på en tann analyseres, samt tredimensjonalt når én farge analyseres. Det er viktig å vite hva tannlegen skal se etter ! I en amerikansk undersøkelse blir det fastslått at tannleger med lang erfaring ikke nødvendigvis velger "korrekt" farge oftere enn yngre kollegaer. En forklaring kan være at tannleger oftest ikke har faste prosedyrer eller eliminasjonsmetoder ved fargeuttak i klinikken.

Kommunikasjon med teknikker

Hvis vi neste gang vi besøker vår tannteknikker får lese de ulike bestillingsordrene blir en slått av tannlegers 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 forhindre et slikt ekstrabesøk av pasienten. Et minstekrav til en slik 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 er 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 teknikker 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.

Materialer og metoderForm:

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.

Fargevalg:

Fargevalg bør foretas før preparering begynner. Ved gaping over 5 min skjer det en uttørring i de anteriore tenner. Dette vanskeliggjør korrekt fargevalg.

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.

Farge:

Det subtraktive fargesystem kan med fordel benyttes ved plast og porselensteknikker. Gråtoner justeres ned (lager tannen mørkere) med komplementærfargen uten at fargeintensiteten forsvinner. Hvis intensiteten blir gal kan dette korrigeres med originalfargen. Dersom svart/hvit blir benyttet for justering av gråtonen vil det riktignok bli en gråvariasjon, men tannen vil få et matt utseende.

NOTATER:

Fremtid

Spesielt innen protetikkk ønskes forbedrede optiske kvaliteter av restaureringer uten reduksjon av de andre kravene til biokompatibilitet og fysikalske egenskaper. Noe av det siste på markedet er støpte (hel)porcelenskroner. Her benyttes en teknikk med overflatefarging av kroner i stedet for ulike pulverfarger. Fremtiden vil vise om denne "malingen" vil tåle abrasjon, attrisjon og erosjonen i munnhulen over lengre tidsrom.

Fargemålinger av tenner i fremtiden kan skje ved hjelp av en intraoral sonde tilknyttet en mikroprosessor som måler verdier av refleksspekter. Et egnet softwareprogram vil kunne endre måleverdiene til en tredimensjonal (4 dimensjonal) verdi på de ulike tennene. Eventuell korrigerings for spekter fra gingiva og mucosa kan utføres automatisk. 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.

Tilsvarende verdier for tannfargede materialer kan også måles og lagres i en datamaskin. Et egnet software program vil dermed kunne finne direkte det optimale materialet med hensyn til farge.

Softwareprogramet bør også kunne foreslå doseringer av fargetilsetninger (både komplementære og originalfarger) for de som kun ønsker å benytte et eller noen få restaureringsmaterialer. To utgangspunkt for "fargeformlene" er mulige: Materialet uten noen fargetilsetninger, eller fra nærmeste alternativ til ønskede farge.

En videreutvikling av konseptet er at datamaskinen kommuniserer direkte med en eller form for apparatur som automatisk kan blande de korrekte fargekomponentene inn i materialet.

Teoretisk skulle noen av alternativene være mulig å utføre i dag. Innen få år antas utstyret være kommersielt tilgjengelig.

Referanseliste.
Form og farge i fronttannsettet

- ington L.K Goodkind R.J.The conversion of chromascan designation to CIE tristimulus values J Prosthet Dent 46 610 1982
- irghi N Goldberg J.Porcelain shade stability after repeated firings J Prosthet Dent 37 173 1977
- irghi N Richardson J.T.A study of various factors influencing the shade of bonded porcelain J Prosthet Dent 39 282 1978
- irghi N.Color and glaze: Effects of repeated firing J Prosthet Dent 47 393 1982
- irghi N Lorenzana R.E.Optimum thickness of opaque and body porcelain J Prosthet Dent 48 429 1982
- irghi N Pedrero J.A Bosch R.R.Effects of batch variation on shade of dental porcelain J Prosthet Dent 54(5) 625-627 1985
- irna G.J Taylor J.W King G.E Pelleu Jr G.B The influence of selected light intensities on color perception within the color range of natural teeth J Prosthet Dent 46(4) 450-453 1981
- izola F.M Malone W.F.Shade guide for vacuum-fired porcelain-gold crowns J Am Dent Assoc 74 114 1967
- ronson S.F McCasland J.Dental operatory lighting and tooth color discrimination J Am dent Assoc 94 130 1977
- ry R.P.The art of ceramic sculpturing Part IV Quintess Dent Technol 5/79 29-36 1979
- rymann H.Esthetic possibilities in color layer deposition and the design of ceramo-metallic crowns and bridges Part II Quintess Dent Technol 8/82 673-680 1982
- rymann H.Esthetic possibilities in color layer deposition and the design of ceramo-metallic crowns and bridges Part I Quintess Dent Technol 7(8) 575-579 1982
- rymann H.Esthetic possibilities in color layer deposition and the design of ceramo-metallic crowns and bridges Part III Quintess Dent Technol 13(9) 759-764 1982
- ze G.W.An accurate method for obtaining an improved shade determination Quintess Dent technol 7(1) 27-29 19
- rgt van der T.P Plasschaert A.J.Tooth discoloration induced by dental materials Oral Surg 60(6) 666-669 1985
- rgt van der T.P Bosch ten J.J Borsboom P.C Plasschaert A.J A new method for matching tooth colors with color standards J Dent Res 64(5) 837-841 1985
- lamia J.R.Etched porcelain veneers:the current state of the art Quintess Int 16(1) 5-12 1985
- ark E.B.An analysis of tooth color J Am Dent Assoc 18 2093-2103 1931
- ark E.B.The color problem in dentistry Dent Digest 9 571 1931
- ark E.B.Tooth color selection J Am Dent Assoc 20 1065-1073 1933
- ark E.B.The Clark tooth color system. Part 3 Dent Mag Oral Top 50 249-258 1933
- ark E.B.Selection of tooth color for the edentulous patient J Am Dent Assoc 35 787-793 1947
- ark W.D.The Clark tooth color system.Part 1 & 2 Dent Mag Oral Top 50 139-152 1933
- ark J.J.Measurement of colour in human teeth.in:McLean JW ed. Dental ceramics.Proceedings of the first international symposium on dental ceramics Chicago: Quintessence Publ Co 441-480 1983
- ark J.The development and application of a shoulder porcelain for VMK metal-ceramics Dental Magazin.1984
- ayson J.F.Opaquing of ceramic substructures Quintess Dent Technol 3/81 263 1981
- enor R.J Denehy G.E.Personalizing the porcelain fused to metal restoration Quintess Int 12(9) 905-913 1981
- ok W.D MxArce D.C.Optical properties of esthetic restorative materials and natural dentition J Biomed Mater Res 19 469-488 1985
- pepper W.D.A comparative study of shade matching procedures J Prosthet Dent 24(2) 166-173 1970
- yan D Heifferman A Gorski M Begleiter A Tooth discoloration-extrinsic and intrinsic factors Quintess Int 14(2) 195-199 1983
- innison J.B Powers J.M Koran A.Color of dental restorative resins J Dent Res 57(4) 557-562 1978
- kes A.E.Surface staining: the surest way to destroy a crowns translucency Quintess Dent Technol 1 25-26 1979 Exposito E Poulos A.How to maintain shades in thin porcelain crowns Quintess Dent Technol 9/78 35-36 1978
- rracane J.L Moser J.B Greener E.H.Ultraviolet light-induced yellowing of dental restorative resins J Prosthet Dent 54(4) 483-487 1985
- raunhofer von J.A Davies E.H.The effect of surface finish and ultraviolet light on the color of restorative dental materials Israel J Dent Med 22 8-12 1973
- riedman M.Staining and shade control of dental ceramics Part 1 Quintess Dent Technol 9/81 883-885 1981
- riedman M.Staining and shade control of dental ceramics Part 2 Quintess Dent Technol 10/82 987-992 1981
- riedman M.Staining and shade control of dental ceramics Part 3 Quintess Dent Technol 1/82 49-57 1982
- rkuda K Takemura K Iwasaki T Takiuchi H Color of composite restorative resins. Jap J Conservative Dent 14 30-35 1971
- eller W.Dark and shadowed zones: An important aspect of the creative shading technique Quintess Dent Technol 7(8) 483-486 1983
- ttlesman L Herzberg T.W Webber R.L Moffa J.P The effect of metal surface treatment on masking power of opaque porcelain.in Yamada HN ed: Dental porcelain.The state of the art Los Angeles. Univ.Southern Calif pp 358 1977
- odkind R.J Keenan K.M Schwabacher W.B.A comparison of chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth J Prosthet Dent 53(1) 105-109 1985
- anger R.G.Esthetics in porcelain-veneered fixed prostheses J Prosthet Dent 32 534 1974

- ichiya Y Iwaku M Hosoda H Fusayama T Relation of finish to discoloration of composite resins J Prosthet Dent 52 611-614 1984
- Iyashi T. Medical color standard. V. Tooth Crown Tokyo: Jap Color Res Inst. 1967
- Jirschhorn L. New opaque and stain techniques for esthetic restorations Quintess Dent Technol 5/79 53-56 1979
- Jorn R Stuck J. Guidelines for individual set-up of anterior teeth Quintess Dent Technol 2/81 117-123 1981
- Jawa S. The enamel sloping porcelain technique based on enamel shade distribution Quintess Dent Technol 10(3) 159-167 1986
- Johns R. B Boyd E. G. An investigation into the lighting requirements for operative dentistry J Prosthet Dent 29 195 1973
- Johnston W. M O'Brien W. J Tien T. Y. The determination of optical absorption and scattering in translucent porcelain. Color research and application New York, John Wiley & Sons. 1985
- Jorgenson M. W Goodkind R. J. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings J Prosthet Dent 42(1) 96-105 1979
- Ito T Kuwata M Tamura K Yamamoto M The current art of porcelain shades: A discussion Quintess Dent Technol 8(9) 559-571 1984
- Jessier J. C Willer R. D Wilson E. L. Chairside characterization of porcelain restorations Quintess Int 17(9) 551-555 1986
- Jerson D. L. The simulation of natural tooth colors in the ceramo-metal system with highly chromatinized dentin powders Quintess Dent Technol 9 453-456 1985
- Jordan P. Cosmetic correction with jacket crowns Br Dent J 129 378 1970
- Jordan M. Coordination of opaque color Quintess Dent Technol 1 39-41 1981
- Jordan T. D. Techniques for achieving realistic color distribution in large composite resin restorations J Am Dent Assoc 112 669-672 1986
- Johnson J. H. Dental esthetics Bristol: John Wright & Sons Ltd. 1962
- Johnson P. A Burk B. Color in dentistry Hartford: J. M Ney Comp. 1975
- Johnson E. I. Dental esthetics and the golden proportion Quintess Dent Technol 1 65-70 1980
- Jossio J. J. Color selection through comparisons between natural teeth, shade guide teeth and samples of an acrylic resin, done by obs. in diff. illumination and by colorimetr. Rev Fac Odontol Sao Paulo 16 45-59 1978
- Joubardi R. E. The principle of visual perception and their application to complete denture esthetics J Prosthet Dent 29(4) 358-382 1973
- Jungnussen H. M. Infring i bruk av det subtraktive fargesystem. 58-63
- Lean J. W. The building of color in depth in veneer porcelains Part I & II Quintess Dent Technol 8/79 33-40 1979
- Lean J. W. The science and art of dental ceramics. Monograph III. Aesthetics of dental porcelain Chicago: Quintessence Publ Co 1980
- Lean J. W. Dental ceramics proceedings of the first international symposium on ceramics Chicago: Quintessence Publ Co pp. 541 1983
- Yagawa Y Powers J. M O'Brien W. J. Optical properties of direct restorative materials J Dent Res 60(5) 890-894 1981
- Yagawa Y Powers J. M. Prediction of color of an esthetic restorative material J Dent Res 62(5) 581-584 1983
- Netti L. Simplified shade selection with custom shade guides Gen Dent 32 422-423 1984
- Neser J. B Wozniak W. T Muller T. P Moore B. K Use of the Munsell system to compute color differences in composite resins J Dent Res 57(11) 8-963 1978
- Neser J. B Wozniak W. T Naleway C. A Ayer W. A Color vision in dentistry: a survey J Am Dent Assoc 110 509-510 1985
- Nutall P. J. The four dimensional tooth color system Chicago: Quintessence Publ Co 288 pp. 1982
- Palmer W. J Nelson D Lorey R. E. The assessment of chroma sensitivity to porcelain pigments J Prosthet Dent 49 63 1983
- O'Brien W. J Johnston W. M Fanian F. Double layer color effects in porcelain systems J Dent Res 64(6) 940-943 1985
- Oregon A Goodkind R. J Hwabacher W. B. Effects of opaque and porcelain surface texture on the color of ceramometal restorations J Prosthet Dent 46 330 1979
- Owers J. M Dennison J. B Lepeak P. J. Parameters that affect the color of direct restorative resins J Dent Res 57(9) 876-880 1978
- Owers J. M Dennison J. B Koran A. Color stability of restorative resins under accelerated aging J Dent Res 57(11) 964-970 1978
- Owers J. M Fan P. L Raptis C. M. Color stability of new composite restorative materials under accelerated aging J Dent Res 59(12) 2071 1980
- Perston J. D Bergen S. F. Color science and dental art St Louis. C V Mosby Co. 1980
- Perston J. D. Current status of shade selection and color matching Quintess Int 16(1) 47-58 1985
- Petry E. J Sozio R. B Andur B. H Sanderson I. R Color visualization during porcelain buildup using an organic liquid binder Quintess Dent Technol 9(10) 637-641 1985
- Petry E. J Sanderson I. R Sozio R. B. Shade determination, communication, and realization: a novel approach Quintess Int 17(11) 739-744 1986
- Pinn L. A. Applied color theory in metal ceramics Quintess Dent Technol 10(9) 561-569 1986
- RI. Dental operationsbelysning. Dentalbelysning allmänna synpunkter Stockholm: SPRI 55104 1970
- Rehel H. The color of teeth Rev Odontostomatol 3 91-92 1974
- Rehel H. Dimensions and color vision Rev Odontostomatol 3 95-101 1974
- Reid P. S. A custom staining technique for natural-looking ceramic restorations US Navy Med 68(4) 21-23 1977
- Rhartz R. S Duke E. S Haney S. E Herbold E. T Evaluation of a custom porcelain-fused-to-metal shade guide Quintess Int 17(3) 181-184 1986
- Rhigi R. R Johnston W. M O'Brien W. J. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems J Prosthet Dent 56(1) 40 1986
- Rowell J. L Johnston W. M Swartz R. G. Color comparisons of denture teeth and shade guides J Prosthet Dent 56(1) 31-34 1986
- Ruppelle III C. H. Factors that affect shade interpretation in the operator and laboratory. Part I Quintess Dent Technol 8/80 77-82 1980
- Ruppelle III C. H. Factors that affect shade interpretation in the operator and laboratory. Part II Quintess Dent Technol 11(9) 79-82 1980

- Apple III C.H. Light rays and their influence on color in dentistry Quintess Dent Technol 3/80 65-68 1980
- Bitzer D Bosch ten J.J. The absorption and scattering of light in bovine and human enamel Calcif Tissue Res 17 129 1975
- Broull R.C. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color J Prosthet Dent 29(4) 416-424 1973
- Broull R.C. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color J Prosthet Dent 29(5) 556-566 1973
- Broull R.C. Color matching in dentistry. Part III Color control J Prosthet Dent 31(2) 146-155 1974
- Stanford W.B Fan P.L Wozniak W.T Stanford J.W Effect of finishing on color and gloss of composites with different fillers J Am Dent Assoc 110 211-213 1985
- Stepston J.H Miller A.W. Esthetic matching J Prosthet Dent 54(5) 623-625 1985
- Suchiya K.A colorimetric study of anterior teeth. Shikwa Gaku 73 87-120 1973
- Trohl J. Dental operating lights and illumination of the dental surgery Int Dent J 29(2) 146-163 1979
- Ulmer B. New ceramic colors Quintess Dent Technol 2/78 51-52 1978
- Ulmer R. Color in the human dentition Jelenko Thermostat Technician pp.20 1977
- Ulmer S. Staining porcelain veneer restorations J Prosthet Dent 44(6) 670-672 1980
- Ulmer S.L. Shade modification of porcelain restorations J prosthet Dent 37(4) 466-468 1977
- Ulmer W.T Moore B.K. Luminescence spectra of dental porcelains J Dent Res 57(11) 971-974 1978
- Ulmer W.H.N Grenoble P.B. Dental porcelain. The state of the art. Los Angeles: Univ South Calif Pp 325 1977
- Ulmer J.L Powers J.M Miyagawa Y. Color of selected shades of composites by reflection spectrophotometry J Dent Res 61(10) 1176-1179 1982
- Ulmer C.L Miyagawa Y Powers J.M. Optical properties of composites of selected shades J Dent Res 61(6) 797-801 1982 Zimmerman B. Tooth histology applied to dental ceramics Quintess Dent Technol 10(7) 435-438 1986
- Zimmerman A Rohira J Hawran S. Using modifiers to expand the porcelain palette Quintess Dent Technol 2/81 155-160 1981

Farge-testskjema

1. Observer platene 75 cm. fra øynene vinkelrett på synslinjen.
2. Observasjonstid er 3 sek. pr. plate
3. Tallene varierer mellom 1 og 99.
Noen plater har ikke tall.
4. Skriv tallet nederst på dette skjema.
5. Benytt platene 1 til 25.
6. Skriv et 4 sifret tall (som du bør huske for egenkontroll)

Nr: _____

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25