

Tandfarvede materialer til fremstilling af indlæg og kroner

II. Keramiske materialer

Anne Peutzfeldt

Det kosmetiske aspekt af tandplejen får større og større betydning, og nye tandfarvede materialer kommer til stadighed på markedet. I to artikler gennemgås anvendelsen af disse materialer i den indirekte teknik. Den første artikel beskrev de kompositte plast der er beregnet til indlæg og kroner, mens nærværende artikel beskriver de keramiske materialer der er på markedet til brug for fuldkeramiske restaureringer. Materialernes mekaniske egenskaber og binding til tandsubstans diskuteres, og resultaterne af kliniske undersøgelser vedr. holdbarheden af forskellige typer af restaureringer vises. Til slut sammenlignes holdbarheden af de nyere typer af restaureringer med holdbarheden af mere konventionelle typer af restaureringer.

Denne og den foregående artikel er baseret på et foredrag holdt ved symposiet »Alternatives to the Management of Carious Lesions« i Charleston, S.C., USA, og en artikel publiceret i Operative Dentistry 2001; Suppl. 6: 153-76.

I dag har tandlægen et væld af materialer og metoder at vælge mellem når en tand skal restaureres. Mange af disse materialer er tandfarvede, hvilket øger muligheden for at imødekomme patientens behov for en kosmetisk tilfredsstillende løsning.

Nærværende artikel er den anden af to artikler om tandfarvede materialer beregnet til indirekte restaureringer og omhandler keramiske materialer. Materialernes mekaniske og fysiske egenskaber samt bindingsevne til tandsubstans vil blive gennemgået. Denne gennemgang giver en baggrund for at forstå de krav der stilles til fx kavitetsudformning, håndtering af materialerne og retentionsskabende foranstaltninger. Laboratoriemålingerne suppleres med resultater fra kliniske undersøgelser, og holdbarheden af forskellige restaureringstyper sammenlignes.

Keramik

Keramiske materialer har andre fordele og ulemper end komposit plast, hvis anvendelse til indirekte restaureringer blev diskuteret i den første af disse to artikler om tandfarvede indirekte restaureringer. Den største bekymring omkring keramiske materialer er deres skørhed og dermed følgende tendens til at frakturere samt deres tilbøjelighed til at slide på antagonisterne. De keramiske materials høje kosmetiske kvalitet og biokompatibilitet gør imidlertid disse materialer populære som restaureringsmaterialer.

Brugen af porcelæn i tandlægearbejde begyndte i det 18. århundrede med kunstige tænder. De såkaldte jacketkroner har været i brug siden 1903, og i begyndelsen af 1960'erne blev det første virkeligt anvendelige metalkeramiske (MK) system lanceret. MK-teknikken kompenserer for porcelænets skørhed og relativt lave brudstyrke og forøger således restaureringens modstand mod brud. Metalkappen kan imidlertid kompromittere restaureringens æstetik, hvilket har motiveret udviklingen af fuldkeramiske systemer med tilstrækkelig styrke og præcision til at de kan konkurrere med MK-restaureringer. Under fremstilling, beslibning og polering af keramiske restaureringer opstår defekter i materialet. Det har vist sig at brud i skøre materialer, og således i keramiske materialer, starter ud fra porer og revner. For de mange fuldkeramiske systemer der er blevet introduceret i løbet af de sidste 10 år, har man derfor forsøgt at nedbringe risikoen for defekter og revnedannelse samt at øge styrken. Denne artikel beskriver de forskellige typer af fuldkeramiske systemer.

Keramik er det overordnede begreb på området og defineres som en forbindelse mellem metaller og ikke-metaller hvis fremstilling kræver høj temperatur. Denne definition er meget almen og dækker materialer som vinduesglas, tallerkner og også de keramiske materialer der anvendes inden for odontologien.

Ved *porcelæn* forstås en keramik der er hvid og desuden transparent. De keramiske materialer der anvendes til restaurering af tænder, er alle hvide eller hvidlige. Visse typer er dog så lidt transparente at de næppe kan kaldes porcelæner. Som regel anvendes keramik og porcelæn som synonyme. Dentale keramiske materialer består af en blanding af en eller flere krystallinske faser samt en glasfase. Begrebet glaskeramik blev introduceret for at beskrive et materiale hvor der fra en glasfase er udskilt en krystallinsk fase. Disse krystaller er således et produkt af glasset og er ikke blevet tilsat.

Sintret keramik

Sintret keramik er normalt baseret på kalium- ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) og/eller natriumfeldspat ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) og kvarts (SiO_2) samt diverse borater, og fremstilles ved sammensmeltning af disse mineraler ved høj temperatur (1200-1250° C). Tilsætning af forskellige pigmenter giver mulighed for fremstilling af restaureringer i forskellige farver og grader af transparens. Efter nedkøling bliver massen knust til pulver. Tandteknikeren rører dette pulver ud med vand, og blandingen anvendes nu til lagvis opbygning af restaureringen på en model. Restaureringen opvarmes derefter, hvorved pulverpartiklernes overflade smelter, og partiklerne sintrer sammen.

Al₂O₃-forstærket porcelæn

Som nævnt er feldspatisk porcelæn i det store og hele en blanding af feldspat og kvarts. Ved tilsætning af aluminiumoxidpartikler (Al_2O_3) til porcelænspulveret opnås en styrkelse af porcelænet, idet disse partikler hæmmer udbredelsen af revner i materialet. Desværre nedsætter tilsætningen af aluminiumoxid transparensen af porcelænet. Porcelæn forstærket med aluminiumoxid anvendes derfor ofte som kernemateriale, der efterfølgende dækkes med konventionelt feldspatisk porcelæn med et lavere indhold af aluminiumoxid.

Procera AllCeram

Procera AllCeram er en særlig type sintret keramik baseret på aluminiumoxid. Gipsmodellens form aflæses af en scanner som videresender informationen til en fræsemaskine. Denne fremstiller en ildfast model som er 20% større end den oprindelige model, således at der kompenseres for kontraktionen under sintring af pulveret. Der fremstilles en kerne som efterfølgende dækkes med enten et konventionelt feldspatisk porcelæn eller lavtsmeltende Procera AllCeram porcelæn. Da konventionel ætsning med flussyre ikke påvirker aluminiumoxid, må der anvendes andre retentionsskabende teknikker i forbindelse med cementeringen. Det me-

get høje indhold af aluminiumoxid og en stor tæthed gør Procera AllCeram til et af de stærkeste keramiske materialer for nuværende.

Leucitforstærket porcelæn

Konventionelt feldspatisk porcelæn indeholder ofte en lille mængde leucit ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$). Anvendelse af en relativt stor andel kaliumfeldspat resulterer i et porcelæn med et forhøjet indhold af leucit. Dette er nødvendigt i porcelæn der skal brændes på metal i MK-restaureringer for at højne den termiske ekspansionskoefficient så den kommer til at svare til metallens. Et forøget leucitindhold forstærker desuden visse porcelæner beregnet til fuldkeramiske restaureringer, fx IPS Empress og Optec HSP. Leucitkrystallerne kontraherer mere end den omkringliggende glasmatrix under sintringen. Dette resulterer i dannelse af trykspændinger i glasfasen hvilket igen kan reducere spændingen i spidsen af en propagerende revne. Desværre synes det høje leucitindhold at medvirke til et forholdsvis kraftigt slid på de modstående tænder (1).

Lavtsmeltende porcelæn

I den senere tid er en række lavtsmeltende porcelæner blevet lanceret såsom Finesse, Duceram LFC og Procera AllCeram porcelæn. Som navnet antyder sintres disse porcelæner ved temperaturer der er lavere end normalt for fuldkeramiske porcelæner. Dette opnås hovedsagelig ved et reduceret eller endog manglende indhold af leucit eller ved mindre leucitkrystaller og resulterer desuden i porcelæner med en betydeligt mindre tendens til at slide antagonisterne (2). Lavtsmeltende porcelæner kan anvendes som eneste materiale til facader og indlæg/*onlays* eller uden på et andet porcelæn til kroner. Således kan Finesse bruges til at dække kerner eller kapper af presset Finesse All-Ceramic, og Duceram LFC kan anvendes til at dække et lag af Duceram Plus (tidligere Duceram Metal Ceramic). Procera AllCeram porcelæn er udviklet som dækmateriale til Procera AllCeram kerner.

Støbbar keramik

Denne gruppe materialer afviger fra de sintrede keramikker ved at de leveres som keramikblokke. Blokkene anvendes til kerner eller hele restaureringer vha. vokselimineringsteknikken på samme måde som ved støbning af metallegeringer.

Dicor

Dicor blev lanceret i midten af 1980'erne som den første dentale støbbare glaskeramik. På dentallaboratoriet bliver glaskeramikken først støbt. Under afkølingen af den støbte

Dicor restaurering dannes submikroskopiske krystaller af MgF_2 . Disse krystaller fungerer som kimdannere under den efterfølgende varmebehandling, den såkaldte keramisering, som fører til dannelsen af et glaskeramisk materiale med ca. 55% micakrystaller med en kornstørrelse på 1-3 μm . Den keramiserede Dicor restaurering kan dækkes med lag af forskelligt farvet feldspatisk porcelæn. Som tidligere nævnt øger krystallerne ved deres tilstedeværelse styrken af materialet.

Presbar keramik

Med et andet glaskeramisk materiale, IPS Empress, bliver blokkene opvarmet og presset ind i en ildfast model ligeledes ved anvendelse af vokselimineringsteknikken. IPS Empress indeholder 30-40 volumen% leucitkrystaller og har derfor en øget bøjestykke (3). Restaureringens endelige farve opnås ved bemaling eller påbrænding af dækporcelæn. IPS Empress blev for nogle år siden erstattet af IPS Empress 2, ligeledes til anvendelse sammen med et dækporcelæn. Kerne-materialet er en glaskeramik der indeholder lithiumsilikat og lithiumortofosfatkrystaller, mens dæk materialet indeholder fluoroapatitkrystaller. Et større indhold af krystallisk fase resulterer i en øget styrke af IPS Empress 2 sammenlignet med den oprindelige IPS Empress.

Optec OPC er ligeledes en leucitholdig glaskeramik som forarbejdes under tryk og varme. Den kan anvendes som eneste materiale til facader, indlæg/*onlays* og kroner eller som kernemateriale der dækkes af en leucitforstærket feldspatisk porcelæn. Optec OPC hævdes at have et større indhold af mindre leucitkrystaller end Optec HSP.

Fræset keramik

De keramiske materialer beregnet til fræsning leveres som keramikblokke i forskellige nuancer og anvendes enten i »computer-aided design – computer-aided manufacturing« (CAD-CAM) teknikker eller i kopifræseteknikker.

Cerec

I CAD-CAM-teknikken (Cerec), der blev udviklet af *Mörmann & Brandistini*, og gjort kommercielt tilgængelig i 1988, bliver kaviteten kortlagt af et minikamera og overført til en computer med link til en fræsemaskine. Restaureringen fræses ud af en keramikblok i løbet af 10-15 min. Efter justering og polering af okklusalfladen er restaureringen klar til cementering. Denne CAD-CAM-teknik er beregnet til anvendelse på tandklinikken, og der fremstilles en restaurering på bare ét besøg. Forskellige keramiske materialer er blevet anvendt i CAD-CAM-teknikken: Cerec Vitablocs Mark I var det først anvendte i Cerec systemet. Der er tale om et feldspatisk porcelæn

hvis sammensætning er magen til MK-porcelæners sammensætning. Cerec Vitablocs Mark II er et feldspatisk porcelæn med en finere kornstørrelse som hævdes at have øget styrke og nedsat abrasivitet over for antagonist. Dicor MGC er en glaskeramik med fluoromicakrystaller i en glasmatriks. Dette materiale har større bøjestykke end støbt Dicor (4). CAD-CAM-teknik er hovedsagelig blevet anvendt til indlæg/*onlays*, men for nylig er et softwareprogram som tillader fræsning af kroner, kommet på markedet.

Celay

I Celay kopifræseteknikken bygges restaureringen op i komposit plast på en gipsmodel. Restaureringen bliver derefter aftastet med en digital føler som overfører formen til Celay fræseenheden på samme måde som en nøglefræser. De samme keramiske blokke som anvendes i CAD-CAM-systemerne kan bruges til Celay systemet.

Når restaureringer fremstilles fra ensfarvede blokke, er det klart at restaureringerne har lavere kosmetisk potentiale, og fræsedede restaureringer anvendes derfor hovedsagelig i kindtandsområdet.

Infiltreret keramik

In-Ceram er en såkaldt infiltrationskeramik og anvendes som kernemateriale der efterfølgende dækkes med feldspatisk porcelæn. Først fremstilles en krystallinsk kerne ved sintring af enten aluminiumoxid, spinel ($MgO-Al_2O_3$) eller zirkoniumoxid. Den porøse struktur infiltreres derefter med smeltet lanthanglas vha. kapillærkræfter. Glasinfiltreringen reducerer porøsiteten, og krystallerne hæmmer udbredelsen af revner. Begge faktorer forklarer hvorfor In-Ceram på nuværende tidspunkt er et af de stærkeste keramiske materialer på markedet. Anvendelse af spinel forbedrer kernens translucens, men nedsætter de mekaniske egenskaber. Som det er tilfældet med Procera AllCeram systemet, kan kernen ikke ætzes med flussyre, hvorfor ætsning må erstattes af andre teknikker.

Mekaniske egenskaber

Bøjestykke

Bøjestykke er en af de hyppigst målte mekaniske egenskaber for keramiske materialer. Da konventionelle feldspatiske restaureringer har udpræget tilbøjelighed til at frakturere, er udviklingen gået imod stærkere og stærkere keramikker. Dette fremgår af Tabel 1, som viser repræsentative værdier for forskellige typer og fabrikater af keramiske materialer.

Sejhed

Som tidligere nævnt er frakturer knyttet til udbredelsen af

revner i det keramiske materiale. Man studerer derfor materialernes evne til at modstå udbredelsen af revner. Dette gøres ofte ved bestemmelse af et materiales sejhed, eller mere korrekt den såkaldte »critical stress intensity factor ...« (K_{Ic}). K_{Ic} er et mål for den spænding der skal til for at en revne kan udbrede sig fra et veldefineret kærvsnit. Tabel 1 viser repræsentative værdier for sejhed af forskellige typer og fabrikater af keramiske materialer. Det fremgår at de nyere materialer har større sejhed end de ældre materialer. Da en revne stoppes når den møder en krystal, stiger sejheden med indholdet af krystaller. I In-Ceram Alumina og Procera AllCeram skyldes modstanden mod revneudbredelse den sammenhængende fase af aluminiumoxid.

Hårdhed

En af de største ulemper ved konventionelle feldspatiske porcelæner er deres store tendens til at slide antagonist. Denne tendens afhænger bl.a. af porcelænets hårdhed. If. én metode til måling af hårdhed forceres en Vickersdiamant ned i materialets overflade med en veldefineret kraft, således at der dannes en impression i overfladen. Vickershårdheden beregnes efter måling af arealet af den dannede impression. Tabel 1 viser at alle keramiske materialer er hårdere end emalje og guldlegeringer.

Slid på emalje

Ud over hårdhed bestemmes et keramisk materiales abrasivitet af materialets overfladeruhed og af individuelle faktorer vedr. okklusion, saliva og spisevaner. Simulering af tygprocessen har ført til den relative rangordning af kerami-

Tabel 1. Repræsentative værdier for bøjestykke (MPa), sejheden (K_{Ic} ($MN \cdot m^{-3/2}$) og Vickershårdheden ((GPa) af forskellige typer og fabrikater af keramiske materialer, samt til sammenligning hårdheden af guld og emalje.

Materiale	Bøjestykke	Sejhed	Hårdhed
Feldspatisk porcelæn	70	1,0	5,5
Lavtsmeltende porcelæn	105	1,2	6,2
Al ₂ O ₃ -forstærket porcelæn	130	2,2	5,4
Dicor	150	1,6	4,1
IPS Empress	130	1,3	...
IPS Empress 2	350	3,2	...
In-Ceram Alumina	450	4,4	9,8
Procera AllCeram	600	4,4	...
In-Ceram Zirconia	680	≅5	...
Emalje	3,5
Guld	1,2

ske materialers abrasivitet over for emalje, der vises i Tabel 2. Konventionel feldspatisk porcelæn kan være op til 10 gange mere abrasivt over for emalje end en guldlegering. Mens det leucitforstærkede Optec HSP er meget abrasivt, er de lavtsmeltende porcelæner, som har reduceret leucitindhold, mindre abrasive.

Binding af keramiske restaureringer til tanden

Keramiske restaureringer fastgøres til tanden med en cement. Bindningen til cementen kan skabes ad mekanisk og/eller kemisk vej. Mekanisk binding beror på bindingsfladernes ruhed og kan opnås med alle typer cement. Kemisk binding opnås bedst ved anvendelse af plastcement. Plastcemenen bindes til emalje og dentin vha. syreætsningsteknikken og dentinbindingssystemer. Hvilken metode der er bedst egnet til at binde plastcemenen til den keramiske restaurering afhænger, som det vil blive omtalt nedenfor, af hvilket keramisk materiale der er tale om.

Når det anbefales at anvende en plastcement til cementering af keramiske restaureringer, skyldes det at en plastcement der er bundet godt til både tand og restaurering, ikke alene giver retention, men også øget styrke og holdbarhed af den keramiske restaurering (5,6). Valg af cement samt forbehandling af tanden og af den keramiske restaurering er således vigtige parametre i den kliniske procedure.

Flussyre

Flussyre ætser mange keramiske materialer og gør overfladerne ru. Mht. til morfologi ligner ætsemønsteret det mønster der opstår ved fosforsyreætsning af emalje (7). Efter at monomer fra plastcemenen er trængt ind i ujævnhederne, forankres plastcemenen under sin afbinding til keramikken. Flussyre findes i forskellige udgaver: Koncentrationen af flussyre kan variere, flussyre kan forefindes alene eller sammen med

Tabel 2. Det relative slid på emalje forårsaget af forskellige typer og fabrikater af keramiske materialer. Det slid som feldspatisk porcelæn forårsagede, blev fastsat til 100%.

Materiale	Slid
Feldspatisk porcelæn	100
Al ₂ O ₃ -forstærket porcelæn	100
Optec HSP (leucitforstærket)	130
IPS Empress	110
Dicor	80
Lavtsmeltende AllCeram	25
Lavtsmeltende Finesse	10

andre syrer som fx svovlsyre, eller flussyre kan være til stede i en delvist neutraliseret tilstand som ammoniumbifluorid. Samtlige typer af flussyre har vist sig at være udmærkede, og man kan ikke ud fra eksisterende data foretrække én type frem for en anden.

Silanisering

Silanisering af plastoverflader blev omtalt i den første artikel. Ved silanisering af en ætset keramisk overflade suppleres den mekaniske binding med en kemisk komponent. Silanen er et bifunktionelt molekyle som reagerer med den keramiske overflade med den ene ende af molekylet, mens den anden ende udgøres af en methacrylatgruppe der er i stand til at kopolymerisere med monomererne i plastcementen. Tabel 3 viser effekten af forskellige overfladebehandlinger på bindingsstyrken mellem plastcement og en keramik (8). Det har vist sig at opvarmning af den silaniserede keramikoverflade til ca. 100 °C øger bindingsstyrken signifikant (9). En sådan varmebehandling udføres let vha. en hårtørrer.

Al₂O₃-rig porcelæn

Som tidligere anført virker flussyreætsning kun med visse keramiske materialer. Keramiske materialer som har aluminiumoxid som hovedkomponent (In-Ceram Alumina og Procera AllCeram) ætzes ikke synderligt af flussyre. Faktisk har ætsning af Procera AllCeram med flussyre inden silanisering vist sig at nedsætte bindingsstyrken (10,11). Adskillige alternative overfladebehandlinger er blevet foreslået for disse materialer. For In-Ceram fås den højeste binding som følge af sandblæsning kombineret med en såkaldt adhæsiv plastcement (fx Panavia EX) eller som følge af Rocatec behandling (12) (Tabel 4). Mht. Procera AllCeram er de bedste resultater blevet opnået med en kombination af silanisering og en adhæsiv plastcement (Panavia EX eller Superbond) (11) (Tabel 5).

Ekspansion af cementer

Adskillige undersøgelser har vist at anvendelsen af visse

plastmodificerede glasionomercement og compomerer til cementering af fuldkeramiske kroner øger risikoen for fraktur af den cementerede krone. Årsagen er disse materials relativt store hygroskopiske ekspansion, som yder et internt tryk på kronen (13).

Keramiske restaurerings holdbarhed

Der hersker ingen tvivl om at det med nutidens keramiske materialer er muligt at fremstille restaureringer af høj kvalitet, også kosmetisk. For at være et bæredygtigt alternativ til plastfyldninger, MK og guldrestaureringer skal fuldkeramiske restaureringer imidlertid holde i 15, 20 eller flere år. Desværre har de fleste publicerede kliniske undersøgelser kun en observationsperiode på tre år eller mindre. Keramiske restaurerings holdbarhed er derfor ikke veldokumenteret.

Indlæg

Tabellerne 6-8 opsummerer resultaterne fra kliniske undersøgelser af keramiske indlæg/*onlays*. Sintrede keramiske restaureringer opfører sig forskelligt i de forskellige undersøgelser: Efter tre år rapporteredes fejlfrekvenser på 13% og 18%, mens der i en anden undersøgelse fandtes en fejlfrekvens efter seks år på »kun« 12% (14-17) (Tabel 6). Glaskeramiske indlæg (Dicor) har vist fejlfrekvenser på 13% og 10% efter ca. fem år (18,19). Med fejlfrekvenser på henholdsvis

Tabel 4. Effekten af forskellige overfladebehandlinger og cement på bindingsstyrken (MPa) mellem In-Ceram og plastcement efter vandlagring i 150 dage (12).

Overfladebehandling	Cement	Bindingsstyrke
Sandblæsning	Twinlook	0
Sandblæsning + silan	Twinlook	3
Rocatec	Twinlook	50
Sandblæsning	Panavia EX	41

Tabel 3. Effekten af forskellige overfladebehandlinger på bindingsstyrken (MPa) mellem keramisk materiale og plastcement (8).

Overfladebehandling	Bindingsstyrke
Ingen	7
Silan	15
Flussyreætsning	10
Flussyreætsning + silan	48

Tabel 5. Effekten af forskellige overfladebehandlinger på bindingsstyrken (MPa) mellem Procera AllCeram og tre forskellige plastcementer (11).

Overfladebehandling	Porcelite	Panavia	Superbond
Ingen	5	9	12
Silan	9	10	16
Flussyreætsning + silan	3	2	1

Tabel 6. Fejlfrekvenser af sintrede keramiske indlæg rapporteret i kliniske undersøgelser.

System	Observationstid	Antal indlæg	Fejl (%)	Forfattere
Optec	3 år	145	13	Molin & Karlsson, 1996 (14)
Mirage	2 år	310	4	Jensen, 1988 (15)
Mirage	3 år	50	18	Qualtrough & Wilson, 1996 (16)
Mirage	6 år	59	12	van Dijken et al., 1998 (17)

Tabel 7. Fejlfrekvenser af støbte eller pressede keramiske indlæg rapporteret i kliniske undersøgelser.

System	Observationstid	Antal indlæg	Fejl (%)	Forfattere
Dicor	4-83 mdr.	123	10	Roulet, 1997 (18)
Dicor	4 år	210	13	Noack & Roulet, 1994 (19)
Empress	4,5 år	125	4	Fradeani et al., 1997 (20)
Empress	6 år	163	7	Studer et al., 1998 (21)
Empress	6 år	59	7	Frankenberger et al., 1999 (22)

Tabel 8. Fejlfrekvenser af fræsedede keramiske indlæg rapporteret i kliniske undersøgelser.

System	Observationstid	Antal indlæg	Fejl (%)	Forfattere
Cerec	40-80 mdr.	1011	4	Walther & Reiss, 1996 (23)
Cerec	4 år	50	0	Heymann et al., 1996 (24)
Cerec	5 år	115	3	Berg & Dérand, 1997 (25)
Cerec	8 år	32	9	Pallesen & van Dijken, 2000 (26)

4% og 7% efter 5-6 år synes IPS Empress indlæggene at klare sig bedre end Dicor indlæg (20-22) (Tabel 7). Fræsedede indlæg (Cerec) har vist fejlfrekvenser af samme størrelsesorden som IPS Empress (23-26) (Tabel 8).

Kroner

Tabellerne 9-11 opsummerer resultaterne fra kliniske undersøgelser af kroner. Tabel 9 viser at Dicor kroner har forskellig holdbarhed afhængig af hvilken tand der er tale om. Moffa et al. (27) fandt efter tre år en fejlfrekvens på 4% for fortandskroner, 12% for præmolarkroner og 35% for molarkroner. Resultatet i en anden undersøgelse var mindre dramatisk: En fejlfrekvens på 2% for fortandskroner og på 12% for kindtandskroner (28). Efter gennemsnitlig hhv. fire og seks år har to undersøgelser vist en fejlfrekvens på 16% (29,30), og en-

delig har Malament & Socransky (6) skønnet at fejlfrekvensen for Dicor kroner på for- og kindtænder er 13% efter 14 år. Fejlfrekvensen for fortandskroner synes således at være noget lavere end fejlfrekvensen for indlæg, mens der kun er rapporteret mindre forskelle i fejlfrekvensen mellem indlæg og kindtandskroner. Den fejlfrekvens på 1% for IPS Empress kroner som Sorensen et al. (31) fandt er betydelig lavere end de frekvenser der er blevet observeret i andre undersøgelser (32-34), og generelt synes IPS Empress kroner at klare sig dårligere end IPS Empress indlæg (Tabel 10 mod Tabel 6). To korttidsundersøgelser af In-Ceram restaureringer viste meget lave fejlfrekvenser for restaureringer der var blevet cementeret med glasionomercement (35,36), hvorimod der var udviklet caries i forbindelse med 8% af de kroner som var blevet cementeret med zinkfosfatcement (35) (Tabel 11). En

Tabel 9. Fejlfrekvenser af Dicor kroner rapporteret i kliniske undersøgelser.

Region	Observationstid	Antal kroner	Fejl (%)	Forfattere
Anteriort	3 år	106	4	<i>Moffa et al., 1988 (27)</i>
Posteriort			35*	
Anteriort	3 år	46	2	<i>Richter & Aughtun, 1989 (28)</i>
Posteriort			12	
Posteriort	4 år	92	16	<i>Kelsey et al., 1995 (29)</i>
Ant. + post.	6 år	98	16	<i>Sjögren et al., 1999 (30)</i>
Ant. + post.	14 år	1444	13	<i>Malament & Socransky, 1999 (6)</i>

*Zinkfosfatcement

Tabel 10. Fejlfrekvenser af IPS Empress kroner rapporteret i kliniske undersøgelser.

Region	Observationstid	Antal kroner	Fejl (%)	Forfattere
Ant. + post.	3 år	75	1	<i>Sorensen et al., 1998 (31)</i>
Ant. + post.	3,6 år	110	14	<i>Sjögren et al., 1999 (32)</i>
Ant. + post.	6 år	138	12	<i>Lehner et al., 1998 (33)</i>
Ant. + post.	5 år	142	10	<i>Studer et al., 1998 (34)</i>

Tabel 11. Fejlfrekvenser af In-Ceram og Procera AllCeram kroner rapporteret i kliniske undersøgelser.

Materiale	Observationstid	Antal indlæg	Fejl (%)	Forfattere
In-Ceram	2,5 år	61	8 ⁱ	<i>Pröbster, 1996 (35)</i>
		34	0 ⁱⁱ	
In-Ceram	22-44 mdr.	63	2 ⁱⁱⁱ	<i>Scotti et al., 1995 (36)</i>
Procera AllCeram	5 år	97	6 ^{iv}	<i>Odén et al., 1998 (37)</i>

i: Kindtænder og zinkfosfatcement

ii: Fortænder og glasionomercement

iii: Glasionomercement

iv: Zinkfosfatcement, glasionomercement, plastcement

femårig followupundersøgelse af Procera AllCeram kroner viste en fejlfrekvens på 6% (37).

Generelt

Hovedårsagen til at fuldkeramiske restaureringer svigter, er fraktur af det keramiske materiale (38,39). Kliniske langtidsundersøgelser af de nyere keramiktyper, fx In-Ceram og Procera AllCeram, er stadig sparsomme. Da disse materialer imidlertid er blevet forbedret mht. styrke, forventes re-

staureringer baseret på disse materialer at have lavere frakturefrekvens. Der synes at være enighed om at restaureringer i præmolare, og især i molare, har større risiko for at frakturere end restaureringer i fortænderne. De fleste fuldkeramiske materialer menes at give en tilfredsstillende holdbarhed når de anvendes til restaureringer i fortænderne. Er der tale om restaureringer i kindtandsområdet, må det anbefales at der anvendes et så stærkt keramisk materiale som muligt.

Tabel 12. Rapporterede fejlfrekvenser af forskellige restaureringer egnet til mellemstore defekter i kindtænder.

Restaurering	Observationstid	Antal restaureringer	Fejl (%)	Forfattere	
Plastindlæg	2 år	45	4	Scheibenbogen-Fuchsbrunner et al., 1999 (40)	
	5 år	63	17	Wassell et al., 2000 (41)	
	11 år	77	17	Pallesen & Qvist, 2000 (42)	
	11 år	96	18	van Dijken, 2000 (43)	
Keramiske indlæg	Sintrede	6 år	59	12	van Dijken et al., 1998 (17)
	Dicor	4 år	210	13	Noack & Roulet, 1994 (19)
	Empress	6 år	163	7	Studer et al., 1998 (21)
	Cerec	8 år	32	9	Pallesen & van Dijken, 2000 (26)
	Plastfyldninger	2 år	43	7	Scheibenbogen-Fuchsbrunner et al., 1999 (40)
Guldindlæg	5 år	57	8	Wassell et al., 2000 (41)	
	11 år	51	16	Pallesen & Qvist, 2000 (42)	
	11 år	33	27	van Dijken, 2000 (43)	
	10 år	2717	35	Fritz et al., 1992 (45)	
	4 år	25	8	Silvey & Myers, 1976 (44)	

Tabel 13. Rapporterede fejlfrekvenser af forskellige kroner.

Restaurering	Observationstid	Antal restaureringer	Fejl (%)	Forfattere	
Fuldkeramik	Dicor	6 år	98	16	Sjögren et al., 1999 (30)
	Dicor	14 år	1444	13	Malament & Socransky, 1999 (6)
	Empress	6 år	138	12	Lehner et al., 1998 (33)
	Procera AllCeram	5 år	97	6	Odén et al., 1998 (37)
Metalkeramik	11 år	Skønnet	5	Leempoel et al., 1999 (46)	
	7 år	2181	2	Coornaert et al., 1984 (47)	
	11 år	Skønnet	3	Leempoel et al., 1999 (46)	
Guld	9 år	390	8	Schlösser et al., 1993 (48)	
	4 år	49	2	Silvey & Myers, 1976 (44)	

Konklusion

Sluttelig, og med forbehold for diverse forskelle i materialer og metoder mellem de forskellige undersøgelser, skal gøres et forsøg på at sammenligne de forskellige behandlinger af henholdsvis mellemstore defekter i præmolare og molarer (indlæg) (Tabel 12) og store defekter i for- og kindtænder (kroner) (Tabel 13). Tabel 12 angiver repræsentative fejlfrekvenser rapporteret for plastindlæg, keramiske indlæg, plastfyldninger og guldindlæg. Plastindlæg har nogen-

lunde samme fejlfrekvens som sintrede keramikindlæg og Dicor indlæg, mens Empress og Cerec indlæg har lidt lavere fejlfrekvens. Generelt har plastfyldninger samme fejlfrekvens som plastindlæg. Endelig synes guldindlæg ikke at have en lavere fejlfrekvens end de tre andre behandlingsalternativer. Holdbarhed er således ikke et stærkt valgkriterium når der skal vælges mellem de fire nævnte behandlingsalternativer. Man kan derfor tillade sig at fokusere på andre kriterier som kan være vigtige for patienten, fx pris,

kosmetik samt antal og længde af nødvendige tandlægebesøg.

I Tabel 13 sammenlignes fuldkeramiske kroner med MK-kroner og guld-kroner. Med alle mulige forbehold mht. forskelle mellem undersøgelserne synes der ikke at være forskel mellem fejlfrekvenserne for MK-kroner og guld-kroner. Derimod synes de fuldkeramiske kroner at have en højere fejlfrekvens end de to andre typer af restaureringer. Forventet holdbarhed kan derfor, i alle tilfælde indtil videre, være et vigtigt valgkriterium hvad angår fuldkroner.

English summary

Tooth-coloured materials for indirect use. II. Ceramic materials

The aesthetic part of dental care has become increasingly important, and new tooth-coloured materials are continually being marketed. A former article described indirect resin composites, while the present article focuses on ceramic materials. Mechanical properties of the materials and bonding of the restorations to tooth structure are discussed. A review of the clinical success of the different types of restorations is presented, and finally comparisons of the clinical success are made between new and clinically well-known types of restorations.

Litteratur

1. Seghi RP, Rosenstiel SF, Bauer P. Abrasion of human enamel by different dental ceramics in vitro. *J Dent Res* 1991; 70: 221-5.
2. Hacker CH, Wagner WC, Razzoog ME. An in vitro investigation of the wear of enamel on porcelain and gold in saliva. *J Prosthet Dent* 1996; 75: 14-7.
3. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Schärer P. Heat-pressed ceramics: technology and strength. *Int J Prosthodont* 1992; 5: 9-16.
4. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc* 1997; 128: 297-307.
5. Sherrer SS, de Rijk WG, Belser UC, Meyer J-M. Effect of cement film thickness on the fracture resistance of a machinable glass-ceramic. *Dent Mater* 1994; 10: 172-7.
6. Malament KA, Socransky SS. Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 14 years: Part I. Survival of Dicor complete coverage restorations and effect of internal surface acid etching, tooth position, gender and age. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 23-32.
7. Al Edris A, al Jabr A, Cooley RL, Barghi N. SEM evaluation of etch patterns by three etchants on three porcelains. *J Prosthet Dent* 1990; 64: 734-9.
8. Lacy AM, LaLuz J, Watanabe LG, Dellings M. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J Prosthet Dent* 1988; 60: 288-91.
9. Roulet JF, Söderholm KJM, Longmate J. Effects of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. *J Dent Res* 1995; 74: 381-7.
10. Awliya W, Odén A, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered, high-purity alumina with various surface conditions. *Acta Odontol Scand* 1998; 56: 9-13.
11. Asmussen E. Bonding of resin cements to AllCeram. *Tandlægebladet* 1997; 101: 982-5.
12. Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: Adhesive methods and their durability. *J Prosthet Dent* 1995; 73: 240-9.
13. Sindel J, Frankenberger R, Krämer N, Petschelt A. Crack formation of all-ceramic crowns dependent on different core build-up and luting materials. *J Dent* 1999; 27: 175-81.
14. Molin M, Karlsson S. A 3-year clinical follow-up study of a ceramic (Optec) inlay system. *Acta Odontol Scand* 1996; 54: 145-9.
15. Jensen ME. A two-year clinical study of posterior etched-porcelain resin-bonded restorations. *Am J Dent* 1988; 1: 27-33.
16. Qualtrough AJE, Wilson NHF. A 3-year clinical evaluation of a porcelain inlay system. *J Dent* 1996; 24: 317-23.
17. Van Dijken JWV, Höglund-Åberg C, Olofsson AL. Fired ceramic inlays: a 6-year follow up. *J Dent* 1998; 26: 219-25.
18. Roulet JF. Longevity of glass ceramic inlays and amalgam – results up to 6 years. *Clin Oral Invest* 1997; 1: 40-6.
19. Noack MJ, Roulet JF. Survival rates and mode of failure of Dicor inlays after 4 years. *J Dent Res* 1994; 73: 196 (Abstract #759).
20. Fradeani M, Aquilano A, Bassein L. Longitudinal study of pressed glass-ceramic inlays for four and a half years. *J Prosthet Dent* 1997; 78: 346-53.
21. Studer S, Lehner C, Schärer P. Seven-year results of leucite-reinforced glass-ceramic inlays and onlays. *J Dent Res* 1998; 77: 803 (Abstract #1375).
22. Frankenberger R, Rumi K, Krämer N. Clinical evaluation of leucite reinforced glass ceramic inlays and onlays after six years. *J Dent Res* 1999; 78: 308 (Abstract #1623).
23. Walther W, Reiss B. Six year survival analysis of Cerec restorations in a private practice. In: Mörmann WH, editor. CAD/CAM in aesthetic dentistry. Chicago: Quintessence; 1996: p. 199-204.
24. Heymann HO, Bayne SC, Sturdevant JR, Wilder AD, Roberson TM. The clinical performance of CAD-CAM-generated ceramic inlays. *J Am Dent Assoc* 1996; 127: 1171-81.
25. Berg NG, Dérand T. A 5-year evaluation of ceramic inlays (Cerec). *Swed Dent J* 1997; 21: 121-7.
26. Pallesen U, van Dijken JWV. An 8-year evaluation of sintered ceramic and glass ceramic inlays processed by the Cerec CAD/CAM system. *Eur J Oral Sci* 2000; 108: 239-46.
27. Moffa JP, Lugassi AA, Ellison JA. Clinical evaluation of a castable ceramic material. *J Dent Res* 1988; 67: 118 (Abstract #43).
28. Richter EJ, Aughtun M. Dicor-Glaskeramikkronen. Ergebnisse nach 36-monatiger klinischer Anwendung. *Dtsch Zahnärztl Z* 1989; 44: 785-7.
29. Kelsey WP, Cavel WT, Blankenau, RJ, Barkmeier WW, Wilwerding TM, Latta MA. 4-year clinical study of castable ceramic crowns. *Am J Dent* 1995; 8: 259-62.
30. Sjögren G, Lantto R, Tillberg A. Clinical evaluation of all-ceramic crowns (Dicor) in general practice. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 277-84.
31. Sorensen JA, Choi C, Fanuscu MI, Mito WT. IPS Empress crown

- system: three-year clinical trial results. *Cal Dent Assoc J* 1998; 26: 130-6.
32. Sjögren G, Lantto R, Granberg Å, Sundström BO, Tillberg A. Clinical examination of leucite-reinforced glass-ceramic crowns (Empress) in general practice: a retrospective study. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 122-8.
 33. Lehner C, Studer S, Schärer P. Seven-year results of leucite-reinforced glass-ceramic crowns. *J Dent Res* 1998; 77: 802 (Abstract #1368).
 34. Studer S, Lehner C, Brodbeck U, Schärer P. Six-year results of leucite-reinforced glass ceramic crowns. *Acta Med Dent Helv* 1998; 3: 218-25.
 35. Pröbster L. Four year clinical study of glass-infiltrated, sintered alumina crowns. *J Oral Rehabil* 1996; 23: 147-51.
 36. Scotti R, Catapano S, D'Elia A. A clinical evaluation of In-Ceram crowns. *Int J Prosthodont* 1995; 8: 320-3.
 37. Odén A, Andersson M, Krystek-Ondracek I, Magnusson D. Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 450-6.
 38. Martin N, Jedyakiewicz NM. Clinical performance of CEREC ceramic inlays: a systematic review. *Dent Mater* 1999; 15: 54-61.
 39. Van Dijken JWV. All-ceramic restorations: classification and clinical evaluations. *Compendium* 1999; 20: 1115-34.
 40. Scheibenbogen-Fuchsbrunner A, Manhart J, Kremers L, Kunzelmann KH, Hickel R. Two-year clinical evaluation of direct and indirect composite restorations in posterior teeth. *J Prosthet Dent* 1999; 82: 391-7.
 41. Wassell RW, Walls AWG, McCabe JF. Direct composite inlays versus conventional composite restorations: 5-year follow-up. *J Dent* 2000; 28: 375-82.
 42. Pallesen U, Qvist V. Clinical evaluation of resin fillings and inlays: 11-year report. 4th Joint Meeting of CED/NOF, Warsaw, 2000: 101 (Abstract #39).
 43. Van Dijken JWV. Direct resin composite inlays/onlays: an 11-year follow-up. *J Dent* 2000; 28: 299-36.
 44. Silvey RG, Myers GE. Clinical studies of dental cements: V. Recall evaluation of restorations cemented with a zinc oxide-eugenol cement and a zinc phosphate cement. *J Dent Res* 1976; 55: 289-91.
 45. Fritz U, Fischbach H, Harke I. Langzeitverweildauer von Goldgussfüllungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1992; 47: 714-6.
 46. Leempoel PJ, Eschen S, De Haan AFJ, Van't Hof MA. An evaluation of crowns and bridges in a general dental practice. *J Oral Rehabil* 1985; 12: 515-28.
 47. Coornaert J, Adriaens P, de Boever J. Long-term clinical study of porcelain-fused-to-gold restorations. *J Prosthet Dent* 1984; 51: 338-42.
 48. Schlösser R, Kerschbaum T, Ahrens FJ, Cramer M. Überlebensrate von Teil- und Vollgusskronen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1993; 48: 696-8.

Forfatter

Anne Peutzfeldt, lektor, dr.odont.

Afdeling for Dentalmaterialer, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet