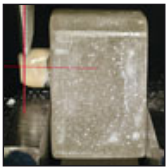


Vergleich der Bruchfestigkeit von endodontisch behandelten Zähnen, die mit adhäsiven Teilkronen oder Metallkeramik-Vollkronen restauriert wurden



Abhishek Gupta, MDS, FICOI, DICOI¹/Smita Musani, BDS, MDS²
Ramandeep Dugal, BDS, MDS³/Nikhil Jain, MDS, FICOI¹
Bhargavi Railkar, BDS, MDS⁴/Ajay Mootha, BDS, MDS⁵

In der hier vorgestellten Studie wurden adhäsiv befestigte Teilkronen mit Metallkeramik-Vollkronen für die Restauration endodontisch behandelter Seitenzähne verglichen. Die Studie wurde an 45 vor Kurzem extrahierten, endodontisch behandelten oberen ersten Prämolaren durchgeführt, die auf Acrylblöcke montiert wurden. Die Zähne wurden randomisiert in drei Gruppen aufgeteilt und für die Aufnahme der entsprechenden Restaurationen präpariert. In Gruppe 1 erhielten die Zähne Metallkeramik-Vollkronen, in Gruppe 2 adhäsive Teilkronen aus Presskeramik (Lithiumdisilikat) mit einem funktionellen Höcker (palatinal) und in Gruppe 3 adhäsive Teilkronen aus Presskeramik mit bukkalem Höcker, wobei der palatinale Höcker intakt und in Funktion blieb. Alle Restaurationen der Gruppe 1 wurden mit Glasionomerzement zementiert. Die Restaurationen der Gruppen 2 und 3 wurden mit einem dual härtenden Kunststoffzement befestigt. Alle Präparate durchliefen einen Alterungsprozess und ihre Scherfestigkeit wurde mit einem Belastungsgerät überprüft. Die mittlere Kraft (in Newton), die zum Verlust der Restauration führte, betrug in Gruppe 1 $674,90 \pm 94,16$ N, in Gruppe 2 $463,46 \pm 61,11$ N und in Gruppe 3 $849,33 \pm 68,92$ N. Die mittels einseitiger Varianzanalyse ermittelten *p*-Werte zeigten einen hochsignifikanten Unterschied zwischen Gruppe 2 und 3 ($p = 0,001$), Gruppe 1 und 2 ($p = 0,001$) und Gruppe 1 und 3 ($p = 0,001$). In allen Gruppen frakturierten Restaurationen und Zähne. Diese In-vitro-Studie lässt vermuten, dass endodontisch behandelte Seitenzähne mit intakten funktionellen Höckern mit adhäsiven Keramikteilkronen restauriert werden können. Kann der funktionelle Höcker nicht erhalten werden, sind Metallkeramik-Vollkronen die Behandlung der Wahl. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34: 389–395)

¹ Department of Prosthodontics and Implantology, M.A. Rangoonwala Dental College, Pune, Maharashtra, Indien.

² Professor, Department of Prosthodontics and Implantology, M.A. Rangoonwala Dental College, Pune, Maharashtra, Indien.

³ Professor und Leiter, Department of Prosthodontics and Implantology, M.A. Rangoonwala Dental College, Pune, Maharashtra, Indien.

⁴ Seniordozent, Department of Prosthodontics and Implantology, M.A. Rangoonwala Dental College, Pune, Maharashtra, Indien.

⁵ Dozent, Department of Prosthodontics and Implantology, M.A. Rangoonwala Dental College, Pune, Maharashtra, Indien.

Korrespondenz an: Dr. Abhishek Gupta, Gupta Dental Care, 101, Heaven Arcade, Salunke Vihar Road, Wanowari. Pune – 411040, Maharashtra, Indien. E-Mail: guptadentalcare@gmail.com

©2014 by Quintessence Publishing Co Inc.

Die Prognose endodontisch behandelter Zähne hängt nicht nur von der endodontischen Behandlung, sondern auch von der definitiven Restauration ab. Der verbliebene koronale Anteil des endodontisch behandelten Zahns ist der wichtigste Faktor für die Planung der Restauration.

Traditionell sind Vollkronen (Metallkeramik- oder Metallkronen) die Restauration der Wahl, um die strukturelle Schwäche endodontisch behandelter Zähne auszugleichen¹. Aufgrund der Fortschritte bei den Keramiken und Adhäsivtechniken ist jedoch ein Paradigmenwechsel zu beobachten, da im klinischen Alltag im Seitenzahnbereich immer häufiger Keramikkrone verwendet werden².

Studien zur Bruchfestigkeit von Zähnen mit Keramikteilkronen weisen kontroverse Ergebnisse auf^{3–5}. In der Literatur ist kein Vergleich von Teil- und Vollkronen für die Restauration endodontisch behandelter Zähne verfügbar. Mittlerweile werden eher konservative Verfahren und eine fortgeschrittene Adhäsivtechnologie angewendet. Daher könnten adhäsiv befestigte Teilkronen ähnliche funktionelle und ästhetische Ergebnisse erreichen wie Vollkronen, ohne die Frakturresistenz des Zahns zu beeinträchtigen.

In der vorliegenden Studie wird die Bruchfestigkeit endodontisch behandelter Zähne nach der Restauration

mit zwei verschiedenen adhäsiv befestigten Teilkronen untersucht und die Ergebnisse mit der Verwendung von Metallkeramik-Vollkronen verglichen.

Material und Methode

Zahnauswahl

Insgesamt wurden für diese Studie 55 nicht kariöse, vor Kurzem (im Rahmen einer orthodontischen Behandlung) extrahierte obere erste Prämolaren mit vollständigen Wurzeln ausgewählt. Die Extraktion durfte nicht länger als zwei Monate zurückliegen. Die Patienten im Alter von 15 bis 25 Jahren wurden darüber aufgeklärt, dass die extrahierten Zähne im Rahmen einer Studie verwendet werden sollen, und sie erteilten ihr schriftliches Einverständnis. Oberflächliche Ablagerungen wurden mit einem Hand-Scaler entfernt. Anschließend wurden die Zahnhartsubstanz mittels Transillumination auf Risse überprüft und Zähne mit sichtbaren Rissen oder Frakturen von der Studie ausgeschlossen. Alle Proben wurden in 0,1 % Thymollösung gelagert, damit sie nicht austrockneten und brüchig wurden⁶. Von jedem Zahn wurde eine digitale Röntgenaufnahme angefertigt, um Frakturen auszuschließen und die Durchgängigkeit des Wurzelkanalsystems zu beurteilen. Insgesamt wurden 45 dieser Zähne randomisiert auf die experimentellen Gruppen verteilt.

Probenpräparation

Nach der radiologischen Untersuchung der Wurzelkanäle wurden alle Zähne endodontisch behandelt. Die Zugangspräparation war standardmäßig oval, wie es für obere Prämolaren üblich ist. Die Pulpakammer wurde

jeweils mit einem Standardverfahren eröffnet⁷. Die Aufbereitung erfolgte von der Krone zur Wurzelspitze mit rotierenden Nickel-Titan-Instrumenten (Protaper, Dentsply). Nach dem Kalibrieren und Einstellen auf Größe 25 wurden alle Zähne in lateraler Kondensationstechnik mit kalibrierten Guttaperchaspitzen (F2, Dentsply) und einem Wurzelkanalversiegler (AH Plus, Dentsply) verschlossen.

Die Zugangsöffnungen wurden mit Komposit (Clearfil Photocore, Kuraray Medical) geschlossen.

Jeder Zahn wurde in einer Gussform aus rostfreiem Stahl (30 x 20 x 20 mm) in einen Block aus selbsthärtendem Acrylkunststoff (Asian Acrylates) eingebettet, sodass die Längsachse senkrecht zur Blockbasis verlief und das Acryl 2 mm unter der Schmelz-Zement-Grenze (SZG) endete.

Vor dem Einbetten wurde mit einer Mikrobürste eine dünne Glyzerinschicht auf die Wurzeln aufgetragen und die Zähne nach der Polymerisierung des Kunststoffs vorsichtig wieder entnommen. Anschließend wurde fließfähiges Polyvinylsiloxan (Flexitime, Heraeus-Kulzer) in die Acrylformen gegeben, um das Parodon talligament zu simulieren, und der Zahn wurde wieder eingesetzt⁸.

Die Zähne wurden randomisiert in drei Gruppen (n = 15) unterteilt: In Gruppe 1 erhielten die Zähne Metallkeramik-Vollkronen, in Gruppe 2 adhäsive Teilkronen mit funktionellem Höcker und in Gruppe 3 adhäsive Teilkronen mit bukkalem, aber ohne palatinalen Höcker, der intakt und in Funktion blieb.

Präparation

Gruppe 1

Die Zähne wurden mit Hochgeschwindigkeitsinstrumenten unter reichlicher Luft-Wasser-Kühlung für

Metallkeramik-Vollkronen präpariert. Die Okklusalfäche wurde mit einem konischen Diamantbohrer mit rundem Ende (Piranha Dia 2X no. 856L-018, SS White Burs) um 2 mm reduziert. Mit demselben Bohrer wurde am funktionellen Höcker eine lange Schräge angelegt. Die labiale, palatinale und proximale Oberfläche wurde mit einem Diamantbohrer (Piranha Dia 2X no. 879-018, SS White Burs) um 1,5 mm reduziert. Der tiefe, abgeschrägte Präparationsrand lag 1 mm über der SZG (Abb. 1).⁹

Gruppe 2

Die Zähne wurden für adhäsiv befestigte Teilkronen mit funktionellem Höcker präpariert. Der okklusale Kasten wurde bis zur Hälfte des bukkolingualen Durchmessers mit einem am Ende flach zulaufenden Diamantbohrer (Piranha Dia 2X no. 847-016, SS White Burs) auf eine Tiefe von 2 mm präpariert. Die Okklusalfäche des funktionellen Höckers wurde um 2 mm reduziert¹⁰ und 2 mm über der SZG eine Schulterpräparation vorgenommen (Abb. 2).

Gruppe 3

Die Zähne wurden für adhäsiv befestigte Teilkronen, nur mit bukkalem, nicht funktionellem Höcker präpariert. Die Präparation war ähnlich wie in der Gruppe 2, allerdings wurde lediglich der bukkale Höcker mit einbezogen (Abb. 3).

Herstellung der Restauration

Mit Polyvinylsiloxan-Abformmaterial (Aquasil, Dentsply) wurde eine Abformung angefertigt und mit Typ-IV-Dentalgips (Ultradent) Meistermodelle hergestellt.



Abb. 1 Zahnpräparation für eine Metallkeramik-Vollkrone.



Abb. 2 Zahnpräparation für eine adhäsive Teilkrone mit funktionellem Höcker.



Abb. 3 Zahnpräparation für eine adhäsive Teilkrone mit nicht funktionellem Höcker.

Tabelle 1 Eigenschaften der verwendeten Keramiken

| Keramik | Hersteller | Farbe | Chargennr. | Biegefestigkeit (MPa)* |
|------------|---------------------|-------|------------|------------------------|
| IPS d.SIGN | Ivoclar-Vivadent | A-2 | N29026 | 100 |
| Cergo Kiss | Dentsply- Maillefer | W 1 | 40822 | 100–120 |

* Herstellerangaben.

In Gruppe 1 wurden das Metallgerüst mit Formwachs (Sculpturing Wax Chip beige, Yeti Dental) aufgewachst und mit einer Nichtedelmetalllegierung aus Nickel und Chrom (4all, Ivoclar-Vivadent) hergestellt. Später wurde das Gerüst mit Fluorapatit-Leucit-Glaskeramik (IPS d.SIGN, Ivoclar-Vivadent) in einem Keramikofen (Vita Vacumat, Ivoclar-Vivadent) verblendet. Alle Restaurationen wurden eingepasst, geschliffen, poliert und anschließend glasiert.

In den Gruppen 2 und 3 wurden die Restaurationen in Wachs (Plastodont art line, DeguDent) hergestellt, um die finalen Konturen zu erstellen, angestiftet und in eine feuerfeste Form eingebettet (Cergo Fit, Dentsply).

Anschließend wurde das Wachs ausgetrieben und die Keramik (Cer-

go KISS, Dentsply) mit hohem Druck in einem Presskeramikofen (Multimat press, Dentsply) gepresst. Nach dem Pressverfahren wurden die Restaurationen wieder in die Modelle eingesetzt. Anschließend erfolgten bei allen Restaurationen Endbearbeitung, Bemalen und Glasur (Tabelle 1).

Zementierung

In der Gruppe 1 wurden die Zahnflächen mit nassem Bimsstein oder einer Gummispitze gereinigt. Der Bimsstein wurde abgespült und die präparierten Flächen abgetrocknet. Alle Restaurationen der Gruppe 1 wurden nach Herstellerangaben bei einer konstanten Belastung von 5 N mit modifiziertem Glasionomerze-

ment befestigt (Rely-X Luting, 3M ESPE). Nach dem Aushärten wurde der überschüssige Zement mit einem manuellen Scaler entfernt (Abb. 4).

In den Gruppen 2 und 3 wurden alle Onlays nach Herstellerangaben sandgestrahlt, geätzt, silanisiert und mit dual härtendem Kunststoffzement (Panavia F 2,0, Kuraray Medical) befestigt (Abb. 5).

Prüfung

Um die Proben altern zu lassen, durchliefen sie 5000 thermische Zyklen (5 bis 55 °C) und wurden bei Raumtemperatur für sieben Tage in Kochsalzlösung gelagert. Jede Probe wurde in der Haltevorrichtung eingespannt und mithilfe eines Stahlstabs



Abb. 4 Metallkeramik-Vollkrone, die mit Glasionomerzement befestigt wurde.



Abb. 5a und b Mit dual härtendem Kunststoffzement befestigte Teilkrone.

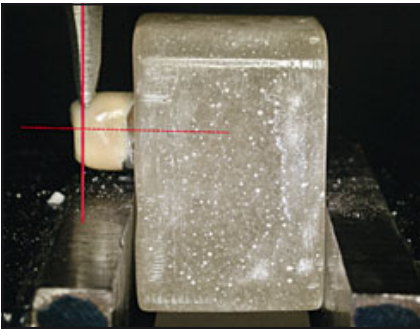


Abb. 6 Rechtwinklig zur Längsachse der restaurierten Zähne einwirkende Kraft.

| Tabelle 2 Krafteinwirkung, unter der die Restaurationen frakturierten, in Newton (Mittelwert ± Standardabweichung) | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Gruppe 1 (n = 15) | Gruppe 2 (n = 15) | Gruppe 3 (n = 15) |
| Kraft (N) | 674.90 ± 94.16 | 463.46 ± 61.11 | 849.33 ± 68.92 |

| Tabelle 3 p-Werte der einseitigen Varianzanalyse | |
|---|-------------------------|
| Vergleich der Gruppen | p |
| Gruppe 1 vs Gruppe 2 | 0,001 (hochsignifikant) |
| Gruppe 1 vs Gruppe 3 | 0,001 (hochsignifikant) |
| Gruppe 2 vs Gruppe 3 | 0,001 (hochsignifikant) |

mit einem Durchmesser von 5 mm an der Spitze kontrolliert belastet. Rechtwinklig zur Längsachse der restaurierten Zähne wurde mithilfe einer Universalprüfmaschine (Star Testing Systems, STS 248) mit einer Kreuzkopfgeschwindigkeit von 1 mm/min Kraft auf die Zähne ausgeübt. Alle Proben wurden so lange belastet, bis es zur Fraktur kam und die maximale Bruchfestigkeit in Newton sowie das Frakturmuster dokumentiert (Abb. 6).

Ergebnisse

Die zur Fraktur der Restaurationen erforderliche Belastung sowie die p-Werte aller Gruppen sind in den Tabellen 2 und 3 zusammengefasst. Die Bruchfestigkeit ist in Abbildung 7 dargestellt.

Diskussion

Die Wahrscheinlichkeit für eine Zahnfraktur steigt nach einer endodontischen Behandlung^{11,12}. Die wichtigsten Gründe für die abnehmende Bruchfestigkeit sind das Trauma und der übermäßige Verlust von Zahnschubstanz^{13,14}. An den Seitenzähnen reduziert die endodontische Behandlung wegen der tiefen und breiten Kavitäten die Widerstandskraft der

Zähne¹⁵. Ein ideales Restaurationsmaterial müsste die Zahnschubstanz verstärken, ihre Bruchfestigkeit erhöhen^{16,17} und die Randversiegelung verbessern.

Metallkeramikronen erfordern eine extensive Zahnpräparation, wirken sich oft negativ auf das Parodont aus und machen häufig eine Neuentwicklung des Okklusionsschemas erforderlich. Vorteilhaft ist es jedoch, so viel Zahnhartsubstanz wie möglich zu erhalten. Bei adhäsiven Teilkronen fällt die Zahnpräparation konservativer aus, während die natürlichen Konturen der Zähne erhalten bleiben. Die Okklusalkontakte bleiben oft erhalten und es wird ein Monoblockeffekt erzielt. Dies verbessert die parodontale Gesundheit, da die Patienten eine effizientere und effektivere Mundhygiene durchführen können¹⁸.

Die Bruchfestigkeit von Keramik-Inlays und -Onlays auf extrahierten natürlichen Zähnen wurde bereits in mehreren In-vitro-Studien untersucht¹⁹⁻²². In der vorliegenden Studie sollte geklärt werden, ob adhäsive Teilkronen bei der Restauration endodontisch behandelter Seitenzähne eine Alternative zu konventionellen Metallkeramikronen sind.

Für diese Studie wurden obere Prämolaren ausgewählt, weil sie ähnliche Frakturaten wie die Molaren desselben Kiefers aufweisen²³, ästhetisch restauriert werden müssen²⁴ und sich unter Okklusionsbelastung aufgrund ihrer Anatomie leichter biegen und brechen²⁵.

In mehreren Studien wurde gezeigt, dass die Mikrostruktur des Kronenmaterials, die Verbundfestigkeit von Krone und Zahn und das Adhäsivsystem die Frakturbelastung definitiver Restaurationen beeinflussen^{26,27}.

Ein Literatur-Review zu den Okklusalkräften beim Menschen ermittelte für den Seitenzahnbereich eine maximale okklusale Belastung von 300 bis 880 N²⁸⁻³⁰. Auch Schwickerath

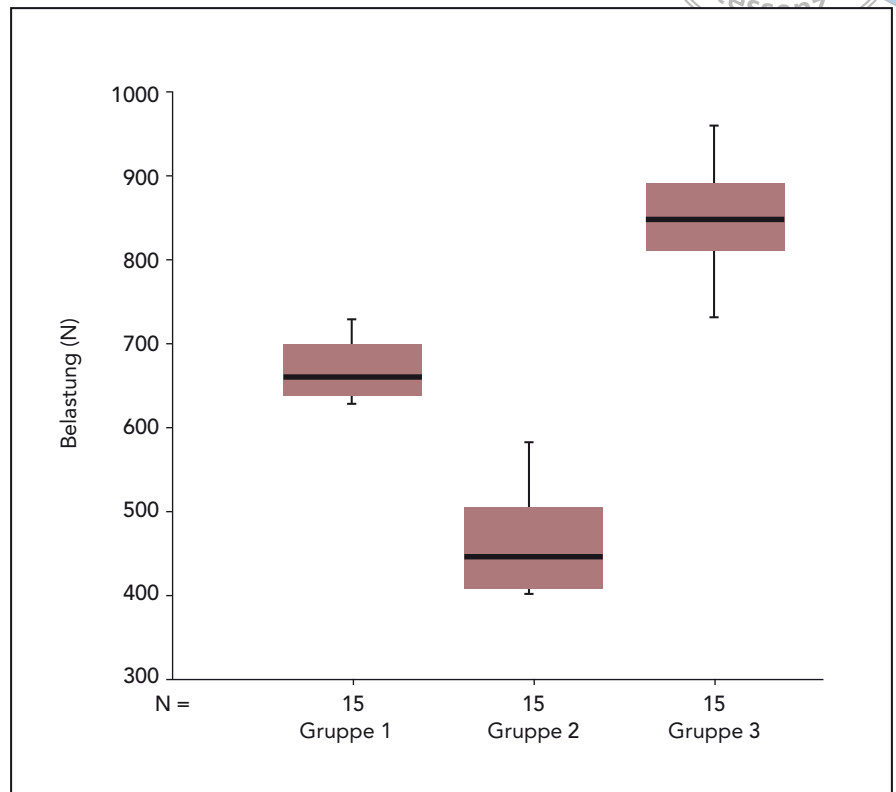


Abb. 7 Ergebnisse der Bruchfestigkeitsprüfung in Newton (N).

und Coca³¹ ermittelten im Molarenbereich maximale Kaukräfte von etwa 400 N. Restaurationen im Seitenzahnbereich sollten daher derartigen Belastungen widerstehen können, um gute Langzeitergebnisse zu erreichen.

Die Prämolaren sind beim Kauakt mit höherer Wahrscheinlichkeit Scherkräften ausgesetzt als die Molaren. In der Literatur finden sich keine Vergleichsstudien zur Bruchfestigkeit endodontisch behandelter Zähne mit verschiedenen Restaurationen, die Scherkräften ausgesetzt wurden. Daher wurde die Krafteinwirkung rechtwinklig zur Längsachse des restaurierten Zahns ausgeübt, um die oralen Verhältnisse zu simulieren.

Die Bruchfestigkeit (Belastungswerte) ist für alle drei Gruppen als Mittelwert \pm Standardabweichung

angegeben. Die statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen wurden durch eine einseitige Varianzanalyse mit Bonferroni-Korrektur für multiple Gruppenvergleiche ermittelt. Ein p-Wert $< 0,05$ galt als statistisch signifikant.

Die mittlere Kraft, die für eine Fraktur der Restauration erforderlich war, betrug in Gruppe 1 $674,90 \pm 94,16$ N, in Gruppe 2 $463,46 \pm 61,11$ N und in Gruppe 3 $849,33 \pm 68,92$ N. Die p-Werte ergaben einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Gruppe 2 und 3 ($p = 0,001$), Gruppe 1 und 2 ($p = 0,001$) sowie Gruppe 1 und 3 ($p = 0,001$). In Gruppe 3 war die durchschnittliche Belastung signifikant höher als in den Gruppen 1 und 2. Die Frakturen betrafen in allen drei Gruppen Zähne und Restaurationen. In allen drei Gruppen lag die mittlere

Frakturbelastung über der mittleren Kaubelastung. Die geringste Bruchfestigkeit wiesen die restaurierten Zähne der Gruppe 2 auf, bei denen auch die funktionellen Höcker präpariert worden waren, und die höchste Bruchfestigkeit die Zähne der Gruppe 3, in der die Zähne durch eine adhäsive Teilkrone restauriert worden waren, ohne dass der funktionelle Höcker präpariert wurde.

Anhand der Menge der verloren gegangenen Zahnschubstanz könnten Leitlinien für die korrekte Wahl der Restauration bei endodontisch behandelten Zähnen erarbeitet werden. Adhäsive Teilkronen tragen zum Erhalt der Zahnschubstanz bei und bewahren die okklusalen und fazialen Zahnkonturen. Bei einem ausgedehnten Verlust von Zahnhartsubstanz, der auch den funktionellen Höcker betrifft, sollte eine Keramikvollkrone erwogen werden.

Eine Einschränkung dieser Studie war die Standardpräparation der Zähne. Vermutlich beeinflussen verschiedene Präparationskriterien, wie die Lage des Präparationsrands und das Ausmaß der Zahnreduktion, die Bruchfestigkeit von Metallkeramikronen und Keramiken generell. Außerdem wurden die oralen Bedingungen bei der Prüfung und dem Vergleich der Bruchfestigkeit von endodontisch behandelten Zähnen in dieser In-vitro-Studie nicht vollständig simuliert. Für aussagekräftigere Ergebnisse sollten In-vivo-Langzeitstudien zu diesem Thema durchgeführt werden.

Schlussfolgerung

Im Rahmen dieser Studie lässt sich festhalten, dass endodontisch behandelte Seitenzähne mit intakten funktionellen Höckern mit adhäsiven Teilkronen aus Keramik restauriert werden können. Wenn die Zahnschubstanz allerdings auch am funktionellen

Höcker abgetragen wurde, ist eine Vollkrone die Behandlung der Wahl.

Interessenerklärung

Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

- McLean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent* 2001;85:61–66.
- Banks RG. Conservative posterior ceramic restorations: A literature review. *J Prosthet Dent* 1990;63:619–626.
- Bremer BD, Geurtsen W. Molar fracture resistance after adhesive restoration with ceramic inlays or resin-based composites. *Am J Dent* 2001;14:216–220.
- Dalpino PH, Francischone CE, Ishikiriama A, Franco EB. Fracture resistance of teeth directly and indirectly restored with composite resin and indirectly restored with ceramic materials. *Am J Dent* 2002; 15:389–394.
- Dietschi D, Maeder M, Meyer JM, Holz J. In vitro resistance to fracture of porcelain inlays bonded to tooth. *Quintessence Int* 1990;21:823–831.
- Helfer AR, Melnick S, Schilder H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972;34:661–670.
- Ingle JI, Taintor JF. *Endodontic Cavity Preparation in Endodontics*, ed 3. Philadelphia: Lea and Febiger, 1985:138–141.
- Soares CJ, Pizi EC, Fonseca RB, Martins LR. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. *Braz Oral Res* 2005;19:11–16.
- Butel EM, Campbell JC, DiFiore PM. Crown margin design: A dental school survey. *J Prosthet Dent* 1991;65:303–305.
- Ritter AV, Baratieri LN. Ceramic restorations for posterior teeth: Guidelines for the clinician. *J Esthet Dent* 1999;11: 72–86.
- Howe CA, McKendry DJ. Effect of endodontic access preparation on resistance to crown-root fracture. *J Am Dent Assoc* 1990;121:712–715.
- Sorensen JA, Martinoff JT. Intracoronary reinforcement and coronal coverage: A study of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1984;51:780–784.
- Reeh ES, Douglas WH, Messer HH. Stiffness of endodontically-treated teeth related to restoration technique. *J Dent Res* 1989;68:1540–1544.
- Linn J, Messer HH. Effect of restorative procedure on the strength of endodontically treated molars. *J Endod* 1994;20: 479–485.
- Asiello P, De-Gee AJ, Rengo S, Davidson CL. Fracture resistance of endodontically-treated premolars adhesively restored. *Am J Dent* 1997;10:237–241.
- Dickerson WG, Hastings JH. Indirect composite restorations. *Curr Opin Cosmet Dent* 1995:51–56.
- Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Evaluation of clinical performance for posterior composite resin and dentin adhesives. *Oper Dent* 1987;12:53–78.
- Braunwarth J, Hellge A. Full porcelain partial crown. 2. Preparation [in German]. *Quintessenz Zahntech* 1991;17:157–167.
- Geurtsen W, Orth M, Gartner A. Fracture resistance of human maxillary molars with MOD amalgam or composite fillings [in German]. *Dtsch Zahnärztl Z* 1989;44:108–110.
- Dietschi D, Maeder M, Meyer JM, Holz J. In vitro resistance to fracture of porcelain inlays bonded to tooth. *Quintessence Int* 1990;21:823–831.
- Dietschi D, Magne P, Holz J. Bonded to tooth ceramic restorations: In vitro evaluation of the efficiency and failure mode of two modern adhesives. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1995;105: 299–305.
- Cotert HS, Sen BH, Balkan M. In vitro comparison of cuspal fracture resistances of posterior teeth restored with various adhesive restorations. *Int J Prosthodont* 2001; 14:374–378.
- Cavel WT, Kelsey WP, Blankenau RJ. An in vivo study of cuspal fracture. *J Prosthet Dent* 1985;53:38–42.
- Watts DC, Wilson NH, Burke FJ. Indirect composite preparation width and depth and tooth fracture resistance. *Am J Dent* 1995;8:15–19.

-
25. de Freitas CR, Miranda MI, de Andrade MF, Flores VH, Vaz LG, Guimarães C. Resistance to maxillary premolar fractures after restoration of class II preparations with resin composite or ceromer. *Quintessence Int* 2002;33:589–594.
26. Attia A, Kern M. Fracture strength of all-ceramic crowns luted using two bonding methods. *J Prosthet Dent* 2004;91:247–252.
27. Attia A, Kern M. Influence of cyclic loading and luting agents on the fracture load of two all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 2004;92:551–556.
28. Bates JF, Stafford GD, Harrison A. Masticatory function: A review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *J Oral Rehabil* 1976;3:57–67.
29. Gibbs CH, Mahan PE, Mauderli A, Lundeen HC, Walsh EK. Limits of human bite strength. *J Prosthet Dent* 1986;56:226–229.
30. Kiliaridis S, Kjellberg H, Wenneberg B, Engström C. The relationship between maximal bite force, bite force endurance, and facial morphology during growth. A cross-sectional study. *Acta Odontol Scand* 1993;51:323–331.
31. Schwickerath H, Coca I. Single crowns of glass-ceramic [in German]. *Phillip J Restaur Zahnmed* 1987;4:336–338.