

HOVEDBUDSKAP

- God kunnskap om dental zirkonia er viktig for å gjøre gode materialvalg
- I dag er både farge- og styrkesjiktet zirkonia tilgjengelig på det norske markedet
- Translusens og bruddstyrke varierer med yttriinnhold
- Produsentene bruker forskjellige innfargingsstrategier

FORFATTERE

Freya S. Andersen, ingeniør, siv. ing. Nordisk institutt for odontologiske materialer (NIOM)

Amund Ruud, forsker, ph.d. Nordisk institutt for odontologiske materialer (NIOM)

Korresponderende forfatter: Amund Ruud, e-post: amund.ruud@niom.no

Akseptert for publisering 19.03.2022

Artikkelen er fagfellevurdert

Andersen FS, Ruud A. Multilagszirkonia – optiske og mekaniske egenskaper. Nor Tannlegeforen Tid. 2022; 132: 436–40.

Norsk MeSH: Odontologiske materialer; Keramer; Farge; Bruddstyrke

Multilagszirkonia – optiske og mekaniske egenskaper

Freya S. Andersen og Amund Ruud

Zirkonia (ZrO_2) utgjør i dag en betydelig andel av markedet for fast protetik i Norge. Stadig kommer nye typer zirkonia på det dentale markedet. Kommersielle aktører reklamerer med uttrykk som «high translucent», «super translucent», og «ultra translucent», men hva ligger bak disse utsagnene? I denne artikkelen beskriver vi to typer sjiktet zirkonia: fargesjiktet og styrkesjiktet. Vi drøfter de grunnleggende forskjellene mellom disse to typene og hvordan dette påvirker farge, translusens og mekaniske egenskaper. Det kan gjøre det enklere å orientere seg i dagens marked. Vi testet et utvalg av kommersielt tilgjengelig zirkoniaprodukter med hensyn på translusens, farge og bruddstyrke. Det var generelt god overenstemmelse mellom oppgitte bruddstyrkeverdier fra produsentene og det vi fant. Det var en forskjell i gultone mellom produsentene med samme oppgitte farge basert på Vitaskalaen.

Tabell 1. Produsenter, produkter, farge, yttriinnhold, antall sjikt og bruddstyrke. Data rapportert av produsentene

Produsent	Produkt	Farge	Y ₂ O ₃ i ZrO ₂ (mol%)	Antall sjikt	Bruddstyrke (MPa)
DentalDirekt (DD)	Cube ONE multi-layer (ML)	C2	4Y	5	>1250
DentalDirekt (DD)	Cube X ² multi-layer (ML)	C2	5Y	5	750
Kuraray Katana (KK)	Super translucent multi-layer (STML)	C2	4Y	4	750
Kuraray Katana (KK)	Ultra translucent multi-layer (UTML)	C2	5Y	4	550
Whitepeaks (WP)	Copra (C) Smile Symphony	C2	5Y	5	600
Whitepeaks (WP)	Copra (C) Supreme Hyperion	C2	Gradert	5	600–1100

Zirkonia (ZrO₂ – zirkoniumdioksid) har i dag tatt over store deler av markedet for fast protetik (1). Selv om zirkonia har vært tilgjengelig til dental bruk i flere tiår er dette produktet i stadig utvikling. Det kan være krevende for både tannteknikere og tannleger å holde tritt med alle produktene. Salgsord som «high translucent», «super translucent» og «ultra translucent» brukes i stor grad av hele bransjen for å beskrive de optiske egenskapene til dagens zirkonia. Denne ordbruken kan være en kilde til forvirring og gjør det vanskelig å skille produkter og produsenter fra hverandre. Ved å se på de grunnleggende egenskapene til zirkonia er det likevel mulig å forenkle en god del. I denne artikkelen beskriver vi noen av de vanligste typene zirkonia. Vi presenterer også egne resultater på bruddstyrke og optiske egenskaper til utvalgte nyere typer zirkonia som er tilgjengelig i dag.

All dental zirkonia er egentlig yttriadopet zirkonia. Det vil si at det er tilsatt en liten andel yttria (Y₂O₃ – yttriumoksid): 3 mol%, 4 mol % eller 5 mol % yttria i zirkonia (Y₂O₃ i ZrO₂), ofte omtalt som 3Y, 4Y og 5Y zirkonia (2). Vi kommer til å fortsette å omtale dette materialet som zirkonia, underforstått at det er yttriadopet. Tilsetningen av yttria bidrar positivt til både de mekaniske og optiske egenskapene til zirkonia. Disse egenskapene varierer når yttriinnholdet endres (figur 1C). 3Y zirkonia har den høyeste bruddstyrken, men lavest translusens. Derfor brukes 3Y til store konstruksjoner posteriort. Ved å øke andelen yttria til 5Y reduseres bruddstyrken fra rundt 1500 megapascal (MPa) for 3Y til rundt 600 MPa for 5Y, samtidig som translusensen øker. 5Y anbefales av produsentene til anteriore restaureringer. 4Y, som ligger imellom 3Y og 5Y med tanke på både mekaniske og optiske egenskaper, brukes blant annet til tre-ledds broer. I tillegg til yttria tilsettes også ofte en liten andel aluminiumoksid (Al₂O₃) som bidrar til økt styrke, redusert degradering ved lav temperatur, redusert translusens samt at det reduserer sintringstiden (3). Al₂O₃ brukes i relativt små mengder, eksempelvis fra 0,15 vektprosent (vt%) til 0,25 vt% i 3Y, og 0,05 vt% eller lavere i 5Y.

Beskrivelsen av 3Y, 4Y, og 5Y over er gjeldene for det store flertallet av tilgjengelige zirkoniaprodukter. Dette bildet har blitt noe

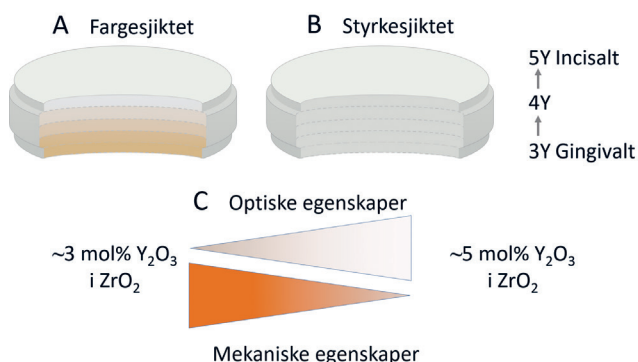
mer komplekst de siste årene med introduksjonen av sjiktet zirkonia, «multi-layer zirkonia». Særlig er det forvirrende at uttrykket «multi-layer» brukes til å beskrive to forskjellige produkttyper: fargesjiktet og styrkesjiktet zirkonia samt kombinasjonen av disse to.

Fargesjiktet zirkonia omhandler innfarging med pigmenter, eksempelvis med erbiumoksid, jernoksid eller manganoksid (henholdsvis Er₂O₃, Fe₂O₃, MnO₂). Fargesjiktet zirkonia har varierende farge igjennom materialet (se eksempel i figur 1A), der sluttproduktet, eksempelvis en krone, er noe mørkere gingivalt og lysere incisalt. Blokkene leveres ferdig innfarget fra produsentene til tannteknikere og tannlege før de freses ut og sintres. Farge velges vanligvis fra den klassiske VITA fargeskalaen (A1–D4). Det er underforstått at den oppgitte fargen på produktet (for eksempel A3), er fargen i nedre del av blokken, mens fargen blir lysere oppover i blokken (figur 1A). Overført til en ferdig produsert monolittisk krone betyr dette at den oppgitte fargen (fra produsenten) er i det gingivale området, og blir lysere mot det incisale området.

Fargesjiktet zirkonia har samme yttriinnhold igjennom hele materialet. Informasjon fra produsentene tilsier at det ikke er noen forskjell i styrke mellom sjiktene. Noen produsenter rapporterer derimot en viss forskjell i bruddstyrke for fargesjiktet zirkonia sammenlignet med ufarget. Fargesjiktet zirkonia velges på samme måte som ufarget zirkonia, der type restaurering og krav til styrke legges til grunn. Fra dette velger man da produkter med enten 3Y, 4Y eller 5Y.

Styrkesjiktet zirkonia har varierende styrke igjennom materialet (figur 1B). Gingivalt i blokken er yttriinnholdet lavere, eksempelvis 3Y, med høyere bruddstyrke og lavere translusens. Incisalt i blokken øker yttriakonsentrasjonen til rundt 5Y, der bruddstyrken blir lavere og translusensen høyere. For en ferdig produsert monolittisk krone tilsier dette at det er høyere styrke gingivalt (lavere yttriinnhold), mens det okklusalt eller incisalt er lavere bruddstyrke til fordel for høyere translusens (høyere yttriinnhold). Det er viktig å poengtere at styrkegradert zirkonia som oftest også er fargesjiktet.

Antall sjikt og tykkelsen på hvert sjikt varierer mellom produkter og produsenter. Dette gjelder både farge- og styrkesjiktet zirkonia.



Figur 1. Illustrasjon av en fargesjiktet (A) og styrkesjiktet (B) zirkoniablokk. Fargegraderingen går fra mørkere farger (gingivalt/nederst) til lysere farger (incisalt/øverst). Styrkesjiktet blokk har lavere yttriainnhold og høyere styrke gingivalt til høyere yttriainnhold og lavere styrke incisalt. De gitte yttriakonsentrasjonene (3Y tilsvarer 3 mol % Y_2O_3 i ZrO_2) er eksempler, da yttriakonsentrasjonene som brukes kan variere mellom produsenter. Det er en trend at zirkonia med høyere styrke har lavere translusens (C).

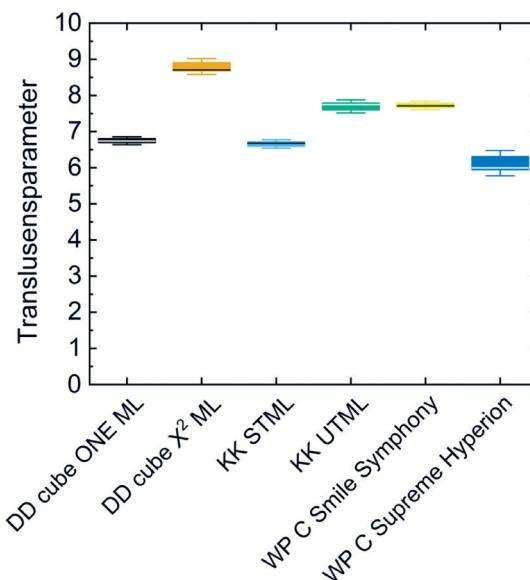
nia (tabell 1). Videre kan det også være forskjell på sjiktene innad i samme produkt. Eksempelvis kan en blokk med fire sjikt ha to lag som til sammen utgjør 30 % av den totale tykkelsen, mens de to siste lagene til sammen utgjør 70 %.

I dette arbeidet har vi vurdert et utvalg sjiktede zirkonia med sammenlignbar sammensetning fra tre produsenter tilgjengelig på det norske markedet. Vi har vurdert translusens, farge og bruddstyrke til disse produktene.

Materiale og metoder

Vi har valgt de to produktene med henholdsvis nest høyest og høyest yttriainnhold fra hver produsent. Alle materialene er fargesjiktet, og ett material er i tillegg styrkesjiktet. Produsenter, produkter, type farge, yttriainnhold, antall sjikt og bruddstyrke rapportert av produsent er oppsummert i tabell 1

Kvadratiske testprøver med sideflater på 12 mm og tykkelse rundt 1,2 mm, ble kuttet ut av presintrede CAD/CAM-blokker med en presisjonssag (Seccotom-60, Struers, København, Danmark) utstyrt med en 0,4 mm bred diamantskive (MOD15, Struers, København, Danmark). Prøvene er kuttet på tvers av alle sjiktene i blokken. Dette betyr at hver prøve inkluderer samtlige lag i det respektive materialet, og målingene våre vil bli påvirket av samtlige sjikt. Prøvene ble fullsintret i henhold til produsentenes anvisning. Alle prøver ble planslitt, først med MD-Piano #220 i rundt 2 minutter på 300



Figur 2. Translusensparameter for alle seks materialene ($n = 6$), fra tre utvalgte produsenter; DentalDirekt (DD), Kuraray Katana (KK) og Whitepeaks Copra (WP C). Midtlinjen i boksene er gjennomsnittet, boksantene over/under er \pm standardavvik til gjennomsnittet og ekstremverdien er konfidensintervallet til gjennomsnittet.

rpm med vannkjøling, deretter med MD-Piano #1200 skive i rundt 2 minutter på 300 rpm med vannkjøling. Til slutt ble prøvene blankpolert med 9 μm diamantsuspensjon i rundt 10 minutter med DP-lubrikant blå, på en MD-Largo skive (halvautomatisk Planpol slipemaskin og poeringsutstyr, Struers, København, Danmark).

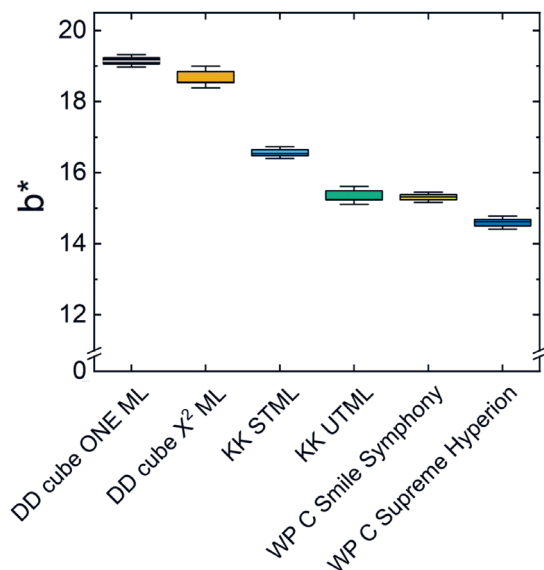
Fargen, $L^*a^*b^*$ verdier, ble målt med et spektrofotometer (CM36-D, Konica Minolta, Japan) i refleksjonsgeometri på hvit og svart bakgrunn ($n = 6$) og verdiene ble hentet fra testsoftware (Colibri, Konica Minolta, Japan). $L^*a^*b^*$ verdiene er relative verdier som angir henholdsvis lyshet – L^* verdi fra 0 (svart) til 100 (hvit), a^* angir fargen fra grønt (verdi -120) til magenta (+120), og b^* angir fargen fra blått (-120) til gult (+120) (4). Fra $L^*a^*b^*$ verdiene, målt med svart (b) og hvit bakgrunn (w), ble translusensparameteren (TP) beregnet fra ligningen:

$$TP = \sqrt{(L_b^* - L_w^*)^2 + (a_b^* - a_w^*)^2 + (b_b^* - b_w^*)^2}$$

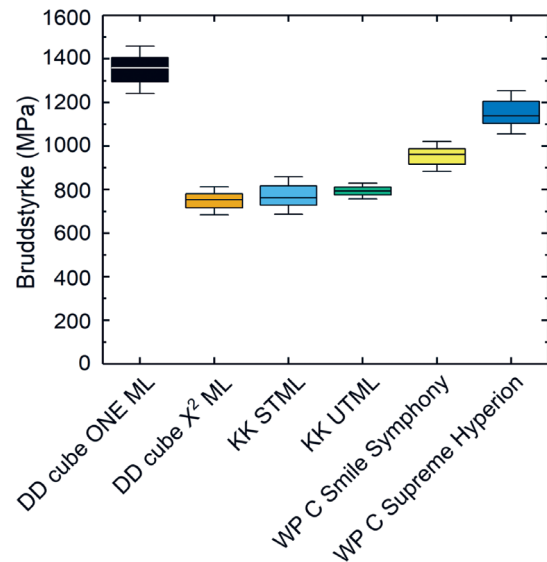
Bruddstyrkemålinger ($n = 10$) ble utført med kule-på-3-kuler («ball-on-3-balls») test, stålkuler med diameter på 8 mm, med en universell testmaskin (ZwickiLine, Zwick/Roell, Ulm, Tyskland), der kraft (N) ved brudd ble bestemt i testsoftware (testXpert III – V1.3, Zwick/Roell, Ulm, Tyskland) (5). Bruddlasten ble brukt til å beregne bruddstyrken, σ , i megapascal (MPa):

$$\sigma = f \frac{F}{F_0}$$

F er bruddstyrken, t er prøvetykkelsen og f er en dimensjonsløs parameter som tar i betraktning måleoppsettet, prøvegeometrien



Figur 3. b* parameteren – fargen mellom gult og blått – for alle seks materialene (n = 6), fra tre utvalgte produsenter: DentalDirekt (DD), Kuraray Katana (KK) og Whitepeaks Copra (WP C). Se ellers bildetekst for figur 2.



Figur 4. Bruddstyrke (MPa) til alle seks materialer (n = 10), fra tre utvalgte produsenter: DentalDirekt (DD), Kuraray Katana (KK) og Whitepeaks Copra (WP C). Se ellers bildetekst for figur 2.

og poissontallet ($\nu = 0,243$) til materialet. Verdien til f er hentet fra publikasjonen til Börger et al., som beregnet f med endelig elementanalyse for prøvelegemer tilsvarende det som er studert i vårt arbeid (6).

Resultater

Translusens og fargemålinger

Translusensparameteren til hvert material er vist i figur 2 (n = 6). DentalDirekt (DD) cube ONE ML og Kuraray Katana (KK) STML hadde relativt lik translusensparameter, begge rundt 6,75. KK UTML og Whitepeaks Copra (WP C) Smile Symphony hadde en translusensparameter rundt 7,75. Den høyeste translusensparameteren var for DD cube X² ML, på rundt 8,75, mens WP Copra Supreme Hyperion hadde den lavest translusensparameteren på rundt 6.

b*-parameteren, som angir fargen mellom gult og blått, for alle materialene er oppsummert i figur 3. Vi målte høyere gultone for DD cube ONE ML og DD cube X² ML sammenlignet med de andre materialene. Dette tyder på at DentalDirekt har en noe høyere andel gult i sine produkter sammenlignet med de andre produktene undersøkt i dette arbeidet.

Bruddstyrke

Den målte bruddstyrken til alle materialene er oppsummert i figur 4. DD cube ONE ML har den klart høyeste bruddstyrken, rundt 1350 MPa, og langt høyere enn for DD cube X² ML, rundt 750 MPa. Det var ingen signifikant forskjell mellom KK STML og UTML, på henholdsvis rundt 770 MPa og 790 MPa, som hadde tilsvarende bruddstyrke som DD cube X² ML. Videre var det signifikant høyere bruddstyrke for WP C Smile Symphony, rundt 950 MPa, enn STML, KK, UTML, og DD cube X² ML. WP C Supreme Hyperion hadde signifikant høyere bruddstyrke enn WP C Smile Symphony, på rundt 1150 MPa.

Diskusjon

De observerte variasjonene i translusensparameterne (figur 2) er i stor grad som forventet basert på de rapporterte yttriasammensetningene (tabell 1). Translusensparameterne er høyere for høyere yttriinnhold, og visa versa (figur 1C) (7). Verdien til translusensparameterne (figur 2) korresponderer godt med publiserte verdier på dental zirkonia (2). Translusensparameter til zirkonia er i dette arbeidet målt til rundt 6–9. Disse verdiene er sammenlignbare med det til humane tenner på 11,6 for emalje og 6,6 for dentin (2, 8).

Produktene fra Dental Direkt har mer gultone sammenlignet med produktene undersøkt fra Kuraray Katana og Whitepeaks (figur 3). For en gitt farge i den klassiske Vitaskalaen kan man fra våre

resultater anta en viss variasjon i fargen mellom produsentene. Ved bytte av produsent kan det være verdt å merke seg at man må justere fargene noe sammenlignet med tidligere produkt, selv om man i utgangspunktet bestiller samme farge. Farge- og styrkesjiktet WP C Supreme Hyperion har den laveste translusensparameteren (figur 2), og minst gultone (figur 3). Det er mulig at et slikt produkt (farge- og styrkesjiktet) kan gi ytterligere mulighet for optimalisering, i samspillet mellom farge og translusens. Utover effektene diskutert her, vil også etterbehandling med farging, glasering samt sementering, herunder valg av type sement, påvirke translusens (2).

Bruddstyrkemålingene (figur 4) samsvarer godt med produsentenes oppgitte verdier (tabell 1). Våre målinger er gjort på kvadratiske prøver med «kule-på-3-kuler oppsett». Det kan være noe variasjon i bruddstyrkeverdiene avhengig av hvilken prøvegeometri som brukes. Noen produsenter rapporterer at de bruker trepunkts nedbøyning, mens andre ikke oppgir metoden for deres bruddstyrkemålinger. Det er allikevel god overenstemmelse med våre resultater (figur 4) sammenlignet med produsentenes informasjon. Bruddstyrken til KK STML og UTML var tilsvarende eller høyere sammenlignet med verdiene oppgitt av produsenten (tabell 1). Dette var også tilfellet for DD cube X² ML. Fra yttriinnholdet til DD cube X² ML (5Y), KK STML (4Y) og KK UTML (5Y) forventer vi en forskjell i bruddstyrke. Dette var ikke tilfellet i vår studie. Det var derimot tydelig forskjell i translusensparameteren mellom disse tre produktene (figur 2). Variasjonen i translusensparameteren kommer sannsynligvis fra forskjellen i yttriinnholdet, og på grunn av ulike innfargingsstrategier, noe som synes fra forskjellen i gultone (figur 3).

Målingene i dette arbeidet er gjort på tvers av sjiktene vist i figur 1A. I en artikkel av Kaizer et al. ble det rapportert at bruddstyrkeverdiene i dentin- og emaljesjiktet var i tråd med informasjonen fra produsenten, mens bruddstyrken på tvers av lagene var noe lavere, rundt 30 % (9). En tilsvarende effekt ble ikke funnet i dette arbeidet, men i fremtidige studier bør det undersøkes om dette har noen klinisk effekt.

Produsentenes beskrivelser av sine zirkoniaprodukter er generelt mangelfulle. Dette gjør det krevende å vurdere resultatene i vårt arbeid, og en langt mer grundig kjemisk analyse er nødvendig for å få et helhetlig bilde. Et eksempel er hvordan yttriinnholdet rapporteres. Et av produktene vurdert i denne studien rapporteres å ha et yttriinnhold på <10wt %. Videre oppgir de at innholdet av ZrO₂ og HfO₂ (HfO₂ er en urenhet i ZrO₂ fremstilligen) summerer til ≥99,0

wt%. Hvis summen av zirkonia (ZrO₂ + HfO₂) er over 99 wt%, betyr det at andelen yttria er svært lav. Derimot står det på emballasjen at materialet er 5Y-TZP, underforstått at dette betyr 5 mol % Y₂O₃ i ZrO₂ – tetragonal zirconia polycrystal (TZP) (Norsk: tetragonal zirkonia flerkrystall), noe som samsvarer med materialets bruddstyrke. Det er stor variasjon i hvordan produsentene velger å presentere denne informasjonen. Det kan også være verdt å merke seg at ulike produsenter opererer med forskjellige antall sjikt, se tabell 1. Videre er det forskjell i tykkelsen på lagene, der eksempelvis to lag utgjør rundt 70 % av blokken, mens de to resterende lagene utgjør 30 % av blokken (9). Dette er viktig når det kommer til utfresing av restaurering og plassering av broforbindelser.

I vårt arbeid fant vi signifikante forskjeller i bruddstyrke mellom DD cube one ML og KK STML, i tråd med oppgitte verdier fra produsentene. Likevel forventer vi, fra yttriinnholdet (begge 4Y), relativt like mekaniske egenskaper for disse materialene. Det er også lignende variasjoner mellom materialene med yttriinnhold på 5Y. Vi kan kun spekulere i hvorfor dette er tilfellet, men variasjon i yttriinnhold, eksempelvis at et produkt er 3,8Y, et er 4,2Y, men at begge oppgis som 4Y, kan være en grunn. Utover dette vil forskjell i partikkelstørrelse på utgangsmaterialet, forskjell i binderinnhold, metode for innfarging, forskjell i tykkelse på fargesjiktene og forskjeller i prefabrikeringsprosessen kunne spille inn. For å få det beste ut av både fargesjiktet og styrkesjiktet zirkonia, samt kombinasjonen, kreves det god kommunikasjon mellom tanntekniker og tannlege, samt god materialkunnskap hos begge parter.

Konklusjon

Det er god overenstemmelse mellom bruddstyrken oppgitt av produsentene og bruddstyrkemålingene i denne studien. Vi fant variasjon i gultone mellom produkter med samme oppgitte farge basert på Vitaskalaen. I henhold til teori øker translusens med økende yttriinnhold i zirkonia, mens bruddstyrken synker.

Takk

Vi ønsker å takke Dimitri Alkarra for design og maskinering av testjigg. Vi ønsker også å takke Heidi Holm og Jon E. Dahl for gode diskusjoner og hjelp med manuskriptet.

Interessebindinger

Forfatterne har ingen eksterne interessebindinger i forbindelse med denne studien.

REFERANSER

1. Øilo M, Kvam K. Dentale keramer - typer og egenskaper. Nor Tannlegeforen Tid. 2017;127(4):332-7.
2. Fathy SM, Al-Zordk W, E Grawish M, V Swain M. Flexural strength and translucency characterization of aesthetic monolithic zirconia and relevance to clinical indications: A systematic review. Dent Mater. 2021 Apr; 37(4):711-730.
3. Bajraktarova-Valjakova E, Korunoska-Stevkovska V, Kapusevska B, Gigovski N, Bajraktarova-Misevska C, Grozdanov A. Contemporary Dental Ceramic Materials, A Review: Chemical Composition, Physical and Mechanical Properties, Indications for Use. Maced J Med Sci. 2018; Sept; 6(9): 1742-55.
4. International organization for standardization, International oral commission on illumination. ISO/CIE 11664-4: 2019. Colorimetry - part 4: CIE 1976 L*a*b* colour space. Wien, Østerrike.
5. Danzer R, Supancic P, Harrer W. Biaxial Tensile Strength Test for Brittle Rectangular Plates. J Ceram Soc Jpn. 2006; Sept; 114(1335): 1054-60.
6. Börger A, Supancic P, Danzer R. The ball on three balls test for strength testing of brittle discs: stress distribution in the disc. J Eur Ceram Soc. 2002; 22(9): 1425-36.
7. Schabbach LM, dos Santos BC, De Bortoli LS, Fredel MC, Henriques B. Application of Kubelka-Munk model on the optical characterization of translucent dental zirconia. Mater Chem Phys. 2021; 258: 123994.
8. Ryan E-A, Tam LE, McComb D. Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials. J Can Dent Assoc (Tor). 2010; 76:a84-a.
9. Kaizer MR, Kolakarnprasert N, Rodrigues C, Chai H, Zhang Y. Probing the interfacial strength of novel multi-layer zirconias. Dent Mater. 2020; 36(1): 60-7.

ENGLISH SUMMARY

Andersen FS, Ruud A.

Optical and mechanical properties of multi-layer zirconia

Nor Tannlegeforen Tid. 2022; 132: 436–40.

Zirconia currently holds a significant portion of the market for fixed dental prostheses in Norway, and the types of dental zirconia available are increasing. Advertising slogans such as high translucency, “super translucent”, and “ultra translucent”, among others, are commonly used to describe today’s dental zirconias. In addition, the term “multi-layer zirconia” is used to describe both color graded and strength graded zirconia, including the combination of the two. In summary, it is challenging to navigate all the different types of dental zirconia. In the current work we try to simplify this by

explaining the fundamental differences between common types of zirconia, to help the reader navigate this market. Furthermore, we have investigated the translucency and flexural strength of selected dental zirconias currently available to dentists and dental technicians in Norway. We found in general compliance between the published flexural strength values provided by the manufacturers and our findings. We also found that although the finalized products should have similar colors, there were considerable differences in the yellow content between the different producers.

Thunes & Hansen Tannteknikk AS er offisiell distributør av **Zest Locator** i Norge.



THUNES & HANSEN
TANNTTEKNIKK

ZD ZEST DENTAL SOLUTIONS