

# Erste klinische Ergebnisse einer prospektiven Studie an IPS-e.max-Press- und Cerec-ProCAD-Teilkronen

## Zusammenfassung

Es war das Ziel dieser prospektiven klinischen «Splitmouth»-Studie, das Langzeitverhalten vollkeramischer Teilkronen im Seitenzahnbereich zu untersuchen. Im Vergleich standen presskeramische (IPS e.max Press\*) und CAD/CAM-gefertigte (ProCAD\*) Restaurationen.

Bei 25 Patienten wurden insgesamt 80 vollkeramische Teilkronen (40 IPS e.max Press\* und 40 ProCAD\*) adhäsiv mit Syntac\*/Tetric\* an vitalen Molaren eingegliedert (\*Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL). Die ProCAD-Teilkronen wurden mit dem CAD/CAM-Verfahren Cerec 3 bzw. Cerec Inlab hergestellt (Sirona Dental Systems, Bensheim, Germany). Die IPS-e.max-Press-Restaurationen wurden nach dem IPS-Empress-Verfahren gefertigt. Die klinische Nachuntersuchung erfolgte nach durchschnittlich 8, 14, 20 und 28 Monaten. Die Teilkronen wurden nach modifizierten USPHS-Kriterien klassifiziert. Nach einem Beobachtungszeitraum von 24 Monaten betrug die prospektive Überlebensrate der ProCAD-Restaurationen 97%, die der IPS-e.max-Press-Teilkronen 100%. Eine ProCAD-Versorgung musste aufgrund einer Fraktur nach neun Monaten Tragedauer erneuert werden. Die Beurteilung der marginalen Adaptation der IPS e.max Press sowie der ProCAD-Restaurationen ergab vorwiegend «Alfa». Limitationen bestanden im Bereich der Farbanpassung («Bravo») für beide Versorgungsformen.

Schlussfolgerung: Die untersuchten Werkstoffe IPS e.max Press und ProCAD erscheinen aufgrund der bisherigen klinischen Ergebnisse für die Indikation der vollkeramischen Teilkrone im Seitenzahnbereich geeignet.

PETRA C. GUESS, CHRISTIAN F. J. STAPPERT  
und JOERG R. STRUB

Universitätsklinikum Freiburg, Abteilung für Zahnärztliche  
Prothetik, Universität Freiburg

Schweiz Monatsschr Zahnmed 116: 493–500 (2006)

Schlüsselwörter:  
Keramik, Teilkronen, CAD/CAM/Presskeramik

Zur Veröffentlichung angenommen: 22. Februar 2006

## Einleitung

Neue keramische Werkstoffe mit verbesserten mechanischen Eigenschaften und Fortschritte in der Adhäsivtechnik erweitern den Indikationsbereich vollkeramischer Restaurationen stetig. Insbesondere die vollkeramische Teilkrone stellt bei mittelgroßen Defekten eine ästhetische und im Vergleich zur Vollkrone Zahnhartsubstanz-schonende Restauraionsart dar (EDELHOFF & SORENSEN 2002), die auch im Seitenzahnbereich erfolgreiche Anwendung findet (LEHNER et al. 1998; FELDEN et al. 2000; FRANKENBERGER et al. 2000; VAN DIJKEN et al. 2001; KRÄMER & FRANKENBERGER 2005).

Korrespondenzadresse:

Dr. Petra Guess

Universitätsklinikum Freiburg, Abteilung für Zahnärztliche  
Prothetik, Hugstetter Strasse 55, D-79106 Freiburg i.Br.

Tel. 0049/0761/270 48 45, Fax 0049/0761/270 49 53

E-Mail: petra.guess@uniklinik-freiburg.de

Während sich bei der Versorgung von Klasse-I- und -II-Kavitäten mit vollkeramischen Inlays vor allem das presskeramische IPS-Empress-System (Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL) (HAYASHI & YEUNG 2003) sowie das CAD/CAM-Cerec-System (Sirona, Bensheim, D) (MARTIN & JEDYNAKIEWICZ 1999) als weit verbreitet und wissenschaftlich gut dokumentiert erwiesen hat, liegen zum Langzeitverhalten keramischer Teilkronen nur wenige Daten vor (FELDEN et al. 2000; WAGNER et al. 2003; SMALES & ETMADI 2004; KRÄMER & FRANKENBERGER 2005). In der Regel wurden in klinischen Studien Inlays und Onlays gemeinsam untersucht, wobei die Untersuchungen nur geringe Fallzahlen an Onlays aufwiesen (FRADEANI et al. 1997; FELDEN et al. 1998; LEHNER et al. 1998; REISS & WALTHER 2000; OTTO & DE NISCO 2002; ARNELUND et al. 2004; KRÄMER & FRANKENBERGER 2005). Eine Differenzierung der Erfolgs- bzw. Misserfolgsraten nach der jeweiligen Restaurationsform erfolgt in wenigen Fällen, sodass Evidenz-basierte Aussagen über das klinische Langzeitverhalten von keramischen Teilkronen noch nicht abschliessend getroffen werden können. Es ist das Ziel der vorliegenden prospektiven klinischen Studie, das Langzeitverhalten vollkeramischer ProCAD/Cerec- und IPS-e.max-Press-Teilkronen im «Splitmouth»-Verfahren zu untersuchen und anhand der Behandlungsergebnisse den klinischen Erfolg der unterschiedlichen Materialien und deren Herstellungsweisen zu bewerten.

## Material und Methode

### Patientenauswahl, Indikation

Im Rahmen der Studie wurden Patienten ausgewählt, die an zwei oder vier vitalen Molaren ausgedehnte Defekte im Bereich der Okklusal- und Approximalfächern aufwiesen und an einer metallfreien ästhetischen Versorgung ihrer Zähne interessiert waren. Patienten mit Parafunktionen oder ausgeprägter Malokklusion wurden nicht in die Studie aufgenommen. Alle Patienten wiesen bei Behandlungsbeginn eine gute Mundhygiene und ein geringes Kariesrisiko auf.

Im Zeitraum von Dezember 2002 bis Oktober 2004 wurden bei 25 Patienten insgesamt 80 Teilkronen (40 IPS e.max Press und 40 ProCAD-Restaurationen) eingegliedert. Die Patienten wurden nach dem «Splitmouth»-Verfahren versorgt. Dies bedeutet, dass die Anzahl der pro Patienten eingegliederten IPS e.max Press und ProCAD-Teilkronen äquivalent war. Maximal vier Restaurationen (2× IPS-e.max-Press-Teilkronen, 2× ProCAD-Teilkronen) konnten laut Studienprotokoll am gleichen Patienten inseriert werden. Die Testteilkronen durften in keinem antagonistischen okklusalen Verhältnis zueinander stehen. Bei der vorliegenden prospektiven klinischen Studie wurden die Forderungen der Deklaration von Helsinki erfüllt. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Albert Ludwigs Universität Freiburg (Antrag Nr. 277/01) genehmigt.

### Behandlungsablauf

Die Teilkronenpräparation der ausschliesslich vitalen Molaren erfolgte mit einer Stufenpräparation der tragenden Höcker. Im Oberkiefer waren dies die palatinalen Höcker, im Unterkiefer die bukkalen. Die Grundpräparation umfasste eine MOD-Inlaykavität mit einem 2 mm tiefen okklusalen Kasten und einer Isthmusbreite von 2 mm bei einem Gesamtpräparationswinkel von 6° nach okkusal. Die gesamte Okklusalfäche wurde um 2 mm anatoform reduziert, wobei für die inneren Höckerabhängige ein Präparationswinkel von 45° angestrebt wurde. Es wurde darauf geachtet, die Präparationsgrenzen möglichst im Schmelz zu belassen. Während bei den nicht tragenden Höckern

ausschliesslich eine Abschrägung der Höcker erfolgte, wurden die tragenden zusätzlich mit einer Stufenpräparation von 1,2 mm versehen. Alle inneren Kanten wurden abgerundet. Es erfolgte keine Abschrägung der Präparationsränder (Abb. 1). Die Herstellerangaben zur Mindestmaterialstärke (axial mindestens 0,8 mm, okkusal 1,5 mm) wurden bei der Präparation gewährleistet. Die Primärpräparation erfolgte mit Präparierdiamanten der Korngrösse 80 µm (837KR.314.012, 847KR.314.016), das Finieren mit formkongruenten feinkörnigen Diamanten (8837KR.314.012, 8847KR.314.016, 8390.204.016, 30–40 µm) (Gebr. Brasseler, Lemgo, D). Alle Kavitäten wurden streng unter Kofferdam bearbeitet. Als Unterfüllung wurde ein chemisch härtdendes hybrides Komposit (Clearfil, Kuraray Medical Inc., Okayama, J) verwendet. Die Provisorien wurden mit der direkten Herstellungsmethode mittels eines Silikonschlüssels und eines temporären Kompositmaterials (Protemp 3 Garant Provisorienmaterial, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) gefertigt. Die Farbe der Restaurationen wurde anhand des Universalfarbschlüssels Chromascop (Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL) von dem Behandler und einem Zahntechniker bestimmt. Nach der Abformung mit einem Polyäther-Abformmaterial (Permadyne, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) und der Erstellung von Meistermodellen (GC FujiRock EP, type 4 dental stone, GC Europe, Leuven, Belgium), (Abb. 2a), erfolgte die Herstellung der ProCAD-Restaurationen durch Zahntechniker des Freiburger Universitätsklinikums bei der Firma Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL. Die Teilkronen wurden mittels CAD/CAM-Verfahren, dem Cerec 3 bzw. Cerec InLab (Sirona, Bensheim, D), hergestellt (Abb. 2b). Als keramischer Werkstoff diente ProCAD. Die industriell gefertigten ProCAD-Blöcke bestehen aus einer leuzitverstärkten Glaskeramik.



Abb. 1 Exemplarische Teilkronenpräparation eines Oberkiefermolaren mit Überkuppelung der tragenden palatinalen Höcker; palatinale Stufenpräparation und bukkal nicht gefasste Höckerabhängige mit einem Präparationswinkel von 45°.

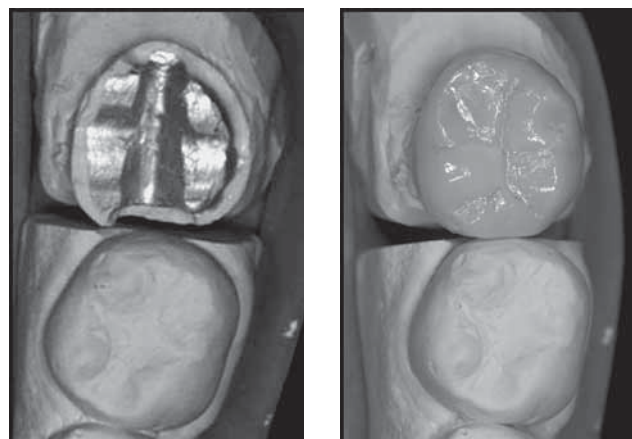


Abb. 2 a) Teilkrone für Zahn 37: Teilkronenpräparation des Molaren 37, Hartgipsmodell. b) ProCAD-Teilkrone Regio 37 vor der Zementierung.

Die Verarbeitung der experimentellen Presskeramik IPS e.max Press (Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL) erfolgte nach dem IPS-Empress-Verfahren (konventionelle Lost-Wax-Methode) gemäss den Herstellerangaben. Die Keramik (verwendete Rohlinge: VP 2364, VP 2365, VP 2366, VP 2394, VP 2399, VP 2566, VP 2567, VP 2638) wurde in dem Presskeramikofen EP 600 (Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL) bei 900–910 °C mit pneumatischer Druckvorrichtung in visköser Form in die Hohlform gepresst. Nach dem Ausbetten wurden die Restaurationen mit einer wassergekühlten Diamantscheibe vom Presszylinder abgetrennt (Diaflex H347, Horico Dental, Berlin, D) und mit einem Dampfstrahlgerät gereinigt (EV1 SJ, Silfradent Sync., Sofia, I). Sowohl die ProCAD-als auch die IPS-e.max-Press-Teilkronen wurden durch die Maltechnik individualisiert (Abb. 3).

Kleine Korrekturen der glasierten Restaurationen im Rahmen der Einprobe wurden vom zahnärztlichen Behandler durchgeführt. Bei okklusaler oder labialer Nachbearbeitung wurden die Restaurationen mit Keramik-Silikonpolierern (Dialite Polieret Keramik, Gebr. Brasseler, Lemgo, D) erneut hochglanzpoliert. Grössere Korrekturen und Nachbearbeitungen der Teilkronen erfolgten im zahntechnischen Labor. Hierbei wurde die Keramikglasur vollständig erneuert.

Das Einsetzen erfolgte unter Kofferdam. Für die Zementierung wurden zunächst die präparierten Stümpfe mit Polierbürstchen und fluoridfreier Reinigungspaste (Pell-ex Hawe Neos Dental, Bioggio, CH) gereinigt. Die präparierte Zahnhartsubstanz wurde mit 37% Phosphorsäure (Total-Etch, Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL) für 20 Sekunden (Dentin) und 60 Sekunden (Schmelz) angeätzt, 15 Sekunden mit Wasser abgesprüht und getrocknet. Anschliessend wurde auf die angeätzte Oberfläche Syntac Primer für 15 Sekunden mit dem Pinsel aufgetragen und nach einer Einwirkzeit von 10 Sekunden trocken geblasen. Es folgte das Aufbringen von Syntac Adhesive (Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL) mit einer Einwirkzeit von 10 Sekunden. Auf Schmelz und Dentin wurde Heliobond (Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL) aufgetragen und dünn verblasen. Heliobond wurde für 60 Sekunden lichtgehärtet (Elipar Free Light 2; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Es erfolgte eine erneute Passungskontrolle der Restaurationen, um Passungenauigkeiten durch das applizierte Bondingmaterial weitestgehend auszuschliessen. Die keramischen Restaurationen wurden anschliessend mit 99% Isopropanol gereinigt und die Innenflächen mit 4,9% Hydrofluoridsäure (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL) geätzt; ProCAD-Restaurationen für 60 Sekunden, IPS-e.max-Press-Teilkronen für 20 Sekunden. Nach gründlichem Absprühen mit Wasser für 60 Sekun-



Abb. 3 IPS-e.max-Press-Restauration nach Glasurbrand.

den und Trocknen mit ölfreier Druckluft, wurde auf die geätzte Keramikoberfläche ein Einkomponenten-Haftsilan (Monobond-S, Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL) aufgetragen. Zur adhäsiven Befestigung wurde das Kompositmaterial Tetric (Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, FL) auf die präparierte Zahnhartsubstanz und die Innenflächen der Restauration aufgetragen. Die Restaurationen wurden dann exakt positioniert und mit leichtem Druck (ca. 5–10 N) eingesetzt. Grobe Zementüberschüsse wurden in allen Randbereichen umgehend mit Schaumstoffpellets bzw. Superfloss (Oral-B, London, UK) entfernt. Dann erfolgte die Aushärtung des Befestigungskomposits schrittweise von oral, vestibulär und approximal zu je 40 Sekunden mit der Polymerisationslampe bei einer Lichtintensität von mindestens 650 mW/cm<sup>2</sup> (Elipar Free Light 2; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Dabei wurde die Restauration mit einem Kugelstopfer in situ gehalten. Nachfolgend wurden die Zementüberschüsse zunächst mit einem 15c Skalpell (#371716, Bard-Parker; Becton-Dickinson, Dr. Franklin Lakes, NJ, USA) und nach 24 Stunden mit Finierdiamanten (Körnung 25 µm) und flexiblen Polierscheiben (Sof-Lex Pop-On, 3M ESPE, St. Paul, USA) entfernt. Die Politur der Restaurationsränder erfolgte anschliessend mit Silikonpolierern (Dialite Polieret Keramik, Gebr. Brasseler, Lemgo, D) und interdentalen Polierstrips (Sof-Lex Finishing Strips, 3M ESPE AG, St. Paul, USA).

#### Klinische Evaluation

In den Jahren 2003, 2004 und 2005 wurden die Patienten im Rahmen des ersten Recalls (sechs Monate nach dem Einsetzen) nachuntersucht. Hierbei wurden die Teilkronen nach den modifizierten United-States-Public-Health-Service-(USPHS)-Kriterien (CVAR & RYGE 1971) klassifiziert (Tab. I).

Die Restaurationen wurden visuell mit Spiegel und Sonde sowie mit gewachster Zahnseide klinisch nachkontrolliert, Abweichung in Farbe, Form und Kontur wurden festgehalten und fotografisch dokumentiert (Abb. 4a). Die Sensibilität wurde mittels CO<sub>2</sub>-Test geprüft. Zusätzlich wurden die Patienten auch über mögliche postoperative Beschwerden befragt. Nach 14, 20 und 28 Monaten *post insertionem* wurden die Teilkronen wieder nach den modifizierten USPHS-Kriterien klassifiziert.

Teilkronen, die sich klinisch unverändert zeigten und keine Nachbesserungen erforderten, wurden mit «Alfa» klassifiziert. Bei kleinen Defekten wie moderate Über- oder Unterschüsse oder kleinen Abweichungen in Textur und Farbe wurden die Teilkronen als «Bravo» bewertet. Als «Charlie» wurden Teilkronen eingestuft, wenn Reparaturen oder Neuanfertigungen aufgrund von Frakturen oder grösseren Defekten erforderlich waren. Als klinisch nicht akzeptabel galten Restaurationen ebenfalls, wenn kariöse Läsionen auftraten.

#### Statistische Auswertung

Zielkriterium der Kaplan-Meier-Analyse war der absolute Misserfolg, das heisst der Verlust einer Restauration. Der Beginn des Beobachtungsintervalls war die Inkorporation der Restauration, der Endzeitpunkt das Eintreten des Zielkriteriums.

Klinische Hauptzielkriterien, welche den Misserfolg definieren, sind Frakturen und/oder Sekundärkaries. Traten Läsionen dieser Art auf, die das Mass einer geringfügigen Reparatur überschritten, wurde die Versorgung als absoluter Misserfolg gewertet.

Teilkronen, welche in allen Testkategorien durch das Fehlen von irreparablen Frakturen, Karies und Sensibilitätsproblemen eine Alfa- oder Bravo-Klassifizierung erreichten, wurden als Erfolg bewertet. Die Misserfolgsrate wurde anhand dieser Erfolgskriterien gemäss der Kaplan-Meier-Überlebensrate berechnet (KAPLAN & MEIER 1958).

Tab. I Modifizierte USPHS-Kriterien zur Klassifikation der Teilkronen

<b>Marginale Adaptation</b>	Alfa	Zahnärztliche Sonde hakt nicht, wenn sie über die Restaurationsoberfläche in Adaptation Richtung Zahnhartsubstanz gestrichen wird. Klinisch keine Restaurationskanten sichtbar.
	Bravo	Zahnärztliche Sonde hakt; Spalten klinisch feststellbar. Restauration ist nicht direkt an die Zahnhartsubstanz adaptiert.
	Charlie	Zahnärztliche Sonde kann in den Spalt eindringen, der bis zur Schmelz-Dentin-Grenze penetriert.
<b>Sekundärkaries</b>	Alfa	Kein sichtbarer Hinweis auf dunkle, tief reichende Verfärbung, die an das Restaurationsmaterial angrenzt.
	Bravo	Dunkle, tief reichende Verfärbung, die an das Restaurationsmaterial angrenzt (nicht direkt am Restaurationsrand).
<b>Randverfärbung</b>	Alfa	Es besteht kein sichtbarer Hinweis auf eine Randverfärbung. Die Farbe weicht nicht von der des Restaurationsmaterials oder der angrenzenden Zahnhartsubstanz ab.
	Bravo	Bestehende Randverfärbung am Übergang zwischen Zahnhartsubstanz und Restaurationsmaterial. Verfärbung penetriert nicht entlang der Restauration in Richtung Pulpa.
	Charlie	Bestehende Randverfärbung am Übergang zwischen Zahnhartsubstanz und Restaurationsmaterial. Verfärbung penetriert entlang der Restauration in Richtung Pulpa.
<b>Oberflächentextur</b>	Alfa	Glatte Oberfläche, keine spürbare Rauheit.
	Bravo	Sichtbare und spürbare Oberflächenrauigkeit, keine Grübchen- und Kraterbildung.
	Charlie	Sichtbare und spürbare Oberflächenrauigkeit, mit Grübchen- und Kraterbildung.
<b>Farbanpassung</b>	Alfa	Restauration stimmt in Farbton und Transluzenz mit der angrenzenden Zahnhartsubstanz überein.
	Bravo	Restauration stimmt in Farbton und Transluzenz nicht vollständig mit der angrenzenden Zahnhartsubstanz überein. Der Fehler liegt innerhalb der normalen Schwankung (< 1 Vita-Farbstufe daneben).
	Charlie	Restauration stimmt in Farbton und Transluzenz nicht mit der angrenzenden Zahnhartsubstanz überein. Der Fehler liegt ausserhalb der normalen Schwankung (> 1 Vita-Farbstufe daneben).
<b>Kontur</b>	Alfa	Die Restauration integriert sich kontinuierlich und harmonisch in die anatomische Form. Beim Anlegen einer zahnärztlichen Sonde sind nicht gleichzeitig zwei verschiedene Randwinkel feststellbar.
	Bravo	Eine Oberflächenkonkavität ist feststellbar. Zwei verschiedene Randwinkel sind feststellbar. Dentin und/oder Unterfüllung sind nicht freigelegt.
	Charlie	Es liegt ein Verlust von Restaurationsmaterial vor, sodass eine Oberflächenkonkavität feststellbar ist. Dentin und/oder Unterfüllung sind freigelegt.

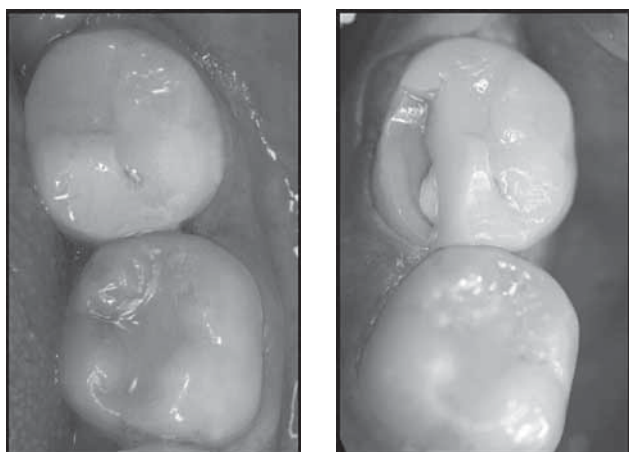


Abb. 4 a) ProCAD-Teilkrone in situ an Zahn 37 bei der ersten Nachuntersuchung nach sechs Monaten post insertionem. b) Okklusale Fraktur der ProCAD-Teilkrone Regio 37 nach neun Monaten Tragedauer.

Die klinischen Variablen (Sekundärkaries, marginale Adaptation, Randverfärbung, Oberflächentextur, Kontur, Farbanpassung) wurden mit dem Statistikprogramm R Development Core Team 2004 (R Foundation for Statistical Computing, Wien, A) tabellarisiert.

## Resultate

Das Gesamtdurchschnittsalter der behandelten 14 (56%) Frauen und 11 (44%) Männer war 43,5 Jahre und reichte von 25 bis 60 Jahre (Tab. II & III). Von den je 40 eingesetzten Teilkronen wurden 12 (30%) ProCAD- bzw. 15 (37,5%) IPS-e.max-Press-Restaurationen an Oberkiefermolaren und 28 (70%) ProCAD- bzw. 25 (62,5%) IPS-e.max-Press-Restaurationen an Unterkiefermolaren eingesetzt (Tab. IV).

Von den ursprünglich 25 Patienten, welche mit 40 ProCAD- und 40 IPS-e.max-Press-Teilkronen versorgt wurden, konnten 24 (96%)

Tab. II Patientenunterteilung nach Geschlecht (männlich/weiblich)

Patienten	Gesamt	Männlich	Weiblich
Absolut	25	11	14
Prozent	100%	44%	56%

Tab. III Patientenunterteilung nach Alter (in Jahren) nach absoluten Zahlen

Alter	Männlich	Weiblich
Maximum	60	59
Minimum	29	25
Durchschnitt	42,5	44,5
Durchschnitt gesamt	43,5	



Tab. IV Verteilung der Restaurationen nach Lokalisation und Versorgungsart (ProCAD/IPS e. max Press)

Position	ProCAD		IPS e.max Press	
	OK	UK	OK	UK
6er	5	15	7	12
7er	7	13	7	12
8er	–	–	1	1
Gesamt	12	28	15	25
Prozent	30%	70%	37,5%	67,5%

nach einem mittleren Beobachtungszeitraum von acht Monaten nachkontrolliert werden. Eine Patientin, bei der zwei Restaurationen eingegliedert wurden, wollte aufgrund ihrer Schwangerschaft den ersten Nachuntersuchungstermin nicht wahrnehmen. Zu dem zweiten Recalltermin, bei einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 14 Monaten, wurden bislang 13 Patienten (41 Restaurationen, 20 ProCAD, 21 IPS e.max Press) befundet (Tab. V). In den angegebenen Nachuntersuchungszeiträumen (Tab. V) konnte an keiner Versorgung Sekundärkaries beobachtet werden (Tab. VI). Bei den ersten und zweiten Nachuntersuchungen zeigten die Versorgungsarten ProCAD und IPS e.max Press bezüglich der

marginalen Adaptation sowie des Auftretens von Randverfärbungen ähnliche Ergebnisse (Tab. VI). Im dritten Nachuntersuchungszeitraum traten lediglich Randverfärbungen häufiger auf (Bravo-Klassifizierungen), wobei auch hier nahezu kein Unterschied zwischen den ProCAD- und IPS-e.max-Press-Teilkronen ersichtlich war. Hinsichtlich der marginalen Adaptation war keine weitere Degradation zu verzeichnen. Oberflächenrauigkeiten mit einer Bravo-Klassifizierung wurden häufiger bei den IPS-e.max-Press- als bei den ProCAD-Restaurationen beobachtet (Tab. VI). Die in diesem Zusammenhang vergebene Charlie-Klassifizierung im Rahmen der ersten und zweiten Nachuntersuchung einer IPS-e.max-Press-Teilkrone war auf Einschleifmassnahmen *post insertionem* zurückzuführen und somit nicht durch klinischen Abrieb bedingt. Beide Restaurationsarten zeigten im Rahmen der dritten und vierten Nachuntersuchung eine Zunahme an Oberflächenrauigkeiten (Bravo-Klassifizierungen), (Tab. VI). Ein ähnliches Verhalten war auch bezüglich der farblichen Adaptation zu beobachten. Die IPS-e.max-Press-Teilkronen wiesen häufiger Farbabweichungen in Form von Bravo-Klassifizierungen auf, als die ProCAD-Versorgungen (Tab. VI). Hinsichtlich der Kontur zeigten die ProCAD-Teilkronen mehr Bravo-Klassifizierungen als die IPS-e.max-Press-Teilkronen und somit eine deutlich schlechtere Adaptation an die umgebende Zahnhartsubstanz (Tab. VI).

Tab. V Anzahl der nachuntersuchten Patienten/Restaurationen während verschiedener Untersuchungszeiträume

	1. Nachuntersuchung nach 8 Monaten	2. Nachuntersuchung nach 14 Monaten	3. Nachuntersuchung nach 20 Monaten	4. Nachuntersuchung nach 28 Monaten
Median time (Min-Max)	8 (2–17)	14 (6–27)	20 (18–28)	28
Patienten	24	13	6	1
Restaurationen	78	41	15	2

Tab. VI USPHS-Bewertung der Restaurationen nach einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 8, 14, 20 und 28 Monaten (Anzahl der Restaurationen)

		1. Nachuntersuchung nach 8 Monaten		2. Nachuntersuchung nach 14 Monaten		3. Nachuntersuchung nach 20 Monaten		4. Nachuntersuchung nach 28 Monaten	
		ProCAD n=39	IPS e. max Press n=39	ProCAD n=20	IPS e. max Press n=21	ProCAD n=7	IPS e. max Press n=8	ProCAD n=1	IPS e. max Press n=1
Sekundärkaries	Alfa	39	39	20	21	7	8	1	1
	Bravo	–	–	–	–	–	–	–	–
	Charlie	–	–	–	–	–	–	–	–
Marginale Adaptation	Alfa	33	34	18	18	7	7	1	1
	Bravo	6	5	2	3	–	1	–	–
	Charlie	–	–	–	–	–	–	–	–
Randverfärbung	Alfa	34	32	17	18	5	6	–	1
	Bravo	5	7	3	3	2	2	1	–
	Charlie	–	–	–	–	–	–	–	–
Oberflächentextur	Alfa	19	9	6	1	–	–	1	–
	Bravo	20	29	14	18	7	8	–	1
	Charlie	–	1	–	2	–	–	–	–
Farbanpassung	Alfa	22	18	6	4	1	–	–	–
	Bravo	17	21	14	17	6	8	1	1
	Charlie	–	–	–	–	–	–	–	–
Kontur	Alfa	30	38	13	20	6	8	–	1
	Bravo	9	1	7	1	1	–	1	–
	Charlie	–	–	–	–	–	–	–	–

Tab. VII Zusätzliche klinische Bewertung der Restaurationen nach einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 8, 14, 20 und 28 Monaten (Anzahl der Restaurationen)

		1. Nachuntersuchung nach 8 Monaten		2. Nachuntersuchung nach 14 Monaten		3. Nachuntersuchung nach 20 Monaten		4. Nachuntersuchung nach 28 Monaten	
Zusätzliche klinische Parameter		ProCAD n=39	IPS e.max Press n=39	ProCAD n=20	IPS e.max Press n=21	ProCAD n=7	IPS e.max Press n=8	ProCAD n=1	IPS e.max Press n=1
Endodontische Komplikationen	Vitalität negativ	–	–	–	–	–	–	–	–
	Perkussion positiv	–	–	–	–	–	–	–	–
Fraktur	Rand	–	–	1	–	–	–	–	–
	Teil (reparabel)	–	–	–	–	–	–	–	–
	Voll (irreparabel)	–	–	1	–	–	–	–	–
Retention der TK	Fest	39	39	20	21	7	8	1	1
	Gelockert	–	–	–	–	–	–	–	–
	Verlust	–	–	1	–	–	–	–	–

Tab. VIII Kaplan-Meier-Überlebenswahrscheinlichkeit

Zeit in Jahren	Anzahl der Patienten	Anzahl der Restaurationen		Geschätzte Überlebenswahrscheinlichkeit	
		ProCAD	IPS e.max Press	ProCAD	IPS e.max Press
0,45	24	39	39	1,00	1,00
1,00	15	21	22	0,97	1,00
2,00	4	5	6	0,97	1,00

Endodontischen Komplikationen oder postoperative Beschwerden in Form von Druckdolenzen traten keine auf (Tab. VII).

Nach dem ersten Nachuntersuchungszeitraum stellte sich ein Patient mit einer irreparablen Keramikfraktur im okklusalen Bereich einer ProCAD-Teilkrone vor (Abb. 4b). Die Fraktur blieb auf das keramische Restaurationsmaterial begrenzt. Die darunter liegende Zahnhartsubstanz war von der Fraktur nicht betroffen. Die ProCAD-Restauration musste entfernt und auf Wunsch des Patienten durch eine Goldteilkrone ersetzt werden. Der Misserfolg trat nach einer Funktionsdauer von neun Monaten auf. Die durch eine Goldteilkrone ersetzte ProCAD-Restauration wurde bei allen nachfolgenden Untersuchungen nicht mehr aufgeführt. Bei einer Patientin war zu dem zweiten Recalltermin nach 12 Monaten eine kleine Keramikaussprengung im Bereich der Okklusalfäche am vestibulären Randbereich einer ProCAD-Teilkrone erkennbar. Eine Erneuerung der Restauration war aufgrund der minimalen Ausdehnung der Fraktur nicht erforderlich, so dass die Versorgung nach einer Glättung mit einem feinkörnigen Diamanten weiterhin in situ verbleiben konnte.

Weitere Frakturen wurden bei den dritten und vierten Nachuntersuchungsterminen bei einem Beobachtungszeitraum von bis zu 28 Monaten nicht festgestellt (Tab. VII). Die Kaplan-Meier-Überlebenswahrscheinlichkeit der IPS-e.max-Press-Teilkronen lag somit nach zwei Jahren bei 100% und die der ProCAD-Teilkronen bei 97% (Tab. VIII).

## Diskussion

Im bisherigen Beobachtungszeitraum von bis zu zwei Jahren zeigten die keramischen Teilkronen aus ProCAD und IPS e.max Press mit einer geschätzten Überlebenswahrscheinlichkeit von 97% bzw. 100% gute Ergebnisse.

Ein direkter Vergleich mit anderen klinischen Untersuchungen ist nur bedingt möglich, da im Indikationsbereich der vollkera-

mischen Teilkrone für die untersuchten Herstellungsverfahren keine kontrollierten prospektiven Studien im Splitmouth Design vorliegen. Werden die Restaurationsformen getrennt betrachtet, können die Resultate mit den Ergebnissen anderer Autoren mit Erfolgswahrscheinlichkeiten von 95,9% (POSSELT & KERSCHBAUM 2003) bzw 90% (REISS & WALTHER 2000) und 90,4% (OTTO & DE NISCO 2002) bei Cerec-Restaurationen nach neun und zehn Jahren und 100% (COELHO SANTOS et al. 2004) bzw. 92% (ARNE-LUND et al. 2004) bei IPS-Empress-Inlays und -Onlays nach zwei bis fünf Jahren in Bezug gebracht werden.

Frakturen der vollkeramischen Restauration oder der Zahnhartsubstanz werden von vielen Autoren als häufigste Ursache für das klinische Versagen angegeben (MARTIN & JEDYNAKIEWICZ 1999; EL-MOWAFY & BROCHU 2002). Misserfolge dieser Art traten bei Anwendung des IPS-Empress Verfahrens nach sechs Jahren bei 2,6% (LEHNER et al. 1998) bis 5,2% (FRANKENBERGER et al. 2000) der Fälle auf. Hohe Frakturnraten bei Cerec-Restaurationen von 9% (PALLESSEN & VAN DIJKEN 2000) bis 25% (MÖRMANN & KREJCI 1992) nach fünf und acht Jahren, lassen sich vor allem auf die geringe Grundfestigkeit der anfänglich verwendeten keramischen Werkstoffe (Vita Mark I und Dicor MGC) zurückführen. In der Untersuchung von REICH et al. (2004) konnte bei Onlay-Restaurationen unter der Anwendung von Vita-Mark-II- und ProCAD-Blöcken eine Frakturnrate von 5,8% nach drei Jahren erreicht werden. Ähnliche Ergebnisse mit einer Frakturnrate von 6% nach 4,6 Jahren wurden auch in einer klinischen Studie von BINDL & MÖRMANN (2003) an Cerec 1 gefertigten Vita-Mark-II-Teilkronen erzielt.

Im Rahmen der vorliegenden Studie kann für die ProCAD-Teilkronen eine Frakturnrate von 2,6% angegeben werden. Nach neun Monaten Funktionsdauer war an einer ProCAD-Teilkrone eine irreparable Keramikfraktur im okklusalen Bereich aufgetreten. Die Fraktur war auf das keramische Restaurationsmaterial begrenzt (Abb. 4b), sodass die ProCAD-Restauration Zahnhartsubstanz schonend durch eine Goldteilkrone ersetzt werden

konnte. Als Ursache für die Fraktur wird eine reduzierte okklusale Keramiksichtstärke in Betracht gezogen, da die geforderte Materialschichtstärke von 2 mm im Frakturbereich (1,1 mm) unterschritten worden war (FELDEN et al. 2000). Auch wird ein Versagen des Adhäsivverbundes diskutiert, da es zu einer vollständigen Ablösung der Frakturteile von der Zahnschubstanz ohne Kohäsivfraktur kam (MILLEDING et al. 1995). Die plastische, chemisch härtende Aufbaufüllung aus Clearfil (Kuraray Medical Inc., Okayama, J) blieb ebenfalls erhalten, was wiederum für das Versagen des Klebeverbundes in diesem Fall spricht. Die an einer weiteren ProCAD-Teilkrone aufgetretene Randabsprengung im vestibulären Bereich der Okklusalfäche war auf ein okklusales Trauma zurückzuführen und war von der Ausdehnung so minimal, dass die Restauration nach einer Oberflächenglättung in situ verbleiben konnte. Weiterreichende Fehleranalysen des ProCAD-Materials oder der Cerec-Methode erscheinen jedoch aufgrund der geringen bisherigen Misserfolgsdaten unangemessen. Bei den IPS-e.max-Press-Restaurationen wurden bislang keine Frakturen beobachtet. Die geringe Frakturnrate der ProCAD- und IPS-e.max-Press-Restaurationen lässt nach dem bisherigen Beobachtungszeitraum auf eine ausreichende Festigkeit der beiden angewandten vollkeramischen Materialien gegenüber Kaubelastungen schliessen.

Mit der in der Studie angewandten Präparationsform der Teilkrone konnte durch das Miteinbeziehen des palatinalen bzw. bukkalen Segments eine breitflächige Abstützung der Restauration und somit eine gleichmässige Last- und Spannungsverteilung ermöglicht werden (MAGNE & BELSER 2003).

Der Literatur sind bislang keine eindeutigen Aussagen zu diesem Sachverhalt zu entnehmen. ARNELUND et al. (2004) und KRÄMER & FRANKENBERGER (2005) beschrieben eine geringere Verlustrate für Onlayrestaurationen gegenüber Inlayversorgungen. REISS & WALTHER (2000) und WAGNER et al. (2003) konnten indessen in klinischen Untersuchungen keinen signifikanten Einfluss einer zunehmenden Ausdehnung der Restauration auf die Frakturnrate nachweisen. In der klinischen fünf Jahre Studie von VAN DIJKEN et al. (2001) wiesen IPS-Empress-Teilkronen und -Vollkronen keinen signifikanten Unterschied in der Verlustrate auf und demonstrierten somit eine vergleichbar hohe Bruchresistenz. Sekundärkaries wurde bei beiden Restaurationstypen nicht festgestellt, was mit den Ergebnissen von COELHO SANTOS et al. (2004) und KRÄMER & FRANKENBERGER (2005) übereinstimmt.

Über den bisherigen Beobachtungszeitraum wurden gemäss den USPHS-Kriterien für die ProCAD- und IPS-e.max-Press-Restaurationen unter Anwendung des Adhäsivsystems Syntac Classic und Tetric als Befestigungskomposit gute Resultate für Randverfärbung und marginale Adaptation erreicht. In der Literatur hingegen wird häufig ein Verlust von Befestigungskomposit aus der Zementierungsfuge mit einem Anstieg der klinischen Sondierbarkeit der Restaurationsränder im ersten Jahr nach der Zementierung beschrieben (COELHO SANTOS et al. 2004; KRÄMER & FRANKENBERGER 2005). In der vorliegenden Untersuchung könnte die Lage der Restaurationsränder, die sich aufgrund der Extension der Restauration ausserhalb der Kaufläche befinden und somit der mechanischen Degradation weniger ausgesetzt sind, als entscheidender Faktor für die positiven Randverhältnisse in Frage kommen. Auch die von KRÄMER & FRANKENBERGER (2005) beschriebenen Schmelzfrakturen am Restaurationsrand bei der Anwendung von Tetric als Befestigungskomposit konnten in der vorliegenden klinischen Untersuchung nicht beobachtet werden. Hinsichtlich der farblichen Adaptation zeigten die ProCAD- im Vergleich zu den IPS-e.max-Press-Restaurationen bei den ersten Nachuntersuchungsterminen bessere Ergebnisse, was eventuell

auf die Verwendung der besonders transluzenten Chromascopfarben E 100–E 300 zurückzuführen ist. Die Qualität der Farb-anpassung beider Versorgungsarten nahm mit der Zeit ab. Im Laufe des Beobachtungszeitraums von 14 Monaten nahm der Anteil der Restaurationen mit einer Farbadaptation Grad Bravo bei den IPS-e.max-Press-Restaurationen von 53,8% bis 80,9% und bei den ProCAD-Restaurationen von 43,6% bis 70% deutlich zu. Diese relativen Farbveränderungen der Teilkronen könnten zum einen durch eine Veränderung der Farbe und Transluzenz der Eigenbezahnung bedingt sein, zum anderen durch eine mechanische Beanspruchung und chemische Degradation der keramischen Malschicht, vorwiegend im okklusalen Bereich, hervorgerufen werden.

Bei der Herstellung von Teilkronen im CAD/CAM-Verfahren unter Verwendung von einfarbigen Rohlingen ist das ästhetische Erscheinungsbild gegenüber individuell geschichteten Restaurationen eingeschränkt. Die individuelle Charakterisierung wird durch Malfarben erreicht. Auch bei der Anwendung des IPS-e.max-Press-Systems erfolgte eine Individualisierung der Restauration nur mit der Maltechnik. Aufgrund dessen zeigten beide Versorgungsarten nach längerer Tragedauer besonders im Bereich der Okklusalfächen Expositionen des Keramikkerne und somit vergleichbare Ergebnisse hinsichtlich der farblichen Adaptation. Einhergehend mit dem Verlust der Malschicht war eine Zunahme der Oberflächenrauigkeit beider Restaurationstypen erkennbar. Ähnliche Ergebnisse wurden auch von BINDL & MÖRMANN (2003), ARNELUND et al. (2004) und KRÄMER & FRANKENBERGER (2005) beschrieben. Die farblichen Veränderungen waren jedoch bislang ohne klinische Relevanz, da diese nicht bewusst vom Patienten wahrgenommen wurden.

Die ProCAD-Restaurationen stellen eine Alternative zu der konventionellen Fertigung von vollkeramischen Teilkronen im Lost wax-Verfahren dar. Hinsichtlich der Kontur und der okklusalen Gestaltung sind sie den gepressten IPS-e.max-Press-Restaurationen unterlegen, was jedoch aufgrund der Weiterentwicklungen im Bereich der CAD/CAM-Technologie noch nicht abschliessend bewertet werden kann.

Das Langzeitverhalten beider vollkeramischer Systeme über einen Beobachtungszeitraum von mindestens fünf Jahren bleibt abzuwarten.

## Schlussfolgerungen

Die untersuchten Werkstoffe IPS e.max Press und ProCAD erscheinen aufgrund der bisherigen klinischen Ergebnisse für die Indikation der vollkeramischen Teilkrone im Seitenzahnbereich geeignet.

## Summary

GUESS P C, STAPPERT C F J, STRUB J R: **Preliminary clinical results of a prospective study of IPS e.max Press- and Cerec ProCAD- partial coverage restorations** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 116: 493–500 (2006)

It was the aim of this prospective clinical splitmouth investigation to evaluate the survival rate and long-term behavior of all-ceramic partial coverage restorations (PCR) on molars. Pressed ceramic (IPS e.max Press) and CAD/CAM made (ProCAD) PCR were compared.

80 vital molars of 25 patients were restored with all-ceramic PCR (40 IPS e.max Press\* and 40 ProCAD\*). All PCR were adhesively luted with a light-polymerizing composite (Syntac\*/Tetric\*) (\*Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein). The ProCAD PCR

were produced with Cerec 3 and Cerec Inlab CAD/CAM system (Sirona Dental Systems, Bensheim, Germany). IPS e.max Press PCR were heat-pressed following the lost-wax IPS-Empress method. Clinical recall was arranged in average 8, 14, 20 and 28 months after cementation of the restoration. PCR were classified by USPHS criteria.

The prospective survival rate of ProCAD PCR was 97% and 100% for IPS e.max Press PCR after an observation period of 24 months. After fracture, one ProCAD restoration had to be replaced after nine months. The clinical accuracy of the marginal fit of ProCAD PCR and IPS e.max Press PCR was recorded «Alfa». Limitations were recognized with respect to the color matching of both types of PCR («Bravo»).

Conclusion: Within the limits of the present clinical results, the tested all-ceramic materials IPS e.max Press und ProCAD seem to be indicated for partial coverage restorations on molars.

## Résumé

Le but de cette étude clinique prospective «split-mouth» était d'évaluer le taux de survie et le comportement à long terme de restaurations molaires partielles céramiques (PCR). Des restaurations de céramique pressée (en IPS e.max Press) ou préparées selon une technique CAO/FAO (ProCAD) ont été comparées. 80 molaires vivantes chez 25 patients ont été restaurées avec des PCR entièrement en céramique (40 IPS e.max Press\* et 40 ProCAD\*). L'ensemble des PCR ont été insérées selon une technique adhésive avec un composite photo polymérisable (Syntac\*/Tetric\*), (\*Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein). Les restaurations PCR ProCad ont été produites avec le Cerec 3 et le système Cerec Inlab CAO/FAO (Sirona Dental Systems, Bensheim, Allemagne). Les restaurations PCR IPS e.max Press ont été thermopressées suivant la technique de la cire perdue IPS-Empress. Le suivi clinique a été organisé en moyenne à 8, 14, 20 et 28 mois après la mise en bouche de la restauration. Les restaurations PCR ont été classifiées selon les critères USPHS. Le taux de survie prospectif des restaurations ProCAD était de 97% et de 100% pour IPS e.max Press après une période d'observation de 24 mois. A cause d'une fracture, une restauration ProCAD a dû être remplacée après neuf mois. La précision clinique de l'adaptation marginale correspondait au score «Alfa». Des limitations sur le plan de l'exactitude de la couleur ont été constatées pour les deux types de PCR (score «Bravo»). Il a été conclu que – dans les limites de cette étude clinique – les matériaux céramiques OPS e.max Press et ProCAD peuvent être considérés comme indiqués pour des restaurations à recouvrement partiel sur les dents molaires.

## Literaturverzeichnis

- ARNELUND C F, JOHANSSON A, ERICSON M, HAGER P, FYRBERG K A: Five-year evaluation of two resin-retained ceramic systems: a retrospective study in a general practice setting. *Int J Prosthodont* 17: 302–306 (2004)
- BINDL A, MÖRMANN W H: Clinical and SEM evaluation of all-ceramic chair-side CAD/CAM-generated partial crowns. *Eur J Oral Sci* 111: 163–169 (2003)
- COELHO SANTOS M J, MONDELLI R F, LAURIS J R, NAVARRO M F: Clinical evaluation of ceramic inlays and onlays fabricated with two systems: two-year clinical follow up. *Oper Dent* 29: 123–130 (2004)
- CVAR J, RYGE G: Criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials and techniques. US Public Health Service Publication No.790. San Francisco. US Government Printing Office (1971)
- EDELHOFF D, SORENSEN J A: Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth. *J Prosthet Dent* 87: 503–509 (2002)
- EL-MOWAFY O, BROCHU J: Longevity and Clinical Performance of IPS-Empress Ceramic Restorations – A Literature Review. *J Can Dent Assoc* 68: 233–237 (2002)
- FELDEN A, SCHMALZ G, FEDERLIN M, HILLER K A: Retrospective clinical investigation and survival analysis on ceramic inlays and partial ceramic crowns: results up to 7 years. *Clin Oral Investig* 2: 161–167 (1998)
- FELDEN A, SCHMALZ G, HILLER K A: Retrospective clinical study and survival analysis on partial ceramic crowns: results up to 7 years. *Clin Oral Investig* 4: 199–205 (2000)
- FRADEANI M, AQUILANO A, BASSEIN L: Longitudinal study of pressed glass-ceramic inlays for four and a half years. *J Prosthet Dent* 78: 346–353 (1997)
- FRANKENBERGER R, PETSCHL A, KRÄMER N: Leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after six years: clinical behavior. *Oper Dent* 25: 459–465 (2000)
- HAYASHI M, YEUNG C A: Ceramic inlays for restoring posterior teeth. *Cochrane Database Syst Rev* CD 003450 (2003)
- KAPLAN E L, MEIER P: Nonparametric estimation from incomplete observation. *J Am Statist Ass* 53: 457–481 (1958)
- KRÄMER N, FRANKENBERGER R: Clinical performance of bonded leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after eight years. *Dent Mater* 21: 262–271 (2005)
- LEHNER C, STUDER S, BRODBECK U, SCHÄRER P: Six-year clinical results of leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays. *Acta Med Dent Helv* 3: 137–146 (1998)
- MAGNE P, BELSER U C: Porcelain versus composite inlays/onlays: effects of mechanical loads on stress distribution, adhesion, and crown flexure. *Int J Periodontics Restorative Dent* 23: 543–555 (2003)
- MARTIN N, JEDYNAKIEWICZ N M: Clinical performance of cerec ceramic inlays: a systematic review. *Dent Mater* 15: 54–61 (1999)
- MILLEDING P, ORTENGREN U, KARLSSON S: Ceramic inlay systems: some clinical aspects. *J Oral Rehabil* 22: 571–580 (1995)
- MÖRMANN W, KREJCI I: Computer-designed inlays after 5 years in situ: clinical performance and scanning electron microscopic evaluation. *Quintessence Int* 23: 109–115 (1992)
- OTTO T, DE NISCO S: Computer-aided direct ceramic restorations: a 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *Int J Prosthodont* 15: 122–128 (2002)
- PALLESEN U, VAN DIJKEN J W: An 8-year evaluation of sintered ceramic and glass ceramic inlays processed by the Cerec CAD/CAM system. *Eur J Oral Sci* 108: 239–246 (2000)
- POSSELT A, KERSCHBAUM T: Longevity of 2328 chairside Cerec inlays and onlays. *Int J Comput Dent* 6: 231–248 (2003)
- REICH S M, WICHMANN M, RINNE H, SHORTALL A: Clinical performance of large, all-ceramic CAD/CAM-generated restorations after three years: a pilot study. *J Am Dent Assoc* 135: 605–612 (2004)
- REISS B, WALTHER W: Clinical long-term result and 10 year Kaplan Meier analysis of Cerec restorations. *Int J Comput Dent* 3: 9–23 (2000)
- SMALES R J, ETEMADI S: Survival of ceramic onlays placed with and without metal reinforcement. *J Prosthet Dent* 91: 548–553 (2004)
- VAN DIJKEN J W, HASSELROT L, ORMIN A, OLOFSSON A L: Restorations with extensive dentin/enamel-bonded ceramic coverage. A 5-year follow-up. *Eur J Oral Sci* 109: 222–229 (2001)
- WAGNER J, HILLER K A, SCHMALZ G: Long-term clinical performance and longevity of gold alloy vs ceramic partial crowns. *Clin Oral Investig* 7: 80–85 (2003)