

ABSTRACT

INTRODUKTION - Formålet med dette systematiske review er at beskrive endokroner som alternativ restaurerende behandling til stiftretinerede kroner ved rodbehandlede tænder. Den nyeste litteratur er systematisk gennemgået for at afdække følgende: 1) Proceduren bag fremstillingen, herunder præparation og materiale, 2) Fordele og ulemper forbundet med endokroner sammenholdt med stiftretinerede kroner og 3) Evidensen for endokroner i *in vivo*-studier.

MATERIALE OG METODE - Søgningen i PubMed resulterede i 132 artikler. Heraf blev 36 studier frasorteret, da disse var ældre end fem år. Derefter blev 96 studier screenet på baggrund af titel og abstract ud fra in- og eksklusionskriterier. I alt 21 artikler blev inkluderet.

RESULTATER - Resultaterne af *in vitro*-studierne viste, at endokronen udviste højere frakturstyrke og lavere andel af katastrofale frakturer med 1 mm ferrule, 2 mm ekstension i pulpakammeret og ingen ekstension i rodkanalen. Endokronens okklusaltykkelse var afhængig af materialevalget. Zirkonia udviste de bedste mekaniske egenskaber sammenlignet med lithiumdisilikat og leucitforstærket glaskeramik. Endokronen udviste forøgede mekaniske egenskaber samt lavere incidens af brud i den posteriore region sammenlignet med den stiftretinerede krone. Den stiftretinerede krone udviste derimod de bedste mekaniske egenskaber i den anteriore region. Generelt er andelen af kliniske studier om endokroner begrænset. De kliniske studier viser gode resultater for endokroners succes- og overlevelseshæftelse. Dog er studierne ikke randomiserede kohortestudier og alle præget af en høj risiko for bias, hvorfor resultaterne er inkonklusive.

KONKLUSION - *In vitro*-studierne viser, at endokroner potentielt kan være en alternativ restaurerende behandling til den stiftretinerede krone i den posteriore region. Der mangler dog generelt randomiserede, kontrollerede studier, der sammenligner succes- og overlevelseshæftelse af endokroner med stiftretinerede kroner.

EMNEORD Crowns | tooth preparation | dental restoration | dental prosthesis | materials



Korrespondanceansvarlig førsteforfatter:
FREDERIKKE VITTRUP SANDERHOFF OLSEN
fredel705@hotmail.com

Endokroner som alternativ restaurerende behandling til stiftretinerede kroner ved rodbehandlede tænder

FREDERIKKE VITTRUP SANDERHOFF OLSEN, tandlæge, Amagerbro Tandklinik

AGNES KRISTINE STÆRKÆR JUSTESEN, tandlæge, Tandlægerne i Parken

MANDANA HOSSEINI, adjunkt, ph.d., Afdelingen for Oral Rehabilitering, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

► Accepteret til publikation den 19. januar 2022

Tandlægebladet 2022;126:594-609

RODBEHANDELE TÆNDER kan være svækkede på grund af reduceret tandsubstans. Ydermere kan funktionen være påvirket på grund af fjernelse af pulpa med en øget risiko for overbelastning og fraktur (1). Et studie har vist, at rodbehandlede tænder uden krone har en 10-års overlevelseshæftelseprognose på 63 %; derimod opnås en prognose på 81 % med en konventionel krone (2). Derfor anbefales kronebehandling af rodbehandlede tænder, hvis mængden af tandsubstans er væsentligt reduceret for både at beskytte tanden mekanisk samt modvirke bakteriel reinfektion og derigennem bedre prognosen (2).

Valget af den koronale restaurering ved rodbehandlede tænder afhænger bl.a. af destruktionsgraden, som afgør, hvorvidt der foretages restaurering med en konventionel krone, en konventionel krone med en plastisk opbygning eller en stiftretineret krone (3). Anvendelse af stifter i forbindelse med kronebehandling af rodbehandlede tænder er især relevant i tilfælde med begrænset resttandssubstans og reduceret retentionsareal, og stiften vil her kunne forbedre retentionen af en koronal restaurering (4). Behandlingen med stift er dog behæftet med flere risici (3). Stift-

udboringen svækker tanden og øger risikoen for reinfektion af rodkanalerne samt parietal perforation (3). Ydermere kan den mekaniske påvirkning af tand og restaurering under funktion øge risikoen for rodfraktur, der ofte fører til ekstraktion af tanden (5).

Udviklingen af dentale materialer har ført til et gennembrud inden for de adhæsive teknikker (6). Brugen af adhæsiv teknik supplerer de klassiske makromekaniske retentionselementer og muliggør en mere tandbesparende behandling som fx endokroner (5).

En endokrone er en helkeramisk krone, der makromekanisk forankres i pulpakammeret samt bindes til dentin og emalje via adhæsiv teknik og derigennem udnytter den mikromekaniske retention (5,6). Endokroner blev første gang introduceret i 1995 af Pisis (7) og senere beskrevet af Bindl & Mörmann i 1999 (8).

Endokroner er et alternativ til den stiftretinerede krone. Behandlingen er tandbesparende, da den ikke involverer en stiftudboring. Såfremt den endodontiske behandling ikke er succesfuld, kan man tilgå kanalerne og foretage ortograd revision (9). Derudover er behandlingen tidsbesparende grundet færre behandlingstrin og forbundet med færre omkostninger for patienten (1). Endokroner som alternativ restaurering har således flere lovende egenskaber, men behandlingen er primært undersøgt i *in vitro*-studier, og kun få ikke-randomiserede *in vivo*-studier har beskæftiget sig med prognosen af en endokronebehandling (10-12). Derfor mangler der generelt randomiserede, kontrollerede studier for at udlede, hvorvidt endokronen kan anbefales klinisk.

Formålet med dette systematiske review er 1) at beskrive proceduren bag fremstillingen af en endokrone, herunder præparation og materiale, 2) at sammenligne tekniske fordele og ulemper forbundet med endokroner sammenholdt med stift-

Inklusions- og eksklusionskriterier ved valg af publicerede artikler

Inklusionskriterier	Eksklusionskriterier
<ul style="list-style-type: none"> Mennesketænder Permanente tænder Voksne Artikler publiceret indenfor de seneste 5 år Studier på engelsk Antal inkluderede deltagere på mere end 10 In vitro-studier In vivo-studier Followupstudier 	<ul style="list-style-type: none"> Dyretænder Primære tænder Børn Indirekte/direkte komposit teknik Resin-komposit endokroner Andre sprog end engelsk 3-d-modeller Finite element analyse (3d-FEA) Systematiske oversigtsartikler

Tabel 1. De opstillede inklusions- og eksklusionskriterier til udvælgelse af artikler i denne systematiske oversigtsartikel.

Table 1. The selected inclusion and exclusion criteria used for the selection of articles in this systematic review.

Søgeprotokol

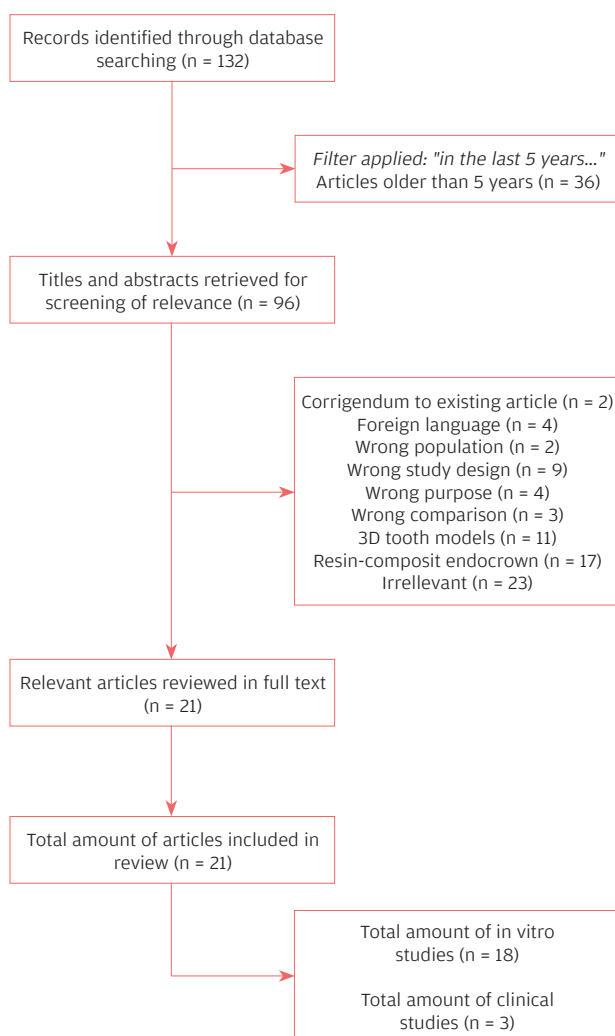


Fig. 1. Flow-chart der beskriver søgeprotokollen for de 21 udvalgte studier.
Fig. 1. Flow-chart describing the search protocol for the 21 selected studies.

retinerede kroner og 3) at beskrive den kliniske evidens for endokroner.

METODE

Vi ønskede at tilgå nyeste litteratur om emnet "endokroner". Søgningen blev foretaget på søgedatabasen PubMed medio februar 2021 og udført med følgende meshwords: "Endocrown OR endocrowns OR endo crown OR endo-crown".

Vores søgning i PubMed resulterede i 132 artikler. Denne søgning blev overført til softwareprogrammet "Rayyan QCRI". Heraf blev 36 studier frasorteret, da disse var ældre end fem år. De resterende 96 studier blev screenet på baggrund af titel og abstract ud fra vores in- og eksklusionskriterier (Tabel 1).

Der var 21 studier, som opfyldte de opstillede kriterier og blev gennemlæst i fuldtæst, se flowchart (Fig. 1). Artiklerne ▶

Evaluering af risiko for bias i *in vivo*-studier

	Con- founding variable	Udvælgelse	Interven- tions klas- sifikation	Deviation fra inter- vention	Manglende data	Analyse af resultat	Udvælgelse af de rap- porterede resultater	Overordnet
Belleflamme et al. (2017)	Lav	Seriøs	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Seriøs
Zou et al. (2018)	Lav	Seriøs	Lav	Lav	Lav	Seriøs	Lav	Seriøs
Fages et al. (2017)	Lav	Seriøs	Lav	Lav	Lav	Seriøs	Lav	Seriøs

Table 2. Robins-I tool er anvendt til risikovurdering af bias i de inkluderede ikke-randomiserede kohortestudier. Syv parametre blev vurderet til at have hhv. lav, moderat, seriøs eller kritisk risiko, anvendt for at opnå en samlet vurdering af studiet.

Table 2. Robins-I tool is used for the risk evaluation of bias for the included non-randomized cohort studies. Seven parameters were assessed to have a low, moderate, serious or critical risk of bias, which were used for an overall assessment of the study.

blev uafhængigt og selvstændigt screenet af to forfattere (FVSO og AKSJ), blindet for hinandens vurderinger. Uenigheder omkring inklusion af studier blev løst ved diskussion indtil konsensus. De 21 studier blev alle fundet relevante.

Studiernes begrebsanvendelse er inkonsekvent grundet forskellige studiedesign. Denne uensartede begrebsanvendelse på tværs af studierne komplicerer deres indbyrdes sammenlignelighed. I dette review anvendes derfor ”katastrofale frakturer” som samlet betegnelse for alle observerede brud af både den koronale restaurering og tand, der i studierne kategoriseres som enten katastrofale, ikke-reparerbare eller ugunstige komplikationer eller frakturer, og som i en klinisk situation vil medføre ekstraktion af tanden.

I overensstemmelse med Cochrane Collaboration anvendtes ”ROBINS-1 tool” (13) til at vurdere risikoen for bias i de inkluderede ikke-randomiserede kohortestudier. Dette værktøj indeholder syv domæner baseret på forskellige aspekter af studiet, hvoraf disse evalueres separat og vurderes at have hhv. lav, moderat, seriøs eller kritisk risiko for bias (Table 2).

Præparationsteknik til endokroner

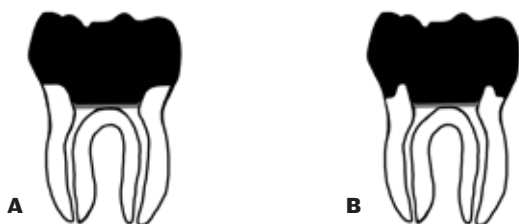


Fig. 2. A. Butt margin præparation, der består af en parallel overflade med okklusalplanet. **B.** Skulderpræparation med 1 mm ferrule præparation.

Fig. 2. A. The butt margin preparation consists of a surface parallel to the occlusal plane. **B.** Shoulder finish line with 1 mm ferrule preparation.

GENNEMGANG AF ARTIKLER

De 21 studier, der danner baggrund for dette review, præsenteres i Tabel 3. Iblant de 21 studier er 18 *in vitro*- og tre *in vivo*-studier. Studiernes materialer og metode i de inkluderede *in vitro*- og *in vivo*-studier præsenteres i Tabel 4 og Tabel 5, og deres resultater er i Tabel 6 og Tabel 7.

1. Proceduren bag fremstillingen, herunder præparation og materiale

Marginal præparation

Endokroner kan præpareres med enten en butt margin (Fig. 2A) eller en skulder/chamfer med en ferrule (tøndebåndseffekt) (Fig. 2B).

Studierne viser, at frakturstyrken forøges signifikant med 1 mm ferrule-præparation fremfor butt margin på molarer (14,15), og ferrulen øger endokronens overlevelse sammenlignet med butt margin på anteriore tænder (5). Samtidig fandt et af studierne, at overfladearealet blev forøget med ferrule i forhold til butt margin, hvormed der kunne opnås bedre mikromekanisk retention ved adhæsiv cementering (15). Desuden viste resultaterne, at der forekom en højere andel af katastrofale frakturer ved 2 mm ferrule sammenholdt med 1 mm ferrule, hvorfor 1 mm ferrule foretrakkes (15). Et andet studie viser, at overlevelsen af endokroner på anteriore tænder markant forøges ved anvendelse af ferrule fremfor butt margin (5). Derfor kan præparation med ferrule både øge frakturstyrken, retentionen samt overlevelsen af endokroner (5,14,15). Et klinisk eksempel af en rodbehandlet tand er illustreret med Fig. 3.

Intrapulpal og radikulær ekstension

Endokroner kan præpareres med varierende intrapulpal ekstension. De fleste studier, der undersøger den intrapulpal ekstension på frakturstyrken (16-20), og et studie viser ingen signifikant effekt af en ekstension i en af rodkanalerne (21). Kun et enkelt studie finder en statistisk signifikant effekt af en øget pulpal ekstension på frakturstyrken (9).

Det betyder, at studierne i overvejende grad viste, at frakturstyrken ikke forøges ved at øge den intrapulpal ekstension (16-20). Derimod fandt man en øget forekomst af katastrofale frakturer ved en yderligere intrapulpal ekstension over 2 mm (16,19). Dette kan skyldes, at når mere tandsubstans fjernes for at øge den intrapulpal ekstension, sker der en yderligere svækkelse af tanden. En ekstension på 2 mm kan derfor være tilstrækkelig for at opnå optimal retention og stabilitet og samtidig mindske risikoen for katastrofale frakturer (16,19). Andre studier har sammenholdt endokroner med onlays, hvor pulpakammeret var fyldt med resin (17,18,20). Her fandt man ingen signifikant forskel på frakturstyrken; derimod forekom en større grad af præmatur løsnings af onlays (17). Dette tydeliggør, at den mikromekaniske retention alene ikke er tilstrækkelig, og at det er vigtigt med en makromekanisk forankring i

Klinisk relevans

I dag anbefales kronebehandling af rodbehandlede tænder for at øge prognosen og overlevelsen af disse tænder. Hidtil har man behandlet rodbehandlede tænder med konventionelle kroner og afhængigt af resttandsubstans anvendt makromekanisk retention i form af henholdsvis plastisk opbygning, plastisk opbygning med præfabrikeret stift eller støbt stift. Nyere adhæsive teknikker har gjort det muligt i højere grad at anvende mikromekanisk retention fremfor makromekanisk retention, hvilket har muliggjort endokroner. Endokronen er en helkeramisk krone, der makromekanisk forankres i pulpakammeret og mikromekanisk forankres gennem adhæsive teknikker. Fordelene ved endokronen er: ingen risici ved stiftudboring, nemmere at tilgå kanaler i tilfælde af revision, lavere økonomisk udgift for patienten samt tidsbesparende grundet færre behandlingstrin.

Klinisk eksempel på en endokrone



Fig. 3. A. Røntgenkontrol af rodbehandling af -6 før behandling med endokrone. **B.** Præparation af -6 med skulderpræparation med ferrule, set okklusalt fra.

Fig. 3. A. X-ray follow-up of endodontic treatment of -6 before the endocrown treatment. **B.** Shoulder finish line with ferrule -6, seen occlusal from.

Kilde: Lars Rossel, tandlæge, partner, Colloseum Tandlægerne. Email: Lars.rossel@colosseumklinikken.dk

form af en intrapulpal ekstension (17). I et studie præparerede man en radikulær ekstension i en rodkanal, hvilket resulterede i øget frakturstyrke, dog ledte det samtidig til en markant større andel af katastrofale frakturer (21). Derfor anbefales det ikke at udføre en ekstension i en rodkanal.

Okklusalstyrke

Endokronens okklusalstyrke afhænger af destruktionsgraden af tanden. Okklusalstyrken af endokronen er undersøgt i fire af de inkluderede studier (14,21-23), hvoraf to finder ingen signifikant effekt af øget okklusalstyrke på frakturstyrken (14,22), et studie viser signifikant større frakturstyrke ved en øget okklusalstyrke (21), mens det sidste studie finder en signifikant lavere frakturstyrke ved øget okklusalstyrke (23).

Studierne finder modstridende resultater (14,21-23). Et af studierne sammenholdt endokroner udformet i henholdsvis lithiumdisilikat og zirkonia og fandt, at øget okklusalstyrke ved endokroner fremstillet af lithiumdisilikat øger frakturstyrken, hvorimod frakturstyrken reduceres ved endokroner fremstillet af zirkonia (21). Derfor kan man i kliniske situationer, hvor destruktionsgraden af tanden er stor, overveje lithiumdisilikat. Er destruktionsgraden imidlertid mindre, kan det i stedet overvejes at anvende zirkonia (21). Endokroner kan således anvendes på tænder med både stor og lille destruktionsgrad; dog synes det vigtigt at overveje materialevalg i forhold til den kliniske situation.

Materiale

En endokrone kan fremstilles "chairside" via CAD/CAM-teknik eller ved konventionelt silikoneaftryk, og den kan fremstilles af forskellige materialer. Endokronernes mekaniske egenskaber i forhold til forskellige materialer er undersøgt i fem studier (6,16,21,22,24). Fire studier finder signifikant større frakturstyrke af endokroner fremstillet af zirkonia sammenlignet med feldspatisk porcelæn, leucitforstærket glaskeramik og lithiumdisilikat (6,16,21,24). Et studie finder signifikant større frak- ▶

Oversigt over udvalgte studier

År	Forfatter	Studietype	Type af restaurering undersøgt	Formål
2021	Dartora et al.	<i>In vitro</i> & 3d-FEA	Endokroner (60)	Indflydelse af forskellige keramikker på frakturstyrken og frakturtypen
2020	Haralur et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (90)	Indflydelse af forskellige præparationsdesign (okklusal tykkelse, radikulær ekstension) og forskellige helkeramiske materialer på frakturstyrken
2020	Silva-Sousa et al.	<i>In vitro</i>	Intakte tænder (10) Endokroner (20) Glasfiber stift kroner (20)	Indflydelse af ferrule på frakturtype og brudstyrken
2020	Turkistani et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (30)	Indflydelse af forskellige okklusaltykkelser af endokroner på frakturstyrken og frakturtypen
2019	Clausson et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (40)	Indflydelse af forskellige præparationer på frakturstyrken
2019	de Kuijper et al.	<i>In vitro</i>	Kontrol (15) Endokroner (90)	Indflydelse af dybden af pulpakammeret og tilstedeværelse af emalje på størrelsen af frakturstyrken
2019	Einhorn et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (36)	Indflydelse af ferrule på frakturstyrken
2019	Ghajghouj and Taşar-Faruk	<i>In vitro</i>	Endokroner (96)	Indflydelse af forskellige keramikker og præparationdesign på frakturstyrken
2019	Rayyan et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (9) Stiftretinerede kroner (18)	Sammenligning af frakturstyrke af tænder restaureret med endokroner, stiftretinerede kroner uden ferrule og stiftretinerede kroner med en ferrule.
2019	Tribst et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (60)	Indflydelse af forskellige materialer og okklusaltykkelse af endokroner på frakturstyrken
2018	Dartora et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (30)	Indflydelse af dybden af præparationen i pulpakammeret på frakturstyrken
2018	Zou et al.	<i>In vivo</i>	Endokroner (289)	Klinisk evaluering af endokroner efter 6 måneder samt 1, 2 og 3 år
2017	Atash et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (10) Støbt stiftretinerede kroner (10) Fiber-stiftretinerede kroner (10)	Sammenligning af frakturstyrken mellem stiftretinerede kroner og endokroner
2017	Bankoğlu Güngör et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (20) Støbt stiftretinerede kroner (20) Fiber-stiftretinerede kroner(20)	Indflydelse af forskellige restaureringer af endodontisk behandlede tænder på frakturstyrken og frakturtypen
2017	Belleflamme et al.	<i>In vivo</i>	Endokroner (99)	Evaluering af dokumenterede patienttilfælde om endokroner og sammenholde resultat med kliniske parametre såsom tandpræparation og okklusale parametre
2017	Fages et al.	<i>In vivo</i>	Endokroner (235) Kroner (212)	Analyse af de kliniske resultater af endokroner over en 7-årig funktionel periode
2017	Hayes et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (36)	Evaluering af pulpakammer ekstension på frakturstyrken
2017	Kanat-Ertürk et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (100)	Indflydelse af præparationsdybde og forskellige keramikker på frakturstyrke og frakturtypen
2017	Rocca et al.	<i>In vitro</i>	Onlay (12) Endokroner (24) Fiber-stiftretinerede kroner (12)	Evaluering af frakturtypen af keramiske endokroner på præmolarer
2017	Taha et al.	<i>In vitro</i>	Endokroner (32)	Indflydelse af forskellige marginale præparationsudformninger og okklusaltykkelser på frakturstyrken og frakturtypen af endokroner
2016	Guo et al.	<i>In vitro</i>	Intakte tænder (10) Endokroner (10) Fiber-stiftretinerede kroner (10)	Evaluering af frakturstyrken og frakturtypen af endokroner og konventionelle stiftretinerede kroner

Table 3. Oversigt over udvalgte studier (18 *in vitro* og 3 *in vivo*) med angivelse af restaureringstyper samt formålet med studierne.

Table 3. Overview of selected studies (18 *in vitro* and 3 *in vivo*) including the examined restoration types and the purpose of the studies.

turstyrke af endokroner fremstillet af lithiumdisilikat sammenlignet med leucitforstærket glaskeramik (22).

Generelt udviste endokroner fremstillet af zirkonia den højeste frakturstyrke sammenholdt med feldspatisk porcelæn, leucitforstærket glaskeramik og lithiumdisilikat (6,16,24). Dog fandt man en højere incidens af katastrofale frakturer for zirkonia i forhold til de andre materialer (6,24). Zirkonia er et polykrystallinsk materiale, hvilket bevirker gode mekaniske egenskaber og de høje værdier for frakturstyrken (25). Den høje incidens af katastrofale frakturer kan skyldes det høje E-modul for zirkonia på 210 GPa, hvilket betyder, at zirkonia er et relativt stift materiale, samtidig er E-modulet for zirkonia markant højere end dentinens E-modul på 18 GPa (25). Denne diskrepans i E-modul kan potentielt lede til en mere ugunstig stressoverførsel fra restaurering til tand og dermed lede til flere katastrofale frakturer. Derimod er lithiumdisilikat en glaskeramik og har et E-modul på 100 GPa, der betyder, at materialet

er mindre stift, hvorfor det kan bevirke en mere gunstig stressoverførsel fra restaurering til tand og dermed lede til færre katastrofale frakturer (25).

Valget af materiale afhænger således af den kliniske situation, herunder mængden af resttandsubstans, pulpas udstrækning samt de påførte kraftpåvirkninger. Et klinisk eksempel af en endokrone fremstillet af lithiumdisilikat glaskeramik er illustreret med Fig. 4 før cementering og Fig. 5 efter cementering.

2. Fordele og ulemper forbundet med endokroner sammenholdt med stiftretinerede kroner

En sammenligning mellem endokroner og stiftretinerede kronen er foretaget af seks *in vitro*-studier (1,5,17,26-28). To studier fandt signifikant større frakturstyrke af endokroner sammenlignet med kronen med fiberforstærket stift og kronen med støbt stift (1,26). Et studie fandt, at endokroner udviste større frakturstyrke sammenlignet med kronen med zirkonia stift ▶

Helkeramisk endokrone

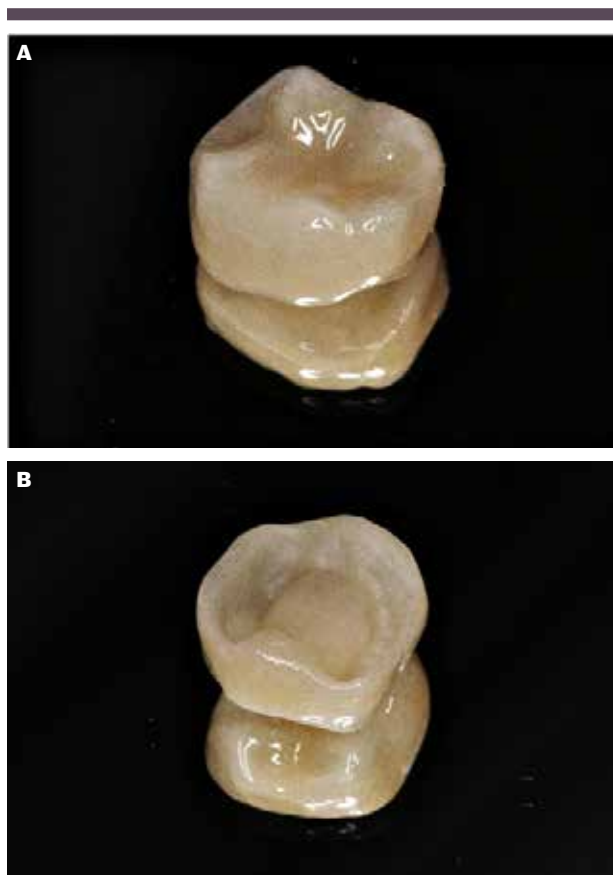


Fig. 4. Endokrone -6 udformet i lithiumdisilikat glaskeramik, E-max, inden cementering, set okklusalt fra (A) og apikalt fra (B).

Fig. 4. Endocrown -6 in lithium disilicate glass ceramic, E-max, before cementation, seen occlusal (A) and apical (B).

Kilde: Lars Rossel, tandlæge, partner, Colloseum Tandlægerne.
Email: Lars.rossel@colosseumklinikken.dk

Klinisk billede af endokrone -6 efter cementering



Fig. 5. Endokrone -6 udformet i lithiumdisilikat glaskeramik, E-max, efter cementering, set facialt fra (A) og okklusalt fra (B).

Fig. 5. Endocrown -6 after treatment with a lithium disilicate glass ceramic, E-max crown, seen facial from (A) and occlusal (B).

Kilde: Lars Rossel, tandlæge, partner, Colloseum Tandlægerne.
Email: Lars.rossel@colosseumklinikken.dk

Materialer og metoder af *in vitro*-studier

Studie	Type af tand	Type af restaurering	Kriterier for endokronepræparation
Dartora et al. (2021)	Mandibulære molarer	Endokroner, opdelt efter materiale: Leucitforstærket glaskeramik (15) Lithiumdisilikat glaskeramik (15) Zirkoniaforstærket lithium silicate glaskeramik (15) Monolitisk zirkonia (15)	Marginal præparation: Skulderpræparation uden ferrule Dybden af pulpakammer: 5 mm
Haralur et al. (2020)	Mandibulære molarer	Endokroner, opdelt efter materiale: Lithiumdisilikat glaskeramik (30) Polymer infiltreret keramik (30) Høj translucent monolitisk zirkonia (30) Underopdelt i 3 grupper: Okklusal reduktion; 2 mm (10), 4,5 mm (10), 4,5 mm og 2 mm radikulær ekstension (10)	Marginal præparation: Butt margin Dybden af pulpakammer: 3-3,5 mm - 5-5,5 mm Radikulær ekstension: 2 mm dybde, 0,9 mm bredde
Silva-Sousa et al. (2020)	Hjørnetænder	Intakte tænder (10) Endokroner (20) Glasfiber-stiftretinerede kroner (20)	Marginal præparation: Butt margin og skulderpræparation med 2 mm ferrule Dybden af pulpakammer: 4 mm - 6 mm.
Turkistani et al. (2020)	Mandibulære molarer	Endokroner, opdelt efter okklusaltykkelse: 3 mm (10) 4,5 mm (10) 6 mm (10)	Marginal præparation: Butt margin Dybden af pulpakammer: ≥ 2 mm
Clausson et al. (2019)	Mandibulære molarer	Endokroner, opdelt i 2 grupper: Endokroner i niveau med emalje-cement-grænsen = CEJ (10) Endokroner ≥ 1 mm over emaljementgrænsen CEJ (10) Onlays opdeles i 2 grupper: Fyldning af pulpakammeret med resin i niveau med emaljementgrænsen = CEJ (10) Fyldning af pulpakammeret med resin ≥ 1 mm over emaljementgrænsen CEJ (10)	Marginal præparation: Butt margin.
de Kuijper et al. (2019)	Tredje molarer	Endokroner, opdelt efter dybden af pulpakammeret: 0 mm (30) 2 mm (30) 4 mm (30) Undergrupper (2): Emalje og dentin til stede Dentin til stede	Marginal præparation: Butt margin.
Einhorn et al. (2019)	Mandibulære molarer	Endokroner, opdelt efter tilstedeværelse af ferrule og størrelsen af denne: 0 mm ferrule (12) 1 mm ferrule (12) 2 mm ferrule (12)	Marginal præparation: Butt margin Skulder med 1 mm; 2 mm ferrule. Dybden af pulpakammer: 2 mm.
Ghajghouj and Taşar-Faruk (2019)	Mandibulære præmolarer	Endokroner, opdelt efter anvendt materiale samt dybden af pulpakammer: Lithiumdisilikat glaskeramik med en dybde af pulpakammer på hhv. 2 mm (8) og 3 mm (8) Zirkoniaforstærket glaskeramik med en dybde af pulpakammer på hhv. 2 mm (8) og 3 mm (8) Poly-ether-ether-ketone med en dybde af pulpakammer på hhv. 2 mm (8) og 3 mm (8)	Marginal præparation: chamfer med 2 mm ferrule

	Materialer anvendt	Bindingsmateriale	Type af test
	Leucitforstærket glaskeramik (IPS Empress CAD, Ivoclar Vivadent AG) Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS og max CAD, Ivoclar Vivadent AG) Keramik forstærket med lithium, silicate og zirkoniumdioxid (VITA Suprinity PC, VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co KG) Monolitisk zirkonia (ZirkOM SI, Qinhuangdao Aidite High- Technical Ceramics Co Ltd)	RelyX Ultimate; 3M ESPE	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (Aksial belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax Press, Ivoclar Vivadent AG) Polymer infiltreret keramik, Hybrid Ceramic (Vita Enamic, VITA Zahnfabrik) Høj translucent zirkonia (Ceramill Zolid HT +White, Amann Girrbach AG)	RelyX Unicem 2; Automix, 3M ESPE	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (Aksial belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	RelyX Ultimate; 3M ESPE	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (45° skrå belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax Press, Ivoclar Vivadent AG)	Variolink II; Ivoclar Vivadent AG	Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (35° skrå belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD, Ivoclar Vivadent)	Variolink; Ivoclar Vivadent AG	Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (Aksial belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD, Ivoclar Vivadent)	Tetric Evoflow; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (45° skrå belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD, Ivoclar Vivadent)	RelyX Unicem; 3M ESPE	Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (45° skrå belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD, Ivoclar Vivadent). Zirkoniaforstærket glaskeramik (Vita Suprinity, Bad Säckingen) Poly-ether-ether-ketone (PEEK, CopraPeek Light, Whitepeaks, Essen)	Panavia V5; Kuraray Noritake Dental Inc.	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (Aksial belastning)

Tabel fortsættes på næste side ►

► Materialer og metoder af *in vitro*-studier

Studie	Type af tand	Type af restaurering	Kriterier for endokronepræparation
Rayyan et al. (2019)	Mandibulære molarer)	Endokroner (9) Glasfiber-stiftretinerede kroner uden ferrule (9) Glasfiber-stiftretinerede kroner med 2 mm ferrule (9)	Marginal præparation: Butt margin Chamfer med 2 mm ferrule
Tribst et al. (2019)	Mandibulære molarer	Endokroner, opdelt efter materiale samt underinddeles efter okklusaltykkelse; Leucitforstærket glaskeramik med hhv. 1,5 mm; 3 mm; 4,5 mm okklusaltykkelse (30) Lithiumdisilikat-glaskeramik med hhv. 1,5 mm; 3 mm; 4,5 mm okklusaltykkelse (30)	Marginal præparation: Butt margin
Dartora et al. (2018)	Mandibulære molarer	Endokroner, opdelt efter dybden af pulpakammeret: 1 mm (10) 3 mm (10) 5 mm (10)	Marginal præparation Skulder uden ferrule
Atash et al. (2017)	Mandibulære præmolarer	Endokroner (10) Glasfiber-stiftretinerede kroner (10) Støbte stiftretinerede kroner (10)	Marginal præparation: Butt margin Chamfer, ingen ferrule Dybden af pulpakammer, 3,5 mm
Bankoğlu Güngör et al. (2017)	Maksillære incisiver	Endokroner (20) Glasfiber-stiftretinerede kroner (20) Zirkonia-stiftretinerede kroner (20)	Marginal præparation; skulderpræparation med 2 mm ferrule Dybden af pulpakammer: 5mm Okklusaltykkelse, 6 mm
Hayes et al. (2017)	Mandibulære molarer	Endokroner, opdelt efter dybden af pulpakammeret: 2 mm (12) 3 mm (12) 4 mm (12)	Marginal præparation: Butt margin Okklusaltykkelse, 4 mm
Kanat-Ertürk et al. (2017)	Maksillære incisiver	Endokroner, opdelt efter materiale samt pulpakammerdybde på hhv. 3 mm eller 6 mm: Feldspatisk porcelæn (20) Lithiumdisilikat-glaskeramik (20) Resin-nano-keramik (20) Polymerinfiltreret keramik (20) Monoblock zirkonia (20)	Marginal præparation: Butt margin
Rocca et al. (2017)	Maksillære præmolarer	Onlays (12) Endokroner, opdelt efter pulpakammerdybde på hhv. 2 mm (12) og 4 mm (12) Glasfiber-stiftretinerede kroner (12)	Marginal præparation: Butt margin Chamfer med ferrule
Taha et al. (2017)	Mandibulære molarer	Endokroner, opdelt efter marginal præparation herunder underopdelt efter okklusaltykkelse. Butt margin design, 2 mm (8), 3,5 mm (8) okklusaltykkelse Skulder design, 2 mm (8) 3,5 mm okklusaltykkelse (8)	Marginal præparation: Butt margin Skulder, ferrule
Guo et al. (2016)	Mandibulære præmolarer	Intakte tænder (10) Endokroner (10) Fiber-stiftretinerede kroner (10)	Marginal præparation: Butt margin Dybden af pulpakammer 5 mm

Tablet 4. Tabellen viser en oversigt over tandregion, restaureringstype, præparation af endokroner, krone- og cementmateriale samt testmetoden, der var anvendt i de udvalgte *in vitro*-studier.

	Materialer anvendt	Bindingsmateriale	Type af test
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD, Ivoclar Vivadent)	RelyX Unicem; 3M ESPE	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (45° skrå belastning)
	Leucitforstærket glaskeramik (IPS Empress CAD, Ivoclar Vivadent AG) Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD, Ivoclar Vivadent)	Variolink; Ivoclar Vivadent AG	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (Aksial belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD, Ivoclar Vivadent)	RelyX ARC; 3M ESPE	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (Aksial belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD, Ivoclar Vivadent AG)	Panavia SA cement plus; Kuraray Noritake	Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (45° skrå belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD, Ivoclar Vivadent AG) Resin-nanokeramik (Lava Ultimate, 3M ESPE)	Bifix SE; Voco Cuxhaven	Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (45° skrå belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD, Ivoclar Vivadent)	Rely-X Unicem, 3M ESPE	Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (45° skrå belastning)
	Feldspatisk porcelæn (Vita Mark II, VITA) Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD Ivoclar Vivadent) Resin-keramik (LAVA Ultimate, 3M ESPE) Polymer infiltreret keramik, Hybrid Ceramic (Vita Enamic, VITA Zahnfabrik) Monoblock zirkonia (inCoris)	RelyX U200; 3M ESPE	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (45° skrå belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD Ivoclar Vivadent)	Multilink Automix; Ivoclar Vivadent	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (45° skrå og aksial belastning)
	Polymer infiltreret keramik, Hybrid Ceramic (Enamic; VITA Zahnfabrik)	RelyX Unicem 2; 3M ESPE	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (Aksial belastning)
	Lithiumdisilikat glaskeramik (IPS Emax CAD Ivoclar Vivadent)	Variolink II; Ivoclar Vivadent AG	Termomekanisk cyklisk belastningstest Frakturstyrketest Frakturtypeanalyse (45° skrå belastning)

Table 4. The table shows an overview of the tooth region, restoration type, preparation of endocrowns, crown and cement materials in addition to the test method used in the selected *in vitro* studies.

Materialer og metoder af *in vivo*-studier

Studie	Type af studie	Antal patienter	Type af tænder	Protetisk restaurering undersøgt	Præparationskriterier for endokroner	Materiale anvendt til endokroner	Adhæsiv forbehandling	Bonding materiale
Fages et al. (2017)	Prospektivt kohortestudie	323	447 molarer	Endokroner (235) Kroner (212)	Butt margin	Forstærket feldspatisk porcelæn - bonded VITA mark 2; VITA Zahnfabrik	Keramik: flussyre 5 % (VITA Ceramics Etch; VITA Zahnfabrik) Tænder: Phosphorsyre	Relyx Unicem; 3M
Zou et al. (2018)	Prospektivt kohortestudie	289	321 første- og andenmolarer	Endokroner	Butt margin	Monolitisk zirkonia (YZ HT 40/19; Vita Zahn- fabrik, Bad Säckingen, Germany)	Primer og adhæsiv (OptiBond Versa; Kerr, Orange, California, USA)	NX3 Nexus dual-cure resin-baseret cement (Kerr)
Belleflamme et al. (2017)	Retrospektivt kohortestudie	64	Molarer (56), Præmolarer (41), Hjørnetænder (2)	Endokroner	Ferrule	Lithiumdisilicat-glaskeramik (IPS empress 2 or IPS Emax Press) PICN (Enamic, Vita) Artisanal indirect composite	Tænder: 3-step etch-and-rinse (Optibond FL (Kerr, Bioggio, Swiss) Keramik: Flussyre 9% (Ultradent, Cologne). Ætset med phosphorsyre (Ultra-Etch, Ultradent, Cologne). Silanlag (Monobond S, Ivoclar) PICN: Flussyre Silanlag (Monobond S, Ivoclar) Artisanal composite: Sandblasted (Cojet) Silanlag (Monobond S, Ivoclar)	Variolink 2 (Ivoclar)

Table 5. Tabellen viser en oversigt over *in vivo*-studier med angivelse af patienter, tandregionen, restaureringstypen, præparation af endokroner, keramisk kronemateriale samt adhæsiv forbehandling og cementmaterialer.

Table 5. The table shows an overview of selected *in vivo* studies including the number of patients, teeth region, type of restoration, preparation of the endocrowns, ceramic crown material, the adhesive pretreatment, and cement materials.

og fiberforstærket stift; dog var der ingen statistisk signifikant forskel (27). Modsat fandt to studier lavere frakturstyrke af endokroner sammenlignet med kroner med fiberforstærket stift, hvor forskellen var signifikant i det ene studie (5), men ikke i det andet studie (28).

På molarer udviser endokroner overvejende gode mekaniske egenskaber i form af større frakturstyrke samt lavere andel af katastrofale frakturer sammenlignet med de stiftretinerede kroner (26). Resultaterne af de studier, der undersøgte endokroner på præmolarer, er ikke entydige, men indikerer, at endokronen kan tilføre øget frakturstyrke sammenholdt med de stiftretinerede kroner (1,17,28). Dog ses en relativt høj andel af katastrofale frakturer for endokronerne på præmolarer, hvilket

kan skyldes dimensioneringen af tanden og pulpakammer, der bevirker en mindre gunstig stressoverførsel fra endokrone til tand (28). Endokroner fremstillet i den anteriore region udviser mindre fordelagtige egenskaber sammenholdt med de stiftretinerede kroner (5,27). Endokroner i denne region ses ikke at øge tandens frakturstyrke, og andelen af katastrofale frakturer er større end for de stiftretinerede kroner (5,27). Dette kan skyldes de mindre dimensioner af pulpa, hvormed der opnås en formindsket makromekanisk retention, og derfor vil endokronerne være mere følsomme overfor de ikkeaksiale kræfter, der særligt ses i den anteriore region. Sammenfattende ses det, at endokroner kan udgøre et godt alternativ til de stiftretinerede kroner på molarer og muligvis præmolarer, medens der

Resultater af *in vitro*-studier

Studie	Frakturstyrke [N]	Frakturtype
Dartora et al. (2021)	Leucitforstærket glaskeramik (LC) = 1178 N Lithiumdisilikat glaskeramik (LD) = 1935 N Keramik forstærket med lithium, silicate og zirkoniumdioxid (LSZ) = 1859 N Monolitisk zirkonia (ZR) = 6333 N	<u>Ikkereparerbare komplikationer:</u> Leucitforstærket glaskeramik (LC): 10 % Lithiumdisilikat glaskeramik (LD): 35 % Keramik forstærket med lithium, silikat og zirkoniumdioxid (LSZ): 15 % Monolitisk zirkonia (ZR): 75 %
Haralur et al. (2020)	<u>2 mm okklusaltykkelse:</u> Lithiumdisilikat (LD) = 2863 N Polymer infiltreret keramik (PIC) = 1598 N Høj translucent monolitisk zirkonia (HTZ) = 3533 N <u>4,5 mm okklusaltykkelse:</u> Lithiumdisilikat (LD) = 3770 N Polymer infiltreret keramik (PIC) = 2685 N Høj translucent monolitisk zirkonia (HTZ) = 1066 N <u>4,5 mm okklusaltykkelse og radikulær ekstension:</u> Lithium disilikat (LD) = 3877 N Polymer infiltreret keramik (PIC) = 1936 N Høj translucent monolitisk zirkonia (HTZ) = 2951 N	<u>2 mm okklusaltykkelse:</u> Lithiumdisilikat (LD): 50 % ugunstige komplikationer Polymer infiltreret keramik (PIC): 40 % ugunstige komplikationer Høj translucent monolitisk zirkonia (HTZ): 10 % ugunstige komplikationer <u>4,5 mm okklusaltykkelse:</u> Lithiumdisilikat (LD): 80 % ugunstige komplikationer Polymer infiltreret keramik (PIC): 50% ugunstige komplikationer Høj translucent monolitisk zirkonia (HTZ): 20 % ugunstige komplikationer <u>4,5 mm okklusaltykkelse og radikulær ekstension:</u> Lithiumdisilikat (LD): 10 % ugunstige komplikationer Polymer infiltreret keramik (PIC): 0 % ugunstige komplikationer Høj translucent monolitisk zirkonia (HTZ): 90 % ugunstige komplikationer
Silva-Sousa et al. (2020)	Intakte tænder (S) = 1364,3 N Glasfiber stiftretinerede kroner med ferrule (GFPF+) = 1550,9 N Glasfiber-stiftretinerede kroner uden ferrule (GFPF-) = 1817,0 N Endokrone med ferrule (EF+) = 950,8 N	<u>Ikkereparerbare komplikationer:</u> Intakte tænder (S): 100 % Glasfiber-stiftretinerede kroner med ferrule(GFPF+): 20 % Glasfiber stiftretinerede kroner uden ferrule (GFPF-): 30 % Endokrone med ferrule (EF+): 100 %
Turkistani et al. (2020)	Okklusaltykkelse (6 mm) = 3090 N Okklusaltykkelse (4,5 mm) = 3344 N Okklusaltykkelse (3 mm) = 3806 N	<u>Okklusaltykkelse (6 mm):</u> Tandfraktur (6), Kronefraktur (1), Kombination (2), Debonding (1) <u>Okklusaltykkelse (4,5 mm):</u> Tandfraktur (4), Kronefraktur (0), Kombination (6), Debonding (0) <u>Okklusaltykkelse (3 mm):</u> Tandfraktur (6), Kronefraktur (0), Kombination (3), Debonding (1)
Clausson et al. (2019)	Endokrone, CEJ (SP0) = 1546,29 N Endokrone, over CEJ (SP1) = 1634,38 N Onlays, CEJ (CPO) = 1821,50 N Onlays, over CEJ (CP1) = 1924,05 N	Endokrone, CEJ (SP0): 100% ikkereparerbar fraktur Endokrone, over CEJ (SP1): 100 % ikkereparerbar fraktur Onlays, CEJ (CPO): 90 % ikkereparerbar fraktur Onlays, over CEJ (CP1): 100 % ikkereparerbar fraktur
de Kuijper et al. (2019)	Kontrolgruppe = 1080 ± 279 N Pulpakammer dybde, 0 mm: Dentin = 782 ± 353 N Emalje = 812 ± 235 N Pulpakammer dybde, 2 mm: Dentin = 884 ± 394 N Emalje = 1071 ± 408 N Pulpakammer dybde, 4 mm: Dentin = 923 ± 345 N Emalje = 1036 ± 278 N	
Einhorn et al. (2019)	Endokroner, uden ferrule = 638 N Endokroner, 1 mm ferrule = 1101 N Endokroner, 2 mm ferrule = 956 N	Endokroner, uden ferrule = Adhæsiv fraktur (0), Reparerbar fraktur (2), Katastrofal fraktur (10), Kohæsiv rodfraktur (0), Kohæsiv keramikfraktur (0) Endokroner, 1 mm ferrule = Adhæsiv fraktur (2), Reparerbar fraktur (21), Katastrofal fraktur (8), Kohæsiv rodfraktur (0), Kohæsiv keramikfraktur (1) Endokroner, 2 mm ferrule = Adhæsiv fraktur (0), Reparerbar fraktur (0), Katastrofal fraktur (12), Kohæsiv rodfraktur (0), Kohæsiv keramikfraktur (0)
Ghajghouj et al. (2019)	Lithiumdisilikat (LD) = 1196 N Zirkonia forstærket glaskeramik (ZRC) = 1784 N Poly-ether-ether-ketone (PEEK) = 3026 N	
Rayyan et al. (2019)	Stiftretinerede kroner med ferrule (CF) = 491,13 N Stiftretinerede kroner uden ferrule (CNF) = 458,57 N Endokrone (EC) = 584,48 N	<u>Stiftretinerede kroner med ferrule (CF):</u> 5/9 Katastrofal rodfraktur, 4/9 reparerbar rodfraktur <u>Stiftretinerede kroner uden ferrule (CNF):</u> 1/9 fraktur af restaurering, 3/9 katastrofal rodfraktur 5/9 reparerbar rodfraktur <u>Endokrone (EC):</u> 3/9 katastrofal rodfraktur , 6/9 reparerbar rodfraktur

Tabel fortsættes på næste side ►

► Resultater af *in vitro*-studier

Studie	Frakturstyrke [N]	Frakturtype
Tribst et al. (2019)	<p><u>Okklusaltykkelse, 1,5 mm:</u> Lithiumdisilikat (LD) = 1570 N Leucitforstærket glaskeramik (LC) = 1556 N</p> <p><u>Okklusaltykkelse, 3 mm:</u> Lithium disilikat (LD) = 1813 N Leucitforstærket glaskeramik (LC) = 1313 N</p> <p><u>Okklusaltykkelse, 4,5 mm:</u> Lithiumdisilikat (LD) = 1759 N Leucitforstærket glaskeramik (LC) = 1070 N</p>	
Dartora et al. (2018)	<p>Endokroner, 5 mm pulpakammerdybde = 2008,61 N Endokroner, 3 mm pulpakammerdybde = 1795,41 N Endokroner, 1 mm pulpakammerdybde = 1268,12 N</p>	
Atash et al. (2017)	<p>Endokroner = 1717 N Fiber stiftretinerede kroner = 1091 N Støbt stiftretinerede kroner = 1068 N</p>	<p>Endokroner: 70 % ufavorabel fraktur Fiber-stiftretinerede kroner: 40 % ufavorabel fraktur Støbt stiftretinerede kroner: 90 % ufavorabel fraktur</p>
Bankoğlu Güngör et al. (2017)	<p>Zirkonia stift/resin-nano-keramik krone (ZrRNC) = 893 N Fiber stift/resin- nano-keramik krone, (FBRNC) = 580 N Zirkonia stift/lithiumdisilikat-keramikkrone, (ZrLDS) = 764 N Fiber-stift/lithiumdisilikat-keramik, (FbLDS) = 646 N Resin-nano-keramik endokrone, EndoRNC = 869 N Lithiumdisilikat-keramik-endokrone, EndoLDS = 915 N</p>	<p><u>Zirkonia stift/resin-nano-keramik krone (ZrRNC)</u> = Fraktur af restaurering (7), Stift fraktur med eller uden fraktur af restaurering (3), Løsning uden fraktur (0), Fraktur af tand (0) <u>Zirkoniasstift-lithiumdisilikat-keramik krone (ZrLDS)</u> = Fraktur af restaurering (3), Stiffaktur med eller uden fraktur af restaurering (6), Løsning uden fraktur (1), Fraktur af tand (0) <u>Fiberstift-resin- nano-keramik-krone (FBRNC)</u> = Fraktur af restaurering (3), Stift fraktur med eller uden fraktur af restaurering (0), Løsning uden fraktur (7), Fraktur af tand (0) <u>Fiberstift-lithiumdisilikat-keramik (FbLDS)</u> = Fraktur af restaurering (8), Stiffaktur med eller uden fraktur af restaurering (0), Løsning uden fraktur (2), Fraktur af tand (0) <u>Resin-nano-keramik endokrone, (EndoRNC)</u> = Fraktur af restaurering (0), Stiffaktur med eller uden fraktur af restaurering (0), Løsning uden fraktur (0), Fraktur af tand (10) <u>Lithiumdisilikat-keramik-endokrone (EndoLDS)</u> = Fraktur af restaurering (3), Stiffaktur med eller uden fraktur af restaurering (0), Løsning uden fraktur (0), Fraktur af tand (7)</p>
Hayes et al. (2017)	<p>Endokroner, 2 mm pulpakammer dybde = 843,4 N Endokroner, 3 mm pulpakammer dybde = 762,8 N Endokroner, 4 mm pulpakammer dybde = 943,5 N</p>	<p><u>Endokroner, 2 mm pulpakammer dybde:</u> Adhæsiv (3), Restaurerbar fraktur (1), Katastrofal fraktur (8) <u>Endokroner, 3 mm pulpakammer dybde:</u> Adhæsiv (1), Restaurerbar fraktur (0), Katastrofal fraktur (8) <u>Endokroner, 4 mm pulpakammerdybde:</u> Adhæsiv (1), Restaurerbar fraktur (1), Katastrofal fraktur (10)</p>
Kanat-Ertürk et al. (2017)	<p><u>Endocore længde: 6 mm (L); 3 mm (S):</u> Monoblock zirkonia: L = 610 N, S=533 N</p> <p>Lithiumdisilikat: L = 225, S=244 N Polymer infiltreret keramik: L = 182, S=172 N</p> <p>Resin-keramik: L = 99, S = 81 N Feldspatisk porcelæn: L = 71, S = 47 N</p>	<p>Zirkonia, endocore 6 mm (L): 40 % ikkereparerbar fraktur Zirkonia, endocore 3 mm(S): 10 % ikkereparerbar fraktur De resterende keramikker udviste kun "reparerbare frakturer"</p>
Rocca et al. (2017)		<p>Endokroner, endocore 2 mm: 60 % katastrofale frakturer Endokroner, endocore 4 mm: 50 % katastrofale frakturer Stiftretinerede kroner: 80 % katastrofale frakturer</p>
Taha et al. (2017)	<p>Endokroner, ferrule = 1270 N Endokroner, butt margin = 1140 N</p>	
Guo et al. (2016)	<p>Intakte tænder (GI) = 997,1 N Endokroner (GE) = 479,1 N Fiber-stiftretinerede kroner (GC) = 510,1 N</p>	<p>Intakte tænder (GI): 30 % ufavorable komplikationer Endokroner (GE): 60 % ufavorable komplikationer Fiber-stiftretinerede kroner (GC): 60 % ufavorable komplikationer</p>

Tabel 6. Tabellen viser resultaterne for frakturstyrke (i Newton: N) og frakturtypen i *in vitro*-studierne.

Table 6. The table shows the results of the *in vitro* studies showing fracture strength (in Newton: N) and failure modes of endocrowns.

Resultater af *in vivo*-studier

Studie	Opfølgingsperiode	Overlevelsesrate	Komplikationer
Zou et al. (2018)	6 måneder samt 1 år, 2 år, 3 år	Overlevelsesrate for endokrone: 100 % Tilfredshed: Farve: Meget tilfredse 99 % Morfologi: Meget tilfredse 98 % Komfort: Meget tilfredse 98 %	N = 0
Fages et al. (2017)	Gennemsnitligt 55 måneder, op til 7 år	Succesrate: Endokroner = 99 % Kroner = 98 % Overlevelsesrate: Endokroner = 99 % Kroner = 99 %	N = 6: Endokroner: 1 fraktur Kroner: 5 frakturer
Belleflamme et al. (2017)	Gennemsnitligt 44,7 ± 34,6 måneder	Succesrate af endokroner: 89 % Overlevelsesrate af endokroner: 99 % Tilfredshed: 96 % var vurderet til at være klinisk gode.	n=10: Parodontal patologi: 3 Debonding: 2 Mindre frakturer: 2 Caries: 2 Større frakturer: 1

Tabel 7. Tabellen viser resultaterne for *in vivo*-studierne, herunder hvor lang opfølgingsperioden har været, succes- og overlevelsesraten af restaureringerne og antallet af komplikationer.

Table 7. The table shows the results for the *in vivo* studies. It shows the follow up period in the studies, the success and survival rate, and the complications of the restorations.

på incisiver og hjørnetænder bør overvejes klassiske stiftretinerede kroner.

3. Evidensen for endokroner i *in vivo*-studier

Indenfor de seneste fem år findes der tre *in vivo*-studier omhandler endokroner. Endokronerne i disse studier følges i henholdsvis tre, fire og syv år (10-12). Studierne finder gode succes- og overlevelsesrater på > 89 % for endokroner på molarer og præmolarer. Problemet med disse *in vivo*-studier er, at der er tale om ikke-randomiserede kohortestudier. Der vurderes i alle studierne høj risiko for bias i henhold til ROBINS-1 tool (13). Dette skyldes primært risikoen for selektionsbias, idet der ikke foreligger en nøjagtig beskrivelse af, hvilke tænder der medinddrages og destruktionsgraden af disse i studierne (Tabel 2). Ydermere er resultaterne i flere af studierne vurderet af samme behandler, der også har udført behandlingen, hvilket kan påvirke resultatet (Tabel 2). Overordnet mangler der randomiserede, kontrollerede studier, der kan begrunde en klinisk anbefaling af, hvorvidt der er evidens for behandling af patienter med endokroner.

KONKLUSIONER

På baggrund af den gennemgåede litteratur i dette systematiske review er følgende faktorer vigtige for endokronens styrke:

- En marginal præparation med 1 mm ferrule.
- En intrapulpal ekstension på 2 mm og ingen ekstension i rodkanalerne.

- En okklusal præparation afhænger af resttandsubstans.
- Ved tænder med stor destruktionsgrad kan endokronen fremstilles af lithiumdisilikat, mens endokronen kan fremstilles i zirkonia ved tænder med mindre destruktionsgrad, da den mindre okklusaltykkelse her viser at tilføre restaureringen større styrke.

In vitro-studierne indikerer, at endokroner potentielt kan anvendes fremfor de stiftretinerede kroner på molarer, muligvis på præmolarer, men ikke på fronttænder, hvor stiftretinerede kroner fortsat viser bedre tekniske egenskaber.

Der er kun få *in vivo*-studier, resultaterne er ikke entydige, og studierne vurderes at have høj risiko for bias. Der er derfor brug for randomiserede, kontrollerede studier for at kunne vurdere, om og i hvilket omfang endokroner kan være et alternativ til traditionel restaurerende behandling af rodbehandlede tænder.

TAK

Tak til Lars Rosse, tandlæge, partner, Colloseum Tandlægerne for kliniske fotos af endokrone. ♦

ABSTRACT (ENGLISH)

ENDOCROWNS AS AN ALTERNATIVE RESTORATION TO POST-RETAINED CROWNS ON ENDODONTIC TREATED TOOTH. A SYSTEMATIC REVIEW

INTRODUCTION - The purpose of this systematic review is to evaluate the use of endocrowns, as a mean to restorative treatment on endodontically treated teeth. Based on the most recent publications, the following aspects of endocrowns are examined: 1. The manufacturing of the endocrown, including the preparation and material, 2. The advantages and disadvantages, in comparison to post and core crowns, 3. The evidence for endocrowns in *in vivo* studies.

MATERIALS AND METHOD - The search in PubMed identified 132 publications. Of which 36 studies were published prior to our defined 5-year limitation. Subsequently 96 studies were screened from title and abstract based on in- and exclusion criteria. In total 21 papers were included.

RESULTS - The outcome of the *in vitro* studies indicates, that endocrowns show higher fracture strength and a lower amount of catastrophic fractures with a 1 mm ferrule, a 2 mm

extension in the pulp chamber, and no extension in the root canals. The preferred occlusal thickness of the endocrown depends on the chosen material. Zirkonia showed the best mechanical properties, compared to lithium disilicate and leucite based glass ceramic. The endocrown displays greater mechanical abilities, and low incidence of failures in the posterior region, compared to post and core crowns. While on the contrary post and core crowns are superior in the anterior region. The clinical studies indicate favorable clinical results and survival for endocrowns. Despite this, the studies are non randomized cohort studies and generally carry a high risk of bias, why the results are inconclusive.

CONCLUSION - The *in vitro* studies show that endocrowns may be an alternative restorative treatment to post and core crowns, with promising results in the posterior region. However, there is a lack of randomized, controlled studies that compares success- and survival rate of endocrowns with post and core crowns.

LITTERATUR

- Atash R, Arab M, Duterme H et al. Comparison of resistance to fracture between three types of permanent restorations subjected to shear force: An *in vitro* study. *J Indian Prosthodont Soc* 2017;17:239-49.
- Aquilino SA, Caplan DJ. Relationship between crown placement and the survival of endodontically treated teeth. *J Prosth Dent* 2002;87:256-63.
- Isidor F, Bahrami, G. Konebehandling af den endodontisk behandlede tand. *Tandlægebladet* 2014;118:540-9.
- Peutzfeldt A, Asmussen E, Sahafi A. Effekten af rodstiftsdimension, elasticitetsmodul og adhæsive binding på spændingsdistributionen i tænder. *Tandlægebladet* 2018;112:402-9.
- Silva-Sousa AC, Moris ICM, Barbosa AFS et al. Effect of restorative treatment with endocrown and ferrule on the mechanical behaviour of anterior endodontically treated teeth: An *in vitro* analysis. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020;112:104019.
- Dartora NR, Moris ICM, Poole SF et al. Mechanical behaviour of endocrowns fabricated with different CAD-CAM ceramic systems. *J Prosth Dent* 2021;125:117-25.
- Pissis P. Fabrication of a metal-free ceramic restoration utilizing the Monobloc technique. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1995;7:83-94.
- Bindl A, Mórmann WH. Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years - preliminary results. *J Adhes Dent* 1999;1:255-65.
- Dartora NR, Ferreira MBC, Moris ICM et al. Effect of intracoronary depth of teeth restored with endocrowns on fracture resistance: *In vitro* and 3-dimensional finite element analysis. *J Endod* 2018;44:1179-85.
- Zou Y, Bai J, Xiang J. Clinical performance of CAD/CAM-fabricated monolithic zirconia endocrowns on molars with extensive coronal loss of substance. *Int J Comput Dent* 2018;21:225-32.
- Fages M, Raynal J, Tramini P et al. Chairside computer-aided design/computer-aided manufacture all-Ceramic crown and endocrown restorations: A 7-year survival rate study. *Int J Prosthodont* 2017;30:556-60.
- Belleflamme MM, Geerts SO, Louwette MM et al. No post-no core approach to restore severely damaged posterior teeth: An up to 10 year retrospective study of documented endocrown cases. *J Dent* 2017;63:1-7.
- Sterne JA, Hernán MA, Reeves BC et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ* 2016;355:i4919.
- Taha D, Spintzyk S, Schille C et al. Fracture resistance and failure modes of polymer infiltrated ceramic endocrown restorations with variations in margin design and occlusal thickness. *J Prosthodont Res* 2018;62:293-7.
- Einhorn M, DuVall N, Wajdowicz M et al. Preparation ferrule design effect on endocrown failure resistance. *J Prosthodont* 2019;28:237-42.
- Ghajghouj O, Tasar-Faruk. Evaluation of fracture resistance and microleakage of endocrowns with different intracoronary depths and restorative materials luted with various resin cements. *Materials (Basel)* 2019;12:2528.
- Rocca GT, Daher R, Saratti CM et al. Restoration of severely damaged endodontically treated premolars: The influence of the endocrown length on marginal integrity and fatigue resistance of lithium disilicate CAD-CAM ceramic endocrowns. *J Dent* 2018;68:41-50.
- de Kuyper MCFM, Cune MS, Tromp Y et al. Cyclic loading and load to failure of lithium disilicate endocrowns: Influence of the restoration extension in the pulp chamber and the enamel outline. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020;105:103670.
- Hayes A, Duvall N, Wajdowicz M et al. Effect of endocrown pulp chamber extension Depth on molar fracture resistance. *Oper Dent* 2017;42:327-34.
- Claussou C, Schroeder CC, Goloni PV et al. Fracture resistance of CAD/CAM lithium disilicate of endodontically treated mandibular damaged molars based on different preparation designs. *Int J Biomater* 2019;12:2475297.
- Haralur SB, Alamrey AA, Alshehri SA et al. Effect of different preparation designs and all ceramic materials on fracture strength of molar endocrowns. *J Appl Biomater Funct Mater* 2020;18:2280800020947329.

22. Tribst JP, Piva AOD, Madruga CFL et al. The impact of restorative material and ceramic thickness on CAD/CAM endocrowns. *J Clin Exp Dent* 2019;11:969-77.
23. Turkistani AA, Dimashkieh M, Rayyan M. Fracture resistance of teeth restored with endocrowns: An in vitro study. *J Esthet Restor Dent* 2020;32:389-94.
24. Kanat-Ertürk B, Sarıdag S, Kösele E et al. Fracture strengths of endocrown restorations fabricated with different preparation depths and CAD/CAM materials. *Dent Mater J* 2018;37:256-65.
25. Øilo M, Kvam K. Dentale keramer – typer og egenskaber. *Tandlægebladet* 2016;120:1092-8.
26. Rayyan MR, Alauti RY, Abanmy MA et al. Endocrowns versus post-core retained crowns for restoration of compromised mandibular molars: an in vitro study. *Int J Computer Dent* 2019;22:39-44.
27. Bankoglu Güngör M, Bal BT, Yılmaz H et al. Fracture strength of CAD/CAM fabricated lithium disilicate and resin nano ceramic restoration used for endodontically treated teeth. *Dent Mater J* 2017;36:135-41.
28. Guo J, Wang Z, Li X et al. A comparison of the fracture resistance of endodontically treated mandibular premolars restored with endocrowns and glass fiber post-core retained conventional crowns. *J Adv Prosthodont* 2016;8:489-93.