

ABSTRACT

FORMÅL - At bedømme virkningen af endodontisk oplukning på brudstyrken af translucente (5Y) og konventionelle (3Y) zirkoniakroner med varierende okklusal tykkelse.

MATERIALE OG METODER - I polymethylmetakrylat (PMMA) blev fremstillet prøvelegemer, der lignede en præpareret tand. Zirkoniakroner med 1 mm tykke aksiale vægge og varierende okklusal tykkelse blev fremstillet i 3Y (Cercon HT) eller 5Y (Cercon XT) zirkonia og sintret. 160 kroner blev inddelt i 16 grupper (n = 10 pr. gruppe) efter zirkoniatype (3Y, 5Y), okklusal tykkelse (0,5, 1,0, 1,5, 2,0 mm) og endodontisk oplukning (med, uden). Kronerne blev cementeret på prøvelegemerne med resinmodificeret glasionomercement (Rely X Luting Plus) under konstant vægt (500 g) og udsat for 10.000 cyklusser med temperatursvingninger. Efter 5.000 cyklusser blev der på halvdelen af legemerne med diamantbor præpareret en oplukningskavitet af standardstørrelse, hvorefter kaviteten blev forseglet med komposit (Filtek Supreme Ultra, 3M ESPE). Brudstyrken blev testet i en Instron 5566 maskine med en stålkugle med diameter på 9,0 mm, og den maksimale belastning før brud blev registreret som brudstyrken (N). Ved hjælp af trevejs ANOVA-test undersøgte vi zirkoniatype, okklusal tykkelse og oplukning på kronernes brudstyrke. Der blev anvendt tosidede tests, og signifikansniveauet var 95 % ($\alpha = 0,05$).

RESULTATER - Brudstyrken blev signifikant påvirket af zirkoniatypen, den okklusale tykkelse og endodontisk oplukning ($P < 0,001$). Parvise sammenligninger viste, at endodontisk oplukning medførte signifikant reduceret brudstyrke for 3Y zirkoniakroner med 0,5 eller 1,0 mm okklusal tykkelse og for 5Y kroner med okklusal tykkelse på 0,5, 1,0 og 1,5 mm ($P < 0,05$). Med stigende okklusal tykkelse svandt effekten af den endodontiske oplukning på brudstyrken.

KONKLUSION - Zirkoniatype, okklusal tykkelse og endodontisk oplukning havde signifikant indflydelse på zirkoniakroners brudstyrke. Virkningen af endodontisk oplukning var signifikant for 3Y og 5Y zirkoniakroner med henholdsvis $\leq 1,0$ og $\leq 1,5$ mm okklusal tykkelse.

EMNEORD Ceramic crown | endodontic access | fracture load | zirconia | yttria | occlusal thickness.

Korrespondanceansvarlig førsteforfatter:

AMIR HOSSEIN NEJAT

amir.h.nejat@outlook.com / anejat@lsuhsc.edu

Effekt af endodontisk oplukning på brudstyrken af translucente og konventionelle zirkoniakroner med varierende okklusal tykkelse

A. H. NEJAT, DDS, MS, MSD, Prosthodontics Department, Louisiana State University Health Science Center, School of Dentistry, New Orleans, LA, USA

P. DUPREE, DMD, Comprehensive Dentistry and Biomaterials Department, Louisiana State University Health Science Center, School of Dentistry, New Orleans, LA, USA

E. KEE, MCDT, Prosthodontics Department, Louisiana State University Health Science Center, School of Dentistry, New Orleans, LA, USA

X. XU, PhD, Oral and Craniofacial Biology Department, Division of Biomaterials, Louisiana State University Health Science Center, School of Dentistry, New Orleans, LA, USA

W. ZAKKOUR, DDS, Prosthodontics Department, Louisiana State University Health Science Center, School of Dentistry, New Orleans, LA, USA

M. ODOM, DDS, MS, Endodontics Department, Louisiana State University Health Science Center, School of Dentistry, New Orleans, LA, USA

K. BRUGGERS, DDS, MS, Prosthodontics Department, Louisiana State University Health Science Center, School of Dentistry, New Orleans, LA, USA

F. MASCARENHAS, DDS, MS, FACP, Prosthodontics Department, Louisiana State University Health Science Center, School of Dentistry, New Orleans, LA, USA

► Artiklen er oprindeligt publiceret i J Prosthodont 2021;30:706-10.

Tandlægebladet 2024;128:218-24

ZIRKONIA ER BLEVET ET POPULÆRT MATERIALE-VALG TIL FASTE PROTESER. Den første generation af zirkonia (3 mol % yttrium, 0,25 vægt % aluminium) var relativt opak. Med henblik på at forbedre materialets æstetiske egenskaber blev der udviklet en anden generation med reduceret indhold af aluminium (0,05 vægt %). I tredje generation blev indholdet af yttrium forøget for at forbedre translucensen ved at øge

mængden af kubisk fase (1,2). Den kubiske fase er isotropisk og giver mindre spredning af lyset ved krystalgrænserne. Mens de optiske egenskaber er forbedret i tredjegerationsmaterialerne, mangler den kubiske fase evne til transformationshærdning, og de mekaniske egenskaber er generelt dårligere end ved den tetragonale fase (2-5).

Selvom tænder med indikation for fuldkrone skal sensibilitetstestes, inden præparationen påbegyndes, opstår der alligevel rodkanalkomplikationer i op til 15 % af tilfældene efter cementering af den færdige restaurering (6-9). I sådanne tilfælde er det nødvendigt at præparere en oplukningskavitet i kronen; men keramer er dårlige varmeledere, og den varme, der udvikles under præparationen, kan forårsage residualstress. Desuden kan oplukning og instrumentering med file og roterende instrumenter forårsage mikroskopiske revner (10). Ved cementerede implantatkroner kan det ligeledes være nødvendigt at præparere en kanal for at få adgang til skruen (11). Derved brydes kronens integritet, og dens styrke bliver svækket. Tandlægen må derfor i disse tilfælde overveje, om kronen skal udskiftes, eller om oplukningskaviteten skal forsegles med en fyldning.

Tidligere studier har undersøgt effekten af oplukning på styrken af alumina, konventionelle zirkonia og litiumdisilikat (12-16). Formålet med dette studie var at undersøge effekten af endodontisk oplukning på brudstyrken af konventionelle og translucente zirkoniakroner med forskellig okklusal tykkelse. De opstillede hypoteser var: (1) præparation af oplukningskavitet vil forringe brudstyrken; (2) brudstyrken ved konventionelle zirkoniakroner er højere end ved translucente zirkoniakroner; og (3) forøgelse af den okklusale materialetykkelse reducerer oplukningskavitets negative virkning på kronens brudstyrke.

MATERIALE OG METODER

Fremstilling af prøvelegemer

Tandmodeller blev fremstillet i polymetylmetakrylat (PMMA) (Temp Fix, Harvest Dental, CA) i en femakset fræsemaskine (inLab MC X5, Dentsply Sirona) ud fra en model af en præpareret anden underkæbemolar, som havde uniforme væghøjder

på 4 mm, total okklusal konvergensvinkel på 12° og en skulderpræparation på 1 mm med afrundede aksiookklusale kanter.

Efter fremstilling af tandmodellerne blev kronen med aksial vægtykkelse på 1 mm udformet ved hjælp af CAD-software (Exocad GmbH, Germany). De aksiale vægtykkelser blev holdt på 1 mm, mens der blev udformet kronen med forskellige okklusale materialetykkelser (0,5, 1,0, 1,5 og 2,0 mm).

Kronerne blev fræset i konventionel zirkonia (Cercon HT, Dentsply Sirona) med 3 mol % yttrium (3Y) eller i translucent zirkonia (Cercon XT, Dentsply Sirona) med 5 mol % yttrium (5Y). Kronerne blev sintret i ovnen (inLab Profire, Dentsply Sirona) i henhold til producentens anbefalinger. Der blev i alt fremstillet 160 kronen (80 i hvert materiale) med fire forskellige okklusale tykkelser, og kronerne blev inddelt i 16 grupper (n = 10 pr. gruppe).

Kronerne blev luftabradet med 50 µm aluminiumpartikler (Kramer Industries, NJ) ved et tryk på 0,02 MPa i 10 sekunder på 10 mm afstand. Kronerne blev anbragt i et ultralydsbad med deioniseret vand i 10 minutter for at fjerne efterladte aluminiumpartikler. Kronerne blev dernæst cementeret på PMMA-modellerne med en RMGI-cement (RelyX Luting Plus, 3M, US), som afbandt under anvendelse af 500 g vægt i 6 min. Prøvelegemerne blev opbevaret i en inkubator (37 °C) i 24 timer og derpå udsat for 10.000 temperatursvingninger fra 5 °C til 55 °C (hvileperioder på 15 sekunder). Efter 5.000 cyklusser blev der på halvdelen af prøvelegemerne præpareret en endodontisk oplukningskavitet ved hjælp af et diamantbor (ZR6850, Komet) under vandpåsprøjtning. Ensartet udformning af kaviteterne blev sikret gennem anvendelse af en boreskinne. Kaviteten blev udboret centralt på okklusalfladen med en udstrækning på 50 % af fladens mesiodistale bredde og 40 % af den faciolingviale bredde. Oplukningskaviteterne blev straks forseglet med komposit resin (Filtek Supreme Ultra, 3M ESPE).

Måling af brudstyrke

Med henblik på måling af kronernes brudstyrke blev prøvelegemerne monteret i en universel testemaskine (Instron ▶

Brudstyrkemålinger

Okklusal tykkelse	Zirkonia	Uden oplukning Gennemsnit ± SD	Med oplukning Gennemsnit ± SD	Fald i gennemsnitlig brudstyrke efter oplukning
0,5 mm	3Y	890,02 ± 54,15	569,19 ± 167,04	36,04 %
	5Y	376,29 ± 63,34	220,49 ± 55,79	41,40 %
1,0 mm	3Y	1.684,01 ± 238,81	1.232,07 ± 128,49	26,84 %
	5Y	1.049,94 ± 105,35	548,95 ± 113,89	47,72 %
1,5 mm	3Y	2.607,14 ± 246,18	2.352,46 ± 385,92	9,77 %
	5Y	1.835,05 ± 272,58	1.578,61 ± 98,97	13,97 %
2,0 mm	3Y	3.958,93 ± 417,86	3.746,15 ± 446,69	5,37 %
	5Y	2.316,74 ± 405,31	2.144,78 ± 574,61	7,42 %

Tabel 1. Brudstyrken (N) i relation til zirkoniatype, okklusal tykkelse og endodontisk oplukning.

Table 1. Fracture load (N) of the specimens according to the zirconia type, occlusal thickness, and access preparation.

5566, Norwood, MA), og belastningen blev overført ved hjælp af en rustfri stålkugle med en diameter på 9,0 mm diameter med en hastighed på 0,5 mm/min. indtil brud. Fordelingen af kraften blev forbedret ved at placere en 2 mm tyk gummiskive mellem kronen og stålkuglen. Brudstyrken blev målt som den maksimale belastning inden brud og blev angivet i Newton (N).

Statistiske analyser

Normalfordeling blev testet ved hjælp af Kolmogorov-Smirnov test og sandsynlighedspapir. Kronernes brudstyrke i de forskellige grupper blev beskrevet med deskriptiv statistik i form af gennemsnit og standarddeviation. Trevejs ANOVA test blev anvendt til undersøgelse af virkningerne af kronemateriale, okklusal tykkelse og endodontisk oplukning på brudstyrken og til analyse af mulige interaktioner mellem disse variable. Endvidere blev der foretaget parvise sammenligninger ved hjælp af Tukeys post hoc-test og t-test for uafhængige stikprøver. Alle de

statistiske tests var tosidede, og signifikansniveauet blev sat til 5 %. De statistiske analyser blev udført ved hjælp af SPSS-version 26.0 software (IBM SPSS Statistics, Armonk, NY).

RESULTATER

Undersøgelsens resultater bliver vist i Tabel 1 og Fig 1. Inden for hver okklusal materialetykkelse var brudstyrken højere ved 3Y-kroner end ved 5Y-kroner. Med stigende okklusal tykkelse steg brudstyrken ved begge de undersøgte zirkoniatyper. Endvidere forringedes brudstyrken efter endodontisk oplukning i alle grupper (Fig 1). Alle disse forskelle var ifølge ANOVA testen signifikante ($P < 0,001$).

Der var signifikant interaktion mellem zirkoniatype og okklusal tykkelse ($P < 0,001$), men ikke mellem zirkoniatype og forekomst af oplukningskavitet ($P = 0,668$), okklusal tykkelse og oplukningskavitet ($P = 0,120$) eller kombinationer af alle tre variable ($P = 0,854$). Parvis sammenligning af samme zirkoniamateriale og okklusale tykkelse med og uden opluknings-

Statistiske sammenligninger af brudstyrke

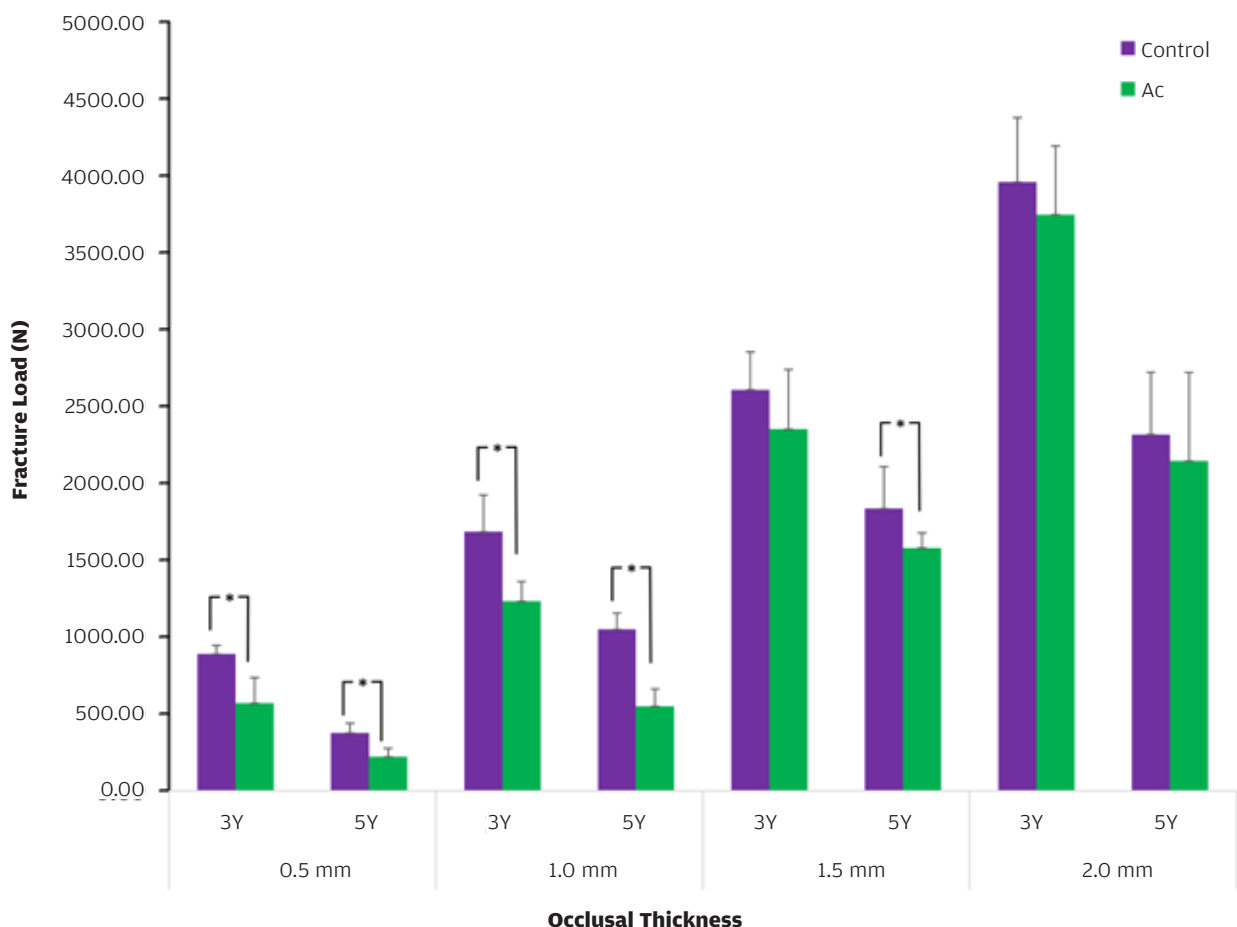


Fig. 1. Kronernes brudstyrke (N); (*) angiver grupper med statistisk signifikante forskelle i brudstyrke ved parvis sammenligning.

Fig. 1. Fracture load (N) of the tested samples; (*) indicates groups with statistically significant difference in terms of fracture load values based on pairwise comparison.

kavitet viste, at der ved oplukning i 3Y zirkonia var signifikant reduktion af brudstyrken ved okklusale tykkelser på 0,5 mm og 1,0, mens der ved oplukning i 5Y var signifikant reduktion af brudstyrken ved okklusale tykkelser på 0,5, 1,0 og 1,5 mm ($P < 0,05$) (Fig 1).

På SEM-billeder fra udvalgte kroner sås marginal afskalning på kronernes okklusalflder i kanten af oplukningskaviteterne (Fig 2). Det viste sig, at antallet af marginale afskalninger var større ved 5Y-kroner end ved 3Y-kroner.

DISKUSSION

Formålet med studiet var at vurdere effekten af endodontisk oplukning på brudstyrken af monolitiske kroner fremstillet af konventionel og translucent zirkonia med forskellige okklusale tykkelser. De opstillede hypoteser var, at brudstyrken ville forringes efter præparation af oplukningskaviteten, at konventionelle zirkoniakroner ville have højere brudstyrke end translucente zirkoniakroner, og at brudstyrken ville stige med stigende okklusal tykkelse. På baggrund af undersøgelsens resultater kunne alle tre hypoteser accepteres.

Vi fandt, at præparation af oplukningskaviteter forringede brudstyrken ved begge de undersøgte zirkoniatyper. Wood et al. (14) har ligeledes fundet, at brudstyrken af zirkoniakroner blev signifikant mindre efter præparation af oplukningskaviteten. Mallya et al. (17) fandt, at præparation af oplukningskaviteten signifikant nedsatte brudstyrken på zirkoniakroner, der var cementeret på ekstraherede overkæbemolarer. Grobecker-Karl et al. (18) fandt, at præparation af oplukningskaviteter medførte mikroskopiske revner i zirkonia. Wood et al. (14) studerede zirkoniakroner med SEM og fandt marginal afskalning efter præparation af oplukningskaviteter.

klinisk relevans

Zirkonia har vundet stor udbredelse som restaureringsmateriale. Hvis der skal præpareres en endodontisk oplukningskaviteten igennem materialet, må klinikerens overveje, om restaureringen skal bevares eller udskiftes. Ifølge den foreliggende undersøgelse kan en cementeret krone i 3Y zirkonia med en okklusal materialetykkelse på mindst 1 mm og en krone i 5Y zirkonia med en okklusal materialetykkelse på mindst 1,5 mm klare de maksimale okklusale belastninger i mundhulen efter endodontisk oplukning.

Når der er opstået en revne i zirkonia, sker der en transformation af den tetragonale krystalfase til en monoklinisk fase omkring revnen. Eftersom den monokliniske fase er ca. 4 % større end den tetragonale fase, vil det forøgede volumen medføre en kompression af den opståede revne, hvilket potentielt kan forebygge videreudvikling af revnen (19). Dette fænomen kaldes transformationshærdning. I betragtning af at 5Y zirkonia har mindre tetragonal fase end 3Y zirkonia, må man forvente, at transformationshærdning er mere udtalt ved 3Y zirkonia (20). Dette kan forklare, hvorfor præparation af oplukningskaviteter påvirkede brudstyrken mere ved 5Y-kroner end ved 3Y-kroner – uanset den okklusale tykkelse.

Vi fandt, at kronernes okklusale tykkelse havde signifikant indvirkning på zirkoniakroners brudstyrke før og efter præparation af oplukningskaviteter. Forøget okklusal tykkelse medførte en stigning i brudstyrke og et fald i den virkning, op- ▶

SEM-billede viser marginal afskalning efter oplukning

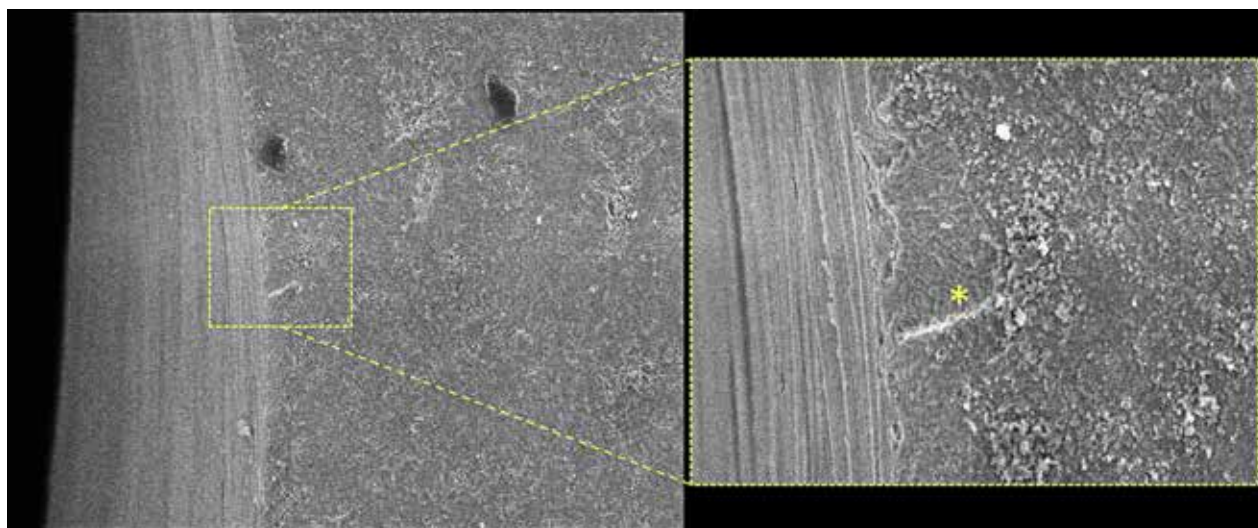


Fig. 2. SEM-afbildning af kanten på oplukningskaviteten set okklusalt fra; bemærk marginal afskalning på det forstørrede billede til højre (markeret med *).

Fig. 2. SEM evaluation of the margin of access hole viewed from the occlusal surface; note marginal chipping on the magnified image on the right side marked by asterisk (*).

lukningskaviteter havde på brudstyrken. Sung et al. (21) har tilsvarende fundet, at øget tykkelse af zirkoniakroner forøgede kronernes brudstyrke. De rapporterede, at en forøgelse af den okklusale tykkelse fra 0,6 mm til 1,5 mm øgede brudstyrken med en faktor tre, hvilket passer godt med vores resultater for 3Y zirkoniakroner. Brudstyrken ved en okklusal tykkelse på 1,5 mm var også tre gange så høj som ved en tykkelse på 0,5. I modsætning hertil fandt Sorrentino et al. (22) ingen signifikant forskel mellem brudstyrkerne for zirkoniakroner med okklusale tykkelser på 0,5, 1,0, 1,5 og 2,0 mm, og de konkluderede, at man kunne reducere den okklusale tykkelse på monolitiske zirkoniakroner ned til 0,5 mm og stadig have tilstrækkelig brudstyrke til at modstå tyggetrykket i molarregionen.

Den maksimale bidkraft afhænger af patientens alder, køn, kraniofaciale morfologi og kæbeledets tilstand, samt hvilket område af mundhulen målingen foretages i. Posteriore tænder udsættes for større tyggetryk end anteriore tænder (23). Det er vist, at den maksimale bidkraft i molarregionen normalt ikke overstiger 900 N (24). Ifølge vore resultater har 3Y zirkoniakroner med en okklusal tykkelse på mindst 1 mm og 5Y zirkoniakroner med en tykkelse på mindst 1,5 mm stadig styrke nok til at modstå det maksimale tyggetryk efter præparation af endodontisk oplukningskavitet. Følgelig bør man foretrække 3Y zirkoniakroner frem for 5Y zirkoniakroner i områder med stort tyggetryk, dvs. i molarregionerne. Tilsvarende bør man generelt søge at undgå okklusale tykkelser på 0,5 mm eller mindre ved 3Y-kroner og tykkelser på 1,0 mm eller mindre ved 5Y-kroner.

Valget af bor til præparation af endodontisk oplukningskavitet på en keramisk krone indebærer en afvejning af boret skæreevne over for den skade, boret kan påføre kronen. Skaderne kan variere fra mindre afskalning eller mikroskopiske revner til katastrofale ødelæggelser (25). Et diamantbor med kornstørrelse på 126 µm er designet til at bore effektivt i zirkonia med minimal skade, og dette er efterprøvet klinisk. Qeblawi et al. (15) har påvist, at anvendelse af et bor med denne kornstørrelse medfører mindre skade på restaureringen og den bondedede interfase end større kornstørrelser. Bompolaki et al. (16) brugte også et diamantbor med kornstørrelse på 126 µm til udboing af oplukningskaviteter igennem keramiske kronen. De brugte desuden rigelig vandkøling for at reducere den varmeudvik-

ling, der fører til dannelse af mikroskopiske spalter. Vandkøling virker desuden smørende, hvilket forbedrer skæreevnen (25).

Oplukningskavitets størrelse har en direkte indvirkning på brudstyrken for en keramisk krone. Saberi et al. (26) fandt, at minimering af kavitetens størrelse forbedrede brudstyrken på naturlige tænder. I vores studie blev kaviteterne udboret ved hjælp af en boreskinne, som var udformet på baggrund af en præparation, som en certificeret specialist i endodonti havde foretaget på et af prøvelegemerne. Vi valgte en rektangulær form på kaviteten, hvor den mesiodistale udstrækning var større end den faciolingvale. Wood et al. (14) anvendte også en standardiseret form på oplukningskaviteten, mens Mallya et al. (17) præparerede kaviteter i naturlige tænder med fri hånd som i den kliniske hverdag. Dette undersøgelsesdesign giver imidlertid mulighed for større variation i de enkelte kaviteters størrelse, hvilket kan sløre resultaterne.

Vores studie har flere begrænsninger. Zirkoniakronerne blev fikseret til PMMA-modeller, og ideelt set bør kronen cementeres på naturlige tænder, hvis man skal komme så tæt som muligt på de kliniske forhold. Det ville imidlertid have været vanskeligt at standardisere et studie med naturlige tænder og tæt på umuligt at kontrollere for konfunderende faktorer. Det var også en begrænsning ved studiet, at kronerne ikke blev udsat for udmattingsbelastninger inden brudstyrketesten. Udmattelse og aldring er væsentlige faktorer til forudsigelse af kroners kliniske succes (27). Det må anbefales, at fremtidige studier i højere grad søger at simulere forholdene i mundhulen, fx ved at udsætte kronerne for et udmattelsesprogram.

KONKLUSION

På baggrund af undersøgelsen må man konstatere, at præparation af endodontiske oplukningskaviteter igennem zirkoniakroner påvirkede kronernes brudstyrke. Effekten afhang af zirkoniatypen og kronens okklusale tykkelse. Præparation af oplukningskaviteter medførte signifikant forringelse af brudstyrken for 3Y-kroner med en okklusal tykkelse på $\leq 1,0$ mm og for 5Y-kroner med en okklusal tykkelse på $\leq 1,5$ mm. Brudstyrken oversteg den maksimale bidkraft ved 3Y-kroner med okklusal tykkelse på mere end 0,5 mm og ved 5Y-kroner med okklusal tykkelse på mere end 1,0 mm. ♦

EFFECT OF ENDODONTIC ACCESS PREPARATION ON FRACTURE LOAD OF TRANSLUCENT VERSUS CONVENTIONAL ZIRCONIA CROWNS WITH VARYING OCCLUSAL THICKNESSES

PURPOSE - To evaluate the effect of endodontic access hole preparation on fracture resistance of translucent zirconia (5Y) and conventional zirconia crowns (3Y) with varying occlusal thicknesses.

MATERIAL AND METHODS - Polymethylmethacrylate (PMMA) dies, representing a prepared tooth, were milled. Zirconia crowns with 1 mm thick axial walls and varying occlusal thicknesses were milled from 3Y (Cercon HT) or 5Y (Cercon XT) zirconia discs and sintered. 160 crowns were divided into 16 groups (n = 10 per group) based on the zirconia type (3Y, 5Y), occlusal thickness (0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mm), and access hole preparation (with access hole, control). Crowns were cemented on the PMMA dies with resin-modified glass ionomer cement (Rely X Luting Plus) under constant weight (500 g) and thermocycled for 10,000 cycles. In half of the samples, following 5000 cycles of thermocycling, a uniform endodontic access hole was created using a diamond bur and restored immediately with resin composite (Filtek

Supreme Ultra, 3M ESPE). The fracture resistance of the specimens was tested on an Instron 5566 universal testing machine with a stainless steel ball indenter (9.0 mm dia.) and the maximum load before failure was recorded as fracture load (N). Three-way ANOVA testing examined the effect of zirconia type, occlusal thickness, and access hole preparation on fracture loads of the crowns. Statistical tests were two-sided and significance level was set at 95% ($\alpha = 0.05$).

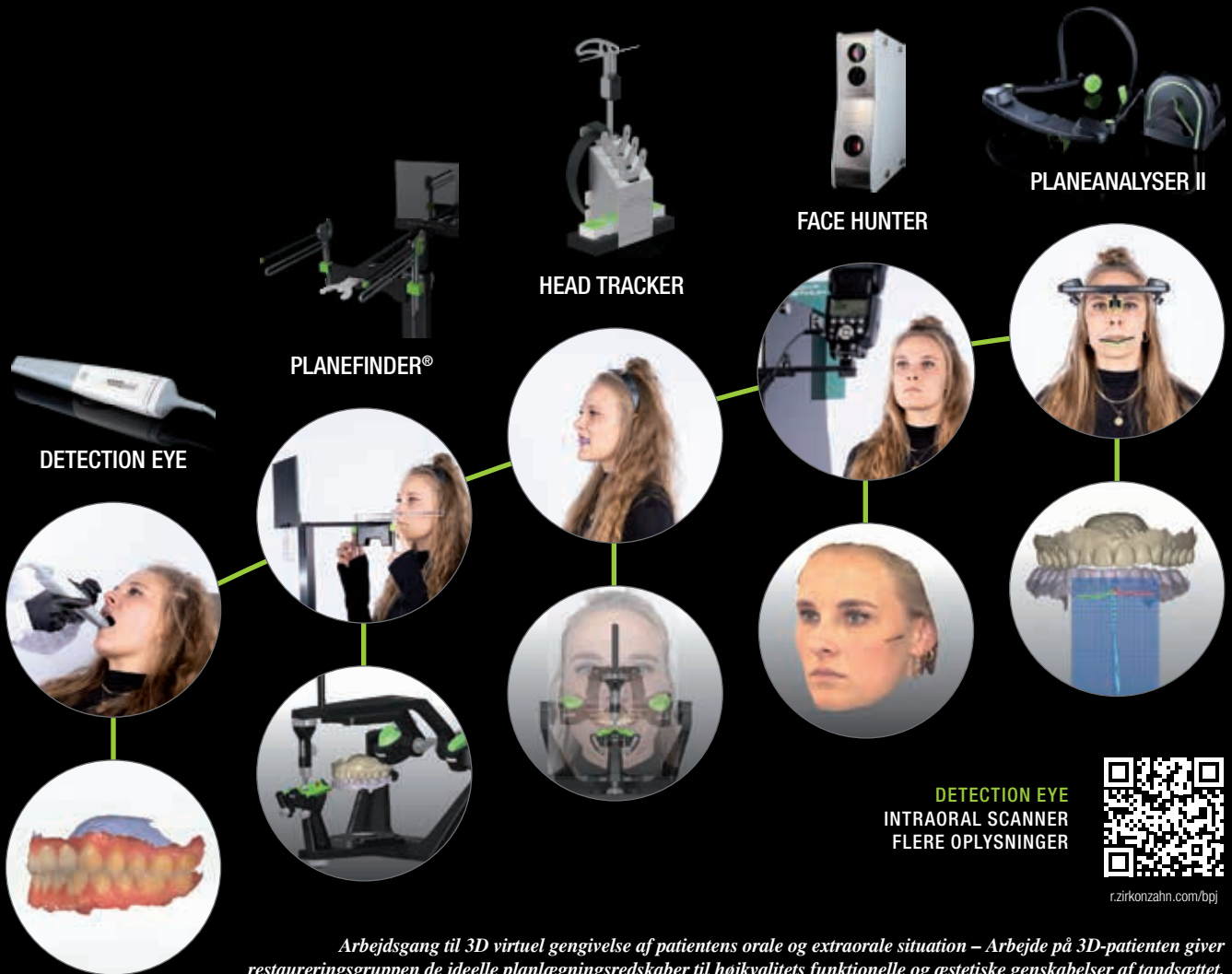
RESULTS - Fracture load was significantly affected by the type of zirconia, occlusal thickness, and access hole preparation ($P < 0.001$). Pairwise comparisons revealed that access hole preparation significantly reduced the fracture load of 3Y crowns with 0.5 or 1.0 mm of occlusal thickness and 5Y zirconia crowns with 0.5, 1.0, or 1.5 mm of occlusal thickness ($P < 0.05$). Increasing occlusal thickness reduced the effect of access hole preparation on fracture load.

CONCLUSION - Type of zirconia, occlusal thickness, and access hole preparation had significant effects on the fracture load of zirconia crowns. The effect of endodontic access was significant on the 3Y and 5Y zirconia crowns with ≤ 1.0 and ≤ 1.5 mm occlusal thicknesses, respectively.

LITTERATUR

1. Tong H, Tanaka CB, Kaizer MR et al. Characterization of three commercial Y-TZP ceramics produced for their high-translucency, high-strength and high-surface area. *Ceram Int* 2016;42:1077-85.
2. Kwon SJ, Lawson NC, McLaren EE et al. Comparison of the mechanical properties of translucent zirconia and lithium disilicate. *J Prosthet Dent* 2018;120:132-7.
3. Zhang F, Inokoshi M, Batuk M et al. Strength, toughness and aging stability of highly-translucent Y-TZP ceramics for dental restorations. *Dent Mater* 2016;32:e327-37.
4. Zhang Y. Making yttria-stabilized tetragonal zirconia translucent. *Dent Mater* 2014;30:1195-1203.
5. Harada K, Raigrodski AJ, Chung KH et al. A comparative evaluation of the translucency of zirconias and lithium disilicate for monolithic restorations. *J Prosthet Dent* 2016;116:257-63.
6. Bergholtz G, Nyman S. Endodontic complications following periodontal and prosthetic treatment of patients with advanced periodontal disease. *J Periodontol* 1984;55:63-8.
7. Cheung GS. A preliminary investigation into the longevity and causes of failure of single unit extracoronary restorations. *J Dent* 1991;19:160-3.
8. Goldman M, Laosonthorn P, White RR. Microleakage - Full crowns and the dental pulp. *J Endod* 1992;18:473-5.
9. Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K et al. Clinical complications in fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 2003;90:31-41.
10. Thompson JY, Anusavice KJ, Naman A et al. Fracture surface characterization of clinically failed all-ceramic crowns. *J Dent Res* 1994;73:1824-32.
11. Mokhtarpour H, Eftekhari Ash-tiani R et al. Effect of screw access hole preparation on fracture load of implant-supported zirconia-based crowns: an in vitro study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2016;10:181-8.
12. Teplitsky PE, Sutherland JK. Endodontic access of Cerestore crowns. *J Endod* 1985;11:555-8.
13. Sutherland JK, Teplitsky PE, Moulding MB. Endodontic access of all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 1989;61:146-9.
14. Wood KC, Berzins DW, Luo Q et al. Resistance to fracture of two all-ceramic crown materials following endodontic access. *J Prosthet Dent* 2006;95:33-41.
15. Qeblawi D, Hill T, Chlosta K. The effect of endodontic access preparation on the failure load of lithium disilicate glass-ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 2011;106:328-36.
16. Bompolaki D, Kontogiorgos E, Wilson JB et al. Fracture resistance of lithium disilicate restorations after endodontic access preparation: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2015;114:580-6.
17. Mallya J, DuVall N, Brewster J et al. Endodontic access effect on full contour zirconia and lithium disilicate failure resistance. *Oper Dent* 2020;45:276-85.
18. Grobecker-Karl T, Christian M, Karl M. Effect of endodontic access cavity preparation on monolithic and ceramic veneered zirconia restorations. *Quintessence Int* 2016;47:725-
19. Koutayas SO, Vagkopoulou T, Pelekanos S et al. Zirconia in dentistry: part 2. Evidence-based clinical breakthrough. *Eur J Esthet Dent* 2009;4:348-80.
20. Daou EE. The zirconia ceramic: strengths and weaknesses. *Open Dent J* 2014;8:33-42.

- 21.** Sun T, Zhou S, Lai R et al. Load-bearing capacity and the recommended thickness of dental monolithic zirconia single crowns. *J Mech Behav Biomed Mater* 2014;35:93-101.
- 22.** Sorrentino R, Triulzio C, Tricarico MG et al. In vitro analysis of the fracture resistance of CAD-CAM monolithic zirconia molar crowns with different occlusal thickness. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016;61:328-33.
- 23.** Koc D, Dogan A, Bek B. Bite force and influential factors on bite force measurements: a literature review. *Eur J Dent* 2010;4:223-32.
- 24.** Varga S, Spalj S, Lapter Varga M et al. Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion. *Eur J Orthod* 2011;33:427-33.
- 25.** Gorman CM, Ray NJ, Burke FM. The effect of endodontic access on all-ceramic crowns: a systematic review of in vitro studies. *J Dent* 2016;53:22-9.
- 26.** Saberi EA, Pirhaji A, Zabetiyan F. Effects of endodontic access cavity design and thermocycling on fracture strength of endodontically treated teeth. *Clin Cosmet Investig Dent* 2020;12:149-56.
- 27.** Lawson NC, Jurado CA, Huang CT et al. Effect of surface treatment and cement on fracture load of traditional zirconia (3Y), translucent zirconia (5Y), and lithium disilicate crowns. *J Prosthodont* 2019;28:659-65.



Arbejdsgang til 3D virtuel gengivelse af patientens orale og extraorale situation – Arbejde på 3D-patienten giver restaureringsgruppen de ideelle planlægningsredskaber til høj kvalitets funktionelle og æstetiske genskabelser af tandsættet.

REVOLUTIONERENDE PATIENTANALYSE

PÅLIDELIG OG VELKOORDINERET PROCEDURE TIL 3D VIRTUEL PATIENTGENGIVELSE

Efter optagelse af intraorale scans med Detection Eye-intraoral scanner muliggør PlaneFinder® og Face Hunter 3D-ansigtsscanneren opnåelse af patientens kæbestilling og 3D-ansigtsscans. De indsamlede data overføres glat 1:1 til Zirkonzahn. Software uden tab af information, derefter sættes de sammen, hvilket giver en 3D virtuel gengivelse af patientens orale og extraoral situation.

Dataene kan også kombineres med individuelle kæbebevægelser (PlaneAnalyser II) og med oplysninger optaget via vor nye Head Tracker (til digital optagelse af patientens hovedstilling, anvendt i kombination med PlaneFinder®).