

G. Sterzenbach¹, A. Franke², M. Naumann³

Randomisierte kontrollierte Studie zum Einfluss des Stiftmaterials auf die Überlebensraten postendodontischer Rekonstruktionen

Randomized controlled trial on impact of endodontic postmaterial on the survival rates of postendodontic restorations



G. Sterzenbach

Einführung: Im Rahmen dieser klinischen Untersuchung wurde das biomimetische Konzept der postendodontischen Rekonstruktion stark zerstörter Pfeilerzähne mit eher dentinähnlich flexiblen (geringes Elastizitätsmodul) Aufbaustiften untersucht. Verglichen wurden die Überlebensraten der mit glasfaserverstärkten Epoxydharzstiften (GFREP) oder eher rigiden (höheres Elastizitätsmodul), konfektionierten Titanstiften (TP) versorgten Pfeilerzähne.

Material und Methode: 91 Patienten mit dem Bedarf einer postendodontischen Restauration eines Zahnes mit 2 oder weniger verbliebenen Kavitätenwänden wurden randomisiert auf die 2 Studienarme verteilt: konischer GFREP (n = 45) oder konischer TP (n = 46). Die Aufbaustifte mit identischem Makrodesign wurden adhäsiv mit einem selbsthaftenden Befestigungskomposit befestigt. Nach direktem adhäsiven Kompositstumpfaufbau wurde mit der Pfeilerpräparation zur Aufnahme einer Kronenrestauration eine 2 mm hohe Dentinmanschette sichergestellt. Als primärer Endpunkt wurde das grundunabhängige Versagen der Restauration festgelegt. Die Studiengruppen wurden für die Überlebensraten der Pfeilerzähne mit dem Log Rank-Test verglichen ($p < 0,05$).

Ergebnisse: Insgesamt wurde die Stiftsetzung bei 27 Frontzähnen, 17 Eckzähnen, 37 Prämolaren und 10 Molaren durchgeführt. Die prozentuale Verteilung der Zahntypen auf beide Interventionsgruppen war vergleichbar. Davon wurden 57 % der Zähne mit einer Einzelkrone versorgt, 25 % waren Pfeilerzähne für eine Brückenkonstruktion und 13 % wurden als Pfeilerzahn in Kombination mit einem herausnehmbaren

Introduction: This clinical long-term study was conducted to evaluate the biomimetic concept of using more flexible, dentine-like (low Young's modulus) glass-fiber reinforced epoxy resin posts (GFREP) compared to rather rigid, stiff (higher Young's modulus) titanium posts (TP) in order to improve the survival rate of severely damaged endodontically treated teeth.

Material and Methods: 91 subjects in need of postendodontic restorations in teeth with 2 or less remaining cavity walls were randomly assigned receiving either a tapered TP (n = 46) or a tapered GFREP (n = 45). The posts were adhesively luted using self-adhesive resin cement. The composite core build-ups were prepared ensuring a circumferential 2 mm ferrule. The primary endpoint was loss of restoration for any reason. To study group differences log rank-test was calculated ($p < 0.05$). Hazard plots were constructed.

Results: Overall, posts were luted in 27 anterior teeth, 17 canines, 37 premolars and 10 molars. The percentage of tooth type was comparable distributed between the 2 intervention groups. 57 % of the abutment teeth received a single crown restoration, 25 % were abutments for a fixed dental prostheses (FDP) and 13 % were abutments for combined FDP and removable dental prostheses. Four teeth did not received a final restoration within 3 month. Thus, 87 patients were analyzed after 84 month of observation (mean 71.2). Overall 7 restorations failed (GFREP = 4; TP = 3). The failure modes were: GFREP: root fracture n = 2, core fracture n = 1, increased tooth mobility n = 1; TP: endodontic failure n = 3. No statistical difference was found between the sur-

¹ Charité – Universitätsmedizin Berlin, CC3, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre, Berlin und Dentalzentrum Pankow, Berlin

² Private Praxis, Berlin

³ Universitätsklinikum Ulm, Dept. für Zahnheilkunde, Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Ulm

Peer-reviewed article: eingereicht: 18.12.2012, revidierte Fassung akzeptiert: 25.02.2013

DOI 10.3238/dzz.2013.0337-0346

Zahnersatz restauriert. Vier Pfeilerzähne erhielten keine definitive Versorgung. Demnach konnten nach 84 Monaten Beobachtungszeit (Mittelwert: 71,2) die Daten für 87 Patienten analysiert werden. Bei 87 % der Patienten lag eine natürliche oder festsitzende Gegenbeziehung vor. Insgesamt versagten 7 Restaurationen (GFREP = 4; TP = 3) mit den folgenden Versagensursachen: GFREP: Wurzelfraktur n = 2, Aufbaufraktur n = 1, erhöhte Zahnlockerung n = 1; TP: endodontisches Versagen n = 3. Die Überlebensraten zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Studiengruppen (GFREP = 90,2 %; TP = 93,5 %; p = 0,642). Die Wahrscheinlichkeit nicht zu Versagen war für beide Stiftmaterialien vergleichbar (relatives Risiko; Konfidenzintervall 95 % = 0,965; 0,851/1.095).

Schlussfolgerung: Nach adhäsiver Befestigung von konfektionierten Aufbaustiften und einem ferrule von 2 mm sind die längerfristigen Überlebensraten von postendodontisch rekonstruierten, stark zerstörten Pfeilerzähnen mit maximal 2 verbliebenen Kavitätenwänden hoch und unabhängig vom Material des Aufbaustiftes – glasfaserverstärktes Komposit vs. Titan. (Dtsch Zahnärztl Z 2013, 68: 337–346)

Schlüsselwörter: Glasfaserstifte; Titanstifte; E-Modul; Stift-Stumpf-Aufbau

Einführung

Ein wesentlicher Faktor für die Überlebensraten postendodontischer Rekonstruktionen ist das Ausmaß der residualen Zahnhartsubstanz [47]. Es ist allgemein anerkannt, dass endodontisch behandelte Zähne mit geringem Zahnhartsubstanzverlust mittels adhäsiv befestigten direkten oder indirekten Restaurationen rekonstruiert werden können [16]. Bei ausgeprägtem koronalen Zahnhartsubstanzverlust ist für die Unterstützung der Retention des Stumpfaufbaumaterials die Insertion von endodontischen Aufbaustiften indiziert. Da Aufbaustifte die Frakturfestigkeit der Wurzel nicht erhöhen [47, 55], sondern durch die Stiftbett-aufbereitung weitere Zahnhartsubstanz geopfert werden muss und damit die strukturelle Integrität der Pfeilerzähne zusätzlich geschwächt werden kann, ist die Indikation der Stiftinsertion streng nach dem Ausmaß der residualen Zahnhartsubstanz zu stellen. Bei einer Restzahnhartsubstanz von 2 oder weniger Kavitätenwänden werden die Überlebensraten überkronter, endodontisch behandelte Zähne durch eine Stiftinsertion signifikant erhöht [9, 19].

vival rates (GFREP = 90.2 %; TP = 93.5 %; p = 0.642). The probability of no failure was comparable for both post materials (RR; CI 95 % = 0.965; 0.851/1.095).

Conclusions: When using adhesively luted prefabricated posts in severely destroyed abutment teeth with 2 or less cavity walls and a 2 mm ferrule postendodontic restorations achieve high long-term survival rates, irrespective of the post material – glass-fiber reinforced composite vs. titanium – used.

Keywords: glass-fiber post; titanium posts; young’s modulus; post-and-core

Ein wesentlicher Unterschied zum unversehrten und vitalen Zahn ist die erhöhte Belastungsstresskonzentration im residualen Wurzeldentin bei Stift-Stumpfaufbau (SSA) restaurierten Zähnen [27]. Die unterschiedliche Elastizität der für den SSA verwendeten Materialien, die erhöhte Biegebeanspruchung und damit reduzierte Belastbarkeit der infolge der endodontischen

Therapie reduzierten Zahnhartsubstanz beeinflussen wesentlich die Ausbildung kritischer Spannungskonzentrationen [27]. Vor diesem Hintergrund ist die Evaluation zum Einfluss verschiedener Materialkombinationen für den SSA Gegenstand zahlreicher Untersuchungen.

Grundsätzlich lassen sich 2 gegensätzliche Theorien formulieren: Steifere Stiftmaterialien (höheres E-Modul) wie

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterium
<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 2 Kavitätenwände • Dentinwandstärke am Wurzelkanaleingang mind. 1 mm • symptomfreier endodontisch behandelte Zahn ohne radiologisch beurteilte apikale Aufhellung mit homogener Wurzelfüllung bis zum Apex • Minimum von 50 % alveolärer Knochenunterstützung, auch nach prospektiver chirurgischer Kronenverlängerung • keine oder keine unbehandelte Parodontitis mit maximaler Sondierungstiefe von 4 mm ohne Blutung auf Sondierung • Zahnbeweglichkeit maximal Grad II • Bereitschaft zur Teilnahme am Recall für mindestens 5 Jahre 	<ul style="list-style-type: none"> • Pfeiler für Teleskopverankerung

Tabelle 1 Eignungskriterien der Probanden/Patienten.
Table 1 Eligibility criteria for participants.

Stiftmaterial	Handelsname	Hersteller	Zusammensetzung	Bemerkung
Titan	Fiberpoints Root Pins Titanium	Schütz Dental Group, Rosbach, Deutschland	cp Titan Grad 4*	Ø koronal 1,4 mm Konus 4° E-Modul: 110 GPa [53]
Glasfaser-verstärktes Epoxydharz	Fiberpoints Root Pins Glass	Schütz Dental Group, Rosbach, Deutschland	Glasfasern (75 wt%) Bisphenol-A-Epoxydharz*	Ø koronal 1,4 mm Konus 4° E-Modul: 41–57 GPa [53]

*Herstellerinformationen

Tabelle 2 Materialspezifikation der verwendeten Aufbaustifte.

Table 2 Properties of endodontic posts.

z.B. Metall/Metalllegierungen werden empfohlen, um den postendodontischen Komplex im Sinne einer internen Schienung zu stabilisieren [5]. Hingegen sind eher flexible, Dentin ähnelnde Materialien wie faserverstärkte Kompositstifte zu bevorzugen, um Belastungsstresskonzentrationen innerhalb des Wurzelkambiums und damit Wurzelfrakturen zu vermeiden [21]

Zum Einfluss des Stiftmaterials auf die Überlebensraten postendodontischer Versorgung konnte mithilfe systematischer Übersichtsarbeiten bislang keine Empfehlung zum geeigneten Stiftmaterial gegeben werden [12, 57]. Die wesentlichen Gründe für die unzureichende Evidenz waren ungeeignete bzw. nicht kontrollierte Versuchsgruppen und nicht standardisierte Studienprotokolle insbesondere unter Berücksichtigung des Präparationsdesigns und Ausprägung des Zerstörungsgrades der Pfeilerzähne, sowie dem Befestigungsmaterial für die Aufbaustifte.

In vitro wurde in mehreren Untersuchungen hingegen belegt, dass flexible faserverstärkte Aufbaustifte das Risiko für Wurzelfrakturen reduzieren, da die mechanischen Parameter dem Dentin ähnlicher sind, als die der eher rigiden Metallstifte. Es wurde angenommen, dass dieses biomimetische Verhalten die Spannungsverteilung auf das Wurzelkambium unter Kaubelastung positiv beeinflusst [16, 56]. Indirekt angefertigte SSA (klassisch gegossene oder angegossene SSA) bergen das Risiko der Wurzelfraktur und der Reinfektion des Endodonts während der provisorischen Versorgung [15, 20]. Adhäsiv befestigte präfabrizierte, direkte SSA ermöglichen die zeitnahe bakteriendichte und substanzschonende Restauration endodontisch behandelter Pfeilerzähne. Obgleich eine reduzierte Mikroundichtigkeit

[6, 41], erhöhte Retention im Wurzelkanal [7, 47] und Belastbarkeit des postendodontischen Komplexes [35] nachgewiesen wurde, sind die häufigsten klinischen Versagensursachen adhäsiv befestigter Aufbaustifte die Stiftdezementierung und endodontisches Versagen [38]. Nach Finite-Element-Analysen ist im Vergleich zu faserverstärkten Aufbaustiften die Zug- und Scherspannung auf die Grenzschicht zwischen dem Stift und dem Befestigungskomposit bei Metallstiften um das 4-fache erhöht, was zu höheren Verlustraten bzw. Stiftdezementierungen bei Metallstiften führen müsste [42]. Demnach war es das Ziel dieser randomisierten kontrollierten Untersuchung, den Einfluss des Stiftmaterials auf die Überlebensraten von endodontisch behandelten Pfeilerzähnen zu evaluieren. Zugrunde gelegt wurde die Nullhypothese, dass kein signifikanter Einfluss auf die Überlebensraten von postendodontischen Rekonstruktionen besteht, wenn zum Aufbau von Pfeilerzähnen mit 2 oder weniger residualen Kavitätenwänden adhäsiv befestigte konfektionierte glasfaserverstärkte oder Titanaufbaustifte verwendet werden.

Material und Methode

Die Untersuchung wurde entsprechend der überarbeiteten Fassung des CONSORT 2010 Statement durchgeführt und ausgewertet [46] und ist in der Studienbank *clinicaltrials.gov*, Nummer NCT01520766 registriert.

Studiendesign

Es wurde eine randomisierte Studie mit 2 parallelen Versuchsgruppen konzipiert.

Probanden

In der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre, Charité-Centrum 3, Charité – Universitätsmedizin Berlin wurde zwischen Januar 2003 und April 2004 bei Patienten mit dem Bedarf einer postendodontischen Rekonstruktion die Eignung zum Studieneinschluss beurteilt (Einschlusskriterien Tabelle 1).

Die definitive Restauration musste bis maximal 3 Monate nach Stiftsetzung eingegliedert sein. Jeder Patient erhielt ausschließlich einen Aufbaustift im Rahmen der Studienteilnahme.

Jeder Patient wurde über die Vorteile und mögliche Risiken bei Studienteilnahme von 2 Studienärzten (GST und MN) aufgeklärt und gab sein schriftliches Einverständnis zur Teilnahme. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der Charité-Universitätsmedizin Berlin geprüft (CCM 03.02.2003 RelyX Unicem) und bestätigt.

Intervention

Die endodontische Behandlung erfolgte im studentischen Kurs der Abteilung für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie, Charité-Centrum 3, Charité – Universitätsmedizin Berlin. Die Stiftbettpräparation, Stiftinsertion, der direkte Stumpfaufbau und die Kronenpräparation wurden in einer Behandlungssitzung von einem Studienarzt (GST) mit klinischer Expertise auf dem Gebiet der postendodontischen Rehabilitation durchgeführt.

Nach der Initialbohrung mit Gates-Glitten Bohrern wurde die Stiftbettkavität mit dem systemimmanenten Reamer (Ø 1,4 mm, Fiberpoints Root Pins post

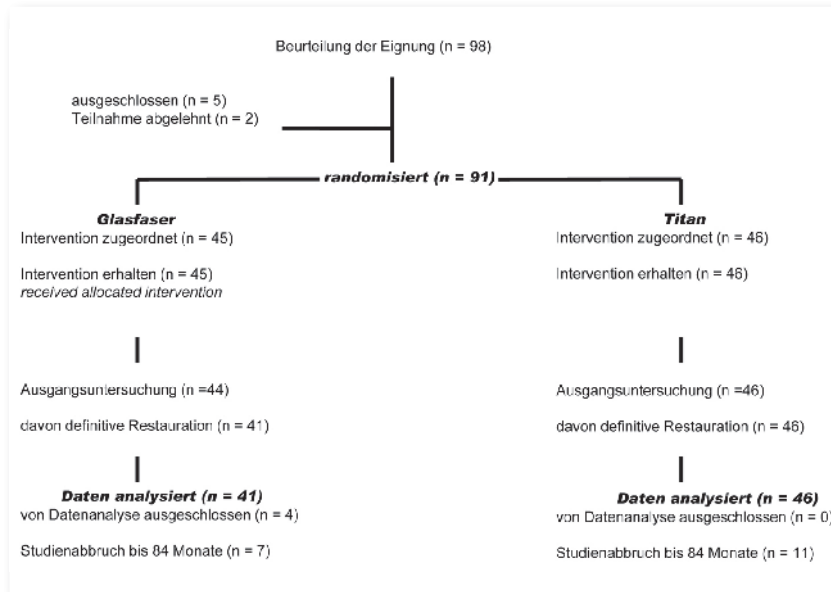


Abbildung 1 CONSORT-Flussdiagramm im Verlauf der Untersuchung.

Figure 1 Flow diagram of the study design according to CONSORT statement.

kit, Schuetz-Dental, Rosbach, Deutschland) trocken aufbereitet. Unter Beachtung der apikalen Versiegelung durch Guttapercha von mind. 4 mm wurde eine intraradikuläre Stiftlänge von 9 mm angestrebt.

Nach der Kavitätenreinigung (20 sek. mit Pulver-Wasserstrahlmisch [Airflow]) wurde das Stiftbett mit 2 ml 99,6 % Ethanollösung gespült und mit Papierspitzen getrocknet.

Zu diesem Zeitpunkt wurde die Gruppenzugehörigkeit (Titan oder Glasfaser) den Studienteilnehmerinnen/n zugewiesen.

Die im Makrodesign identischen, konfektionierten Aufbaustifte (Tab. 2) wurden mit Aceton gereinigt. Nach initialer tribochemischer Konditionierung der Titanstifte (2,8 Bar, 13 sek., Rocatec Soft, 3M ESPE, Seefeld, Deutschland) und Silanisierung (ESPE-SIL, 3M ESPE) wurden die Aufbaustifte mit dem dualhärtenden, selbsthaftenden Befestigungskomposit RelyX Unicem (3M, ESPE) adhäsiv befestigt. Nach finaler lichtinitiiertem Härtung für 60 sek. (Optilux Light Curing Unit, Demetron, Research Corp, Orange, CA) erfolgte der direkte Stumpfaufbau mit einem etch-and-rinse basierten Adhäsiv (NewBond, Kuraray Europe, Düsseldorf, Deutschland) und dem autokatalytisch härtenden Stumpfaufbaukomposit Clearfil Core (Kuraray). Trans-

parente Frasakohülsen, okklusal perforiert und zervikal konturiert, dienten als Stumpfaufbaumatrizen. Mit der abschließenden Stumpfpräparation wurde ein zirkumferentes ferrule design von 2 mm angelegt. Der nach Präparation exponierte Anteil der Glasfaserstifte wurde mit dem Adhäsiv abschließend versiegelt. Die definitive prothetische Versorgung wurde im klinischen Studentenkurs der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre, Charité-Centrum 3, Charité – Universitätsmedizin Berlin realisiert.

Recall und Endpunkte

Der primäre Endpunkt wurde als Verlust der Restauration definiert. Für die weitere Analyse wurden sekundäre Endpunkte festgelegt: Zahnextraktion, Stiftdezentementierung, Stiftfraktur, vertikale oder horizontale Wurzelfraktur, endodontisches Versagen, Sekundärkaries, Aufbaufaktur und technischer Misserfolg der Restauration wie Gerüstfraktur oder Chipping.

Ausgangspunkt für die Nachuntersuchungen war das Datum der Stiftinsertion. Das Patientenrecall erfolgte nach 3, 6 und 12 Monaten und nachfolgend jährlich bis zu 84 Monate nach Stiftsetzung. Die klinische Untersuchung wurde von einer für das Stift-

material verblindeten Studienärztin (AF) durchgeführt.

Fallzahlbestimmung

Es konnte keine a priori Fallzahlbestimmung durchgeführt werden.

Randomisierung und Erzeugung der Behandlungsfolge

Die Randomisierung wurde auf der Basis einer digitalen Zufallsliste für die Patientenidentifikationsnummern durchgeführt. Die Restriktion erfolgte für das Stiftmaterial durch Blockbildung, Blocklänge = 4. Für die Geheimhaltung wurde die Interventionszuordnung in nummerierten geschlossenen Briefumschlägen aufbewahrt und erst unmittelbar vor der Stiftsetzung offengelegt.

Statistische Methoden

Der Gruppenvergleich für den primären Endpunkt wurde mithilfe des Analyseprogramms IBM SPSS Statistics Version 19 (SPSS, Inc., IBM Company, USA) mit dem Log Rank-Test ausgewertet. Die sekundären Endpunkte wurden mit dem Chi²-Test analysiert. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$.

Ergebnisse

Von 98 Patienten widerriefen 2 ihre Studienteilnahme und 5 Patienten/Zähne erfüllten nicht alle Einschlusskriterien (Abb. 1). Die deskriptiven Patienten- und Zahncharakteristika sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Überlebensraten entsprechend der ursprünglichen Gruppenzuordnung (intention-to-treat) zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen ($p = 0,17$). In der Glasfaser-Gruppe ereigneten sich 4 vorzeitige Studienabbrüche: Ein Patient erschien nicht zum ersten Kontrolltermin nach 3 Monaten (Zeitpunkt der definitiven Restauration). Aufgrund einer Änderung der prothetischen Versorgung wurde ein Zahn vorzeitig extrahiert. Zwei weitere Zähne/Patienten erhielten die definitive Restauration nicht innerhalb von 3 Monaten nach Stiftsetzung, wobei beide Zähne mit provisorischer Versorgung nach 9 (Sekundärkaries) und 10 Monaten (horizontale Fraktur) versagten. Entspre-

Patientencharakteristika		
	Glasfaser	Titan
Patienten [n]	45	46
Alter [Jahre, Mittelwert ± SD]	49,2 ± 14,8	52,3 ± 14,2
Frauen (% der Gruppe)	20 (44,4)	25 (54,3)
Männer	25 (55,6)	21 (45,7)
Zahncharakteristika		
Zahntyp (% der Gruppe)		
Inzisivus	15 (33,3)	12 (26,1)
Caninus	7 (15,6)	10 (21,7)
Prämolar	18 (40)	19 (41,3)
Molar	5 (11,1)	5 (10,9)
Residuale Kavitätenwände (% der Gruppe)		
0	24 (53,3)	22 (47,8)
1	8 (17,8)	15 (32,6)
2	13 (28,9)	9 (19,6)
Art der Gegenbeziehung (% der Gruppe)		
natürlich/festsitzend	39 (86,7)	40 (87)
parodontal/mukosal gelagerter ZE	5 (11,1)	4 (8,7)
mukosal gelagerter ZE	1 (2,2)	2 (4,3)
Intervention		
Chirurgische Kronenverlängerung	2	11
Stiftlänge im Wurzelkanal [Mittelwert mm / SD]	9,3 / 1,2	9,3 / 1,4
Definitive Restauration (% der Gruppe)		
Einzelkrone	24 (58,5)	28 (60,9)
Brücke	13 (31,7)	10 (21,7)
Einzelkrone und kombinierter ZE	1 (2,4)	3 (6,5)
Brücke und kombinierter ZE	3 (7,3)	5 (10,9)
Approximalkontakte (% der Gruppe)		
0	4 (9)	3 (6)
1	14 (31)	15 (33)
2	27 (60)	28 (61)

Tabelle 3 Deskriptive Patientendaten und Zahncharakteristika.**Table 3** Descriptive data of patients and tooth characteristics.

chend wurden für die weitere Analyse 87 Patienten eingeschlossen.

Die durchschnittliche Beobachtungszeit betrug 71,2 (SD 21,7) Monate (Tab. 4). Insgesamt konnten 18 Patienten nicht über den gesamten Beobachtungszeitraum von 84 Monaten nachuntersucht werden (20,7 %). Die Anzahl der vorzeitigen Studienabbrüche verteilte sich gleichmäßig auf beide Studienarme (Tab. 4).

Die Grafik 1 zeigt das Auftreten der Misserfolge über die Beobachtungszeit. Die Überlebensraten der Zähne zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Interventionsgruppen ($p = 0,642$). Die Wahrscheinlichkeit nicht zu Versagen war vergleichbar (relatives Risiko Glasfaser/Titan = 0,965; 95 % Konfidenzintervall = 0,851/1,095). Hingegen waren die Versagemuster abhängig vom Stiftmaterial (Tab. 4). Ein mit einem glasfaserverstärkten Aufbaustift versorgter distaler Pfeilerzahn einer Extensionsbrücke konnte nach Stiftrevision erneut aufgebaut und, mit einer Einzelkrone versorgt, erhalten werden.

Diskussion

Die präsentierten Ergebnisse dieser randomisierten kontrollierten Studie zeigen vielversprechende längerfristige Überlebensraten für adhäsiv, postendodontisch restaurierte Pfeilerzähne mit ausgeprägtem Zahnhartsubstanzenverlust. Die Nullhypothese wurde bestätigt, da kein signifikanter Einfluss auf die Überlebensraten von postendodontischen Rekonstruktionen bestand, wenn zum Aufbau von Pfeilerzähnen mit 2 oder weniger residuellen Kavitätenwänden adhäsiv befestigte konfektionierte glasfaserverstärkte oder Titanaufbaustifte verwendet wurden.

Entsprechend der Analyse der ursprünglichen Gruppensequenz (intention-to-treat) versagten 3 Restaurationen/Zähne, welche mit einem Titanaufbaustift versorgt wurden, während in der Gruppe mit glasfaserverstärkten Aufbaustiften in 7 Fällen ein Restaurationsverlust (6 Zahnverluste) sich ereignete. Drei der Ereignisse in der Glasfasergruppe sowie ein Patient, der bereits zur initialen Nachsorge nicht erschien, wurden für die weitere Analyse ausgeschlossen. Diese 3 Misserfolge sind vorrangig einer Zahnextraktion infolge einer The-

rapieplanänderung bzw. der verlängerten provisorischen Versorgung zuzuordnen. Das Umfassen einer 1,5–2 mm hohen Dentinmanschette (ferrule) durch die Kronenrestauration, erhöht signifikant die Belastbarkeit endodontisch behandelter Zähne [1, 3, 4, 24, 33, 50, 51]. Da der ferrule effect erst mit Zementierung der definitiven Kronenrestauration gegeben ist, sollte die Phase der provisorischen Versorgung so kurz wie möglich sein, um Zahnfrakturen zu verhindern [28, 55]. Diese Zähne wurden nicht entsprechend den Einschlusskriterien innerhalb von 3 Monaten nach der Stiftinsertion mit einer definitiven Krone versorgt und konnten demnach für die weitere Analyse (modified intention-to-treat) nicht berücksichtigt werden.

Die Aussagekraft dieser Untersuchung ist durch die fehlende a priori Fallzahlbestimmung limitiert. Zum Zeitpunkt der Studienplanung war eine begründete Kalkulation der Effektstärke auf der Basis der veröffentlichten Literatur nicht möglich, da *in vitro* widersprüchliche Ergebnisse für den Materialeinfluss, Metall vs. faserverstärkte Aufbaustifte, beschrieben wurden [2, 22, 23, 25, 36, 39, 48]. Aufgrund der geringen Ereignisanzahl ist der Stichprobenumfang dieser Studie zu gering, um einen möglichen signifikanten Einfluss des Stiftmaterials zu beurteilen.

Dennoch sind die präsentierten Überlebensraten der mit glasfaserverstärkten Aufbaustiften versorgten Zähne mit denen anderer klinischer, prospektiver Untersuchungen nach bis zu maximal 36 Monaten vergleichbar hoch [29, 30, 44, 57]. Hingegen wurden nach 5 Jahren mit 67,5 % [34] und 71,8 % [43] deutlich geringere Überlebensraten für eher flexible faserverstärkte Aufbaustifte beschrieben. Für konfektionierte Titanstifte wurden mit Ausnahme der präsentierten Daten bisher keine Daten auf Basis randomisierter kontrollierter Untersuchungen veröffentlicht. Besondere Bedeutung erlangen die präsentierten Ergebnisse vor dem Hintergrund der definierten Einschlusskriterien für den Zerstörungsgrad der inkludierten Pfeilerzähne. Systematische Übersichtsarbeiten hoben das bisherige Fehlen randomisierter kontrollierter Studien mit definierten Einschlusskriterien auf Basis der verbliebenen Kavitätenwände vor Rekonstruktion hervor [9, 18, 31]. Prospektiv

ermittelte klinische Daten zeigten, dass die Misserfolgsraten von SSA restaurierten Pfeilerzähnen erhöht ist, wenn 2 oder weniger residuale Dentinwände erhalten sind [13, 14, 19, 49]. Naumann et al. [32] ermittelten nach der Analyse von prospektiv erhobenen Überlebensraten postendodontischer SSA mit faserverstärkten Aufbaustiften nach 10 Jahren signifikant mehr Misserfolge für Pfeilerzähne mit weniger als 2 verbliebenen Kavitätenwänden und ein signifikant höheres Risiko für Frontzähne. In der vorliegenden Untersuchung zeigten 70 % der Zähne initial einen ausgeprägten Zahnhartsubstanzenverlust, ohne oder mit maximal einer residuellen Kavitätenwand. Zudem waren annähernd die Hälfte der inkludierten Pfeilerzähne Frontzähne. Demnach sehen wir die hohen Überlebensraten in unserem stringenten Studienprotokoll begründet, welches sich zu den zitierten Studien maßgeblich in der a priori definierten Pfeilerpräparation unterscheidet. Für jeden Pfeilerzahn wurde ein 2 mm ferrule (2 mm hohe Dentinmanschette) mit der Präparation sichergestellt und ggf., in Abhängigkeit von der Ausgangssituation, eine chirurgische Kronenverlängerung zur Wiederherstellung der Biologischen Breite durchgeführt. Juloski et al. [24] schlussfolgern in ihrer Übersichtsarbeit, dass bei vorhandenem ferrule von 1,5–2 mm der Einfluss des Stiftsystems/-materials vermindert ist. Diese Annahme wird durch die vorliegenden Daten untermauert. Es ist zu erwarten, dass neben weiteren Faktoren, wie Zahntyp, Art der definitiven Versorgung, Gegenbeziehung, Anzahl der Approximalkontakte auch der Einfluss des Stiftmaterials bei reduziertem oder fehlendem ferrule design größer wird. Nach Ansicht der Autoren ist demnach die Rekonstruktion eines zirkumferenten ferrule effects (Fassreifen effekt) als einer der wichtigsten positiven Einflussfaktoren für die Überlebensrate postendodontischer Restaurationen anzusehen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass Pfeilerzähne für geplante Teleskopversorgungen ausgeschlossen wurden, da die Misserfolgsrate von SSA Zähnen als Teleskop Pfeiler deutlich erhöht ist [17, 40, 54]. In weiteren Untersuchungen ist zu klären, in wieweit das vorgestellte Konzept zur postendodontischen Rekonstruktion auch die Misserfolgsraten endodon-

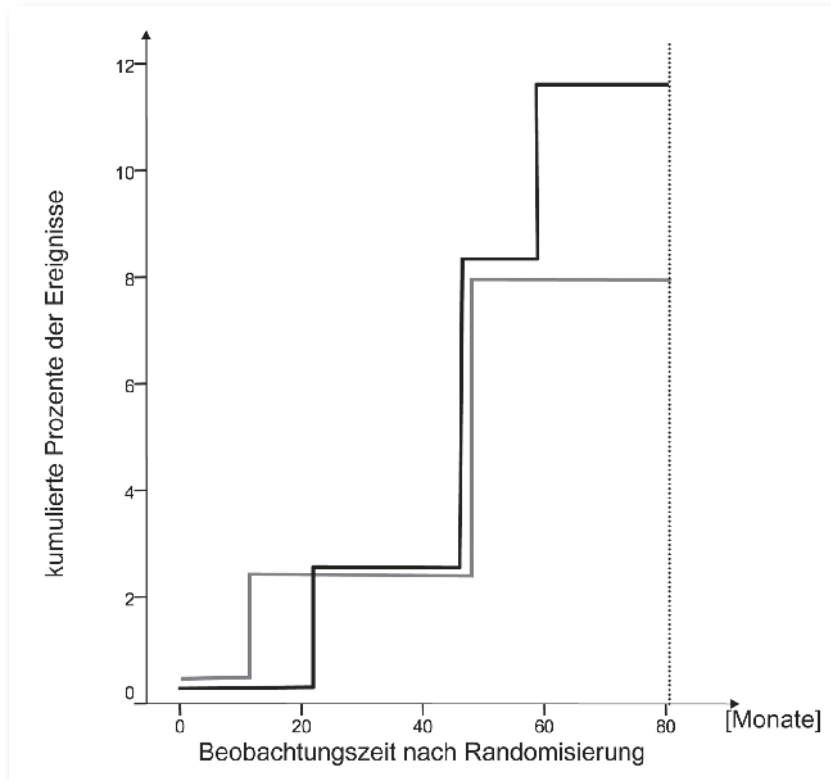
Randomisiert		Glasfaser (n = 45)	Titan (n = 46)	
Keine definitive Restauration 3 Monate nach Stiftinsertion		4		
Patienten für weitere Analyse ausgeschlossen				
Daten analysiert		Glasfaser (n = 41)	Titan (n = 46)	
Monate Beobachtungszeit [Mittelwert (SD) – min. / max.]		73 (20) – 24 / 84	69 (23) – 12 / 84	
Beobachtung unvollständig [n (% der Gruppe)]		7 (17,1)	11 (23,9)	
Primärer Endpunkt [n (% der Gruppe)]		4 (9,8)	3 (6,5)	
Überlebensrate [% der Gruppe]		90,2	93,5	
P-Wert		0,642		
Relatives Risiko (RR Glasfaser/Titan)		1,496; Konfidenzintervall 95 % = 0,356; 6,292		
Versagensmuster				
Verlust der Restauration mit Zahnextraktion: [n Zähne]	Endodontisches Versagen	0	3 2x seitl. oberer Inzisivus, unterer Molar	
	Wurzelfraktur zervikales Drittel	1 oberer Prämolare	0	
	Wurzelfraktur mittleres Drittel	1 seitl. oberer Inzisivus	0	
	Erhöhter Lockerungsgrad (III)	1 oberer Eckzahn	0	
	mit Zahnerhalt	Aufbaufraktur erneut versorgt	1 unterer Prämolare	0
Gründe für unvollständige Beobachtung				
Tod		1	2	
Krankheit		0	1	
weitere Teilnahme/Nachsorge abgelehnt		6	6	
nicht zu kontaktieren		0	2	

Tabelle 4 Analysierte Daten nach 84 Monaten Beobachtungszeit.**Table 4** Data analysed after 84 month of follow-up.

tisch behandelter Zähne bei Versorgung mit höchster Pfeilerbelastung, wie Extensionsbrücken oder Teleskopverankerungen reduziert.

Im Gegensatz zu den Überlebensraten geben die Versagensmuster deutliche Hinweise auf eine Abhängigkeit zum verwendeten Stiftmaterial. In der

Titanstiftgruppe ereigneten sich ausschließlich endodontisch bedingte Misserfolge, die eine Zahnextraktion zur Folge hatten. Finite-Element-Ana-



Grafik 1 Darstellung der kumulierten Misserfolge über die Beobachtungszeit. Die schwarze Linie repräsentiert die Ereignisse der Glasfasergruppe.

Graphic 1 Hazard plots representing cumulative percentage with event for both intervention groups. Black line represents glass-fiber posts.

(Abb. 1, Grafik 1, Tab. 1-4: G. Sterzenbach)

lysen zeigten einen substanziellen Einfluss des Aufbaustiftmaterials auf die Spannungsverteilung im postendodontischen Komplex. So wurden durch Titanstifte höhere Belastungsspitzen in der Grenzfläche zwischen Aufbaustift und Befestigungsmaterial erzeugt [21, 42], die wiederum zu Mikrospalten und nachfolgend zur endodontischen Reinfektion führen könnten. Diese Annahmen werden durch die vorliegenden Ergebnisse unterstützt. Das Stiftmaterial hat hingegen keinen Einfluss auf die Belastungsverteilung, solange der adhäsive koronale Verbund des Kompositaufbaus intakt ist [45]. Erst nach Verlust des Aufbauhaftverbundes wird das Stiftmaterial einen klinisch relevanten Einfluss auf die Spannungsverteilung im Wurzelkandentin (E-Modul Dentin 18–20 GPa [26]) und damit auf die Versagensmodi bekommen. Während die eher rigiden Titanstifte (E-Modul präfabrizierter Titanstift 110 GPa [53]) höhere Belastungen aufnehmen können, zeigen die glasfaserverstärk-

ten, eher flexiblen (E-Modul glasfaserverstärkter Kompositstift 41–57 GPa [53]) Aufbaustifte ein frühzeitiges Frakturverhalten. Eine systematische Übersichtsarbeit zum Versagensmuster adhäsiv befestigter Aufbaustifte stellte die Stiftdezementierung und das endodontische Versagen als häufigsten klinischen Versagensgrund heraus [38]. In jüngeren Untersuchungen wurden im Vergleich verschiedener Adhäsivstrategien und Befestigungskomposite signifikant höhere Haftwerte für das verwendete selbsthaftende Befestigungskomposit beschrieben [8, 10, 37, 52]. Gegenüber etch-and-rinse und self-etch basierten Adhäsivsystemen wurden auch nach thermo-mechanischer Wechsellast zur Simulation klinischer Belastungen signifikant höhere Haftwerte im Wurzelkandentin ermittelt [11]. Die hier präsentierten klinischen Daten belegen erstmals die Dauerhaftigkeit des adhäsiven Verbundes mit selbsthaftenden Befestigungskompositen im Wurzelkanal, da im Ge-

gensatz zu anderen klinischen Untersuchungen [32] sich kein Retentionsverlust des Aufbaustiftes ereignete.

In Anbetracht der geringen Misserfolgsrate ermutigen die präsentierten Ergebnisse zum Erhalt endodontisch behandelter, stark zerstörter Pfeilerzähne, da mit dem vorgestellten Behandlungsprotokoll, insbesondere unter Beachtung eines ferrule von 2 mm, längerfristig hohe Überlebensraten zu erzielen sind.

Schlussfolgerung

Nach adhäsiver Befestigung von konfektionierten Aufbaustiften mit einem selbsthaftenden Befestigungskomposit und Sicherstellung eines 2 mm ferrules sind die längerfristigen Überlebensraten von postendodontisch rekonstruierten, stark zerstörten Pfeilerzähnen mit maximal 2 verbliebenen Kavitätenwänden hoch. Das Material des endodontischen Aufbaustiftes – glasfaserverstärkt vs. Titan – beeinflusst nicht die Überlebensraten, jedoch sind deutliche Hinweise gegeben, dass ein Einfluss auf die Versagensmuster besteht. DZZ

Interessenkonflikt: Diese Studie wurde finanziell und mit Materialien von 3M Espe and Schuetz Dental Group unterstützt. Die Autoren erklären, dass keine Interessenkonflikte im Sinne der ICMJE bestehen.

Die 7-Jahresergebnisse dieser Untersuchung wurden zuvor publiziert in: Sterzenbach G, Franke A, Naumann M. Rigid versus Flexible Dentine-like Endodontic Posts-Clinical Testing of a Biomechanical Concept: Seven-year Results of a Randomized Controlled Clinical Pilot Trial on Endodontically Treated Abutment Teeth with Severe Hard Tissue Loss. *J Endod* 2012;38: 1557–63

Korrespondenzadresse

Dr. med. dent. Guido Sterzenbach
Charité – Universitätsmedizin Berlin,
CC3,
Abteilung für Zahnärztliche Prothetik,
Alterszahnmedizin und Funktionslehre
Aßmannshäuserstr. 4–6
14197 Berlin
guido.sterzenbach@charite.de

Literatur

1. Akkayan B: An in vitro study evaluating the effect of ferrule length on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced and zirconia dowel systems. *J Prosthet Dent* 2004;92:155–162.
2. Akkayan B, Gulmez T: Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 2002;87:431–437
3. Al-Omiri MK, Al-Wahadni AM: An ex vivo study of the effects of retained coronal dentine on the strength of teeth restored with composite core and different post and core systems. *Int Endod J* 2006;39:890–899
4. Al-Omiri MK, Mahmoud AA, Rayyan MR et al.: Fracture resistance of teeth restored with post-retained restorations: an overview. *J Endod* 2010;36:1439–1449
5. Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A: Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. *J Prosthet Dent* 2005;94:321–329
6. Bachicha WS, Di Fiore PM, Miller DA et al.: Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J Endod* 1998;24:703–708
7. Bitter K, Kielbassa AM: Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. *Am J Dent* 2007;20:353–360
8. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K et al.: Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. *Int Endod J* 2006;39:809–818
9. Bitter K, Noetzel J, Stamm O et al.: Randomized clinical trial comparing the effects of post placement on failure rate of postendodontic restorations: preliminary results of a mean period of 32 months. *J Endod* 2009;35:1477–1482
10. Bitter K, Paris S, Pfuertner C et al.: Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. *Eur J Oral Sci* 2009;117:326–333
11. Bitter K, Perdigao J, Exner M et al.: Reliability of fiber post bonding to root canal dentin after simulated clinical function in vitro. *Oper Dent* 2012;37:397–405
12. Bolla M, Muller-Bolla M, Borg C et al.: Root canal posts for the restoration of root filled teeth. *Cochrane Database Syst Rev* 2007;CD004623
13. Cagidiaco MC, Garcia-Godoy F, Vichi A et al.: Placement of fiber prefabricated or custom made posts affects the 3-year survival of endodontically treated premolars. *Am J Dent* 2008;21:179–184
14. Creugers NH, Mentink AG, Fokkinga WA et al.: 5-year follow-up of a prospective clinical study on various types of core restorations. *Int J Prosthodont* 2005;18:34–39
15. Demarchi MG, Sato EF: Leakage of interim post and cores used during laboratory fabrication of custom posts. *J Endod* 2002;28:328–329
16. Dietschi D, Duc O, Krejci I et al.: Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int* 2008;39:117–129
17. Dittmann B, Rammelsberg P: Survival of abutment teeth used for telescopic abutment retainers in removable partial dentures. *Int J Prosthodont* 2008;21:319–321
18. Ferrari M, Cagidiaco MC, Grandini S et al.: Post placement affects survival of endodontically treated premolars. *J Dent Res* 2007;86:729–734
19. Ferrari M, Vichi A, Fadda GM et al.: A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. *J Dent Res* 2012;91:72S–78S
20. Fox K, Gutteridge DL: An in vitro study of coronal microleakage in root-canal-treated teeth restored by the post and core technique. *Int Endod J* 1997;30:361–368
21. Garbin CA, Spazzin AO, Meira-Junior AD et al.: Biomechanical behaviour of a fractured maxillary incisor restored with direct composite resin only or with different post systems. *Int Endod J* 2010;43:1098–1107
22. Isidor F, Brondum K: Intermittent loading of teeth with tapered, individually cast or prefabricated, parallel-sided posts. *Int J Prosthodont* 1992;5:257–261
23. Isidor F, Odman P, Brondum K: Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont* 1996;9:131–136
24. Juloski J, Radovic I, Goracci C et al.: Ferrule effect: a literature review. *J Endod* 2012;38:11–19
25. King PA, Setchell DJ: An in vitro evaluation of a prototype CFRP prefabricated post developed for the restoration of pulpless teeth. *J Oral Rehabil* 1990;17:599–609
26. Kinney JH, Marshall SJ, Marshall GW: The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. *Crit Rev Oral Biol Med* 2003;14:13–29
27. Kishen A, Kumar GV, Chen NN: Stress-strain response in human dentine: rethinking fracture predilection in post-core restored teeth. *Dent Traumatol* 2004;20:90–100
28. Lynch CD, Burke FM, Ni Riordain R et al.: The influence of coronal restoration type on the survival of endodontically treated teeth. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2004;12:171–176
29. Monticelli F, Grandini S, Goracci C et al.: Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2003;16:593–596
30. Naumann M, Blankenstein F, Dietrich T: Survival of glass fibre reinforced composite post restorations after 2 years—an observational clinical study. *J Dent* 2005;33:305–312
31. Naumann M, Blankenstein F, Kiessling S: Risk factors for failure of glass fiber-reinforced composite post restorations: a prospective observational clinical study. *Eur J Oral Sci* 2005;113:519–524
32. Naumann M, Koelpin M, Beuer F et al.: 10-year survival evaluation for glass-fiber-supported postendodontic restoration: a prospective observational clinical study. *J Endod* 2012;38:432–435
33. Naumann M, Preuss A, Frankenberger R: Reinforcement effect of adhesively luted fiber reinforced composite versus titanium posts. *Dent Mater* 2007;23:138–144
34. Naumann M, Reich S, Nothdurft FP et al.: Survival of glass fiber post restorations over 5 years. *Am J Dent* 2008;21:267–272
35. Naumann M, Sterzenbach G, Rosentritt M et al.: Is adhesive cementation of endodontic posts necessary? *J Endod* 2008;34:1006–1010
36. Newman MP, Yaman P, Dennison J et al.: Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *J Prosthet Dent* 2003;89:360–367
37. Radovic I, Mazzitelli C, Chieffi N et al.: Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. *Eur J Oral Sci* 2008;116:557–563
38. Rasimick BJ, Wan J, Musikant BL et al.: A review of failure modes in teeth restored with adhesively luted endodontic dowels. *J Prosthodont* 2010;19:639–646
39. Raygot CG, Chai J, Jameson DL: Fracture resistance and primary failure mode of endodontically treated teeth restored with a carbon fiber-reinforced resin post system in vitro. *Int J Prosthodont* 2001;14:141–145
40. Rehmann P, Weber A, Wöstmann B et al.: Klinische Bewährung von Zähnen, die zur Verankerung einer Teilprothese mit Teleskopkronen versorgt wurden. *Dtsch Zahnärztl Z* 2006;61:662–666
41. Reid LC, Kazemi RB, Meiers JC: Effect of fatigue testing on core integrity and post microleakage of teeth restored with different post systems. *J Endod* 2003;29:125–131
42. Santos AF, Meira JB, Tanaka CB et al.: Can fiber posts increase root stresses and reduce fracture? *J Dent Res* 2010;89:587–591

43. Schmitter M, Hamadi K, Rammelsberg P: Survival of two post systems—five-year results of a randomized clinical trial. *Quintessence Int* 2011;42:843–850
44. Schmitter M, Rammelsberg P, Gabbert O et al.: Influence of clinical baseline findings on the survival of 2 post systems: a randomized clinical trial. *Int J Prosthodont* 2007;20:173–178
45. Schmitter M, Rammelsberg P, Lenz J et al.: Teeth restored using fiber-reinforced posts: in vitro fracture tests and finite element analysis. *Acta Biomater* 2010;6:3747–3754
46. Schulz KF, Altman DG, Moher D: CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Bmj* 2010;340:c332
47. Schwartz RS, Robbins JW, Solomon CS et al.: Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod* 2004;30:289–301
48. Sidoli GE, King PA, Setchell DJ: An in vitro evaluation of a carbon fiber-based post and core system. *J Prosthet Dent* 1997;78:5–9
49. Signore A, Kaitsas V, Ravera G et al.: Clinical evaluation of an oval-shaped prefabricated glass fiber post in endodontically treated premolars presenting an oval root canal cross-section: a retrospective cohort study. *Int J Prosthodont* 2011;24:255–263
50. Sorensen JA, Engelman MJ: Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990;63:529–536
51. Stankiewicz NR, Wilson PR: The ferrule effect: a literature review. *Int Endod J* 2002;35:575–581
52. Sterzenbach G, Karajouli G, Naumann M et al.: Fiber post placement with core build-up materials or resin cements—An evaluation of different adhesive approaches. *Acta Odontol Scand* 2011;70:368–376
53. Stewardson DA, Shortall AC, Marquis PM et al.: The flexural properties of endodontic post materials. *Dent Mater* 2010;26:730–736
54. Szentpetery V, Lautenschlager C, Setz JM: Frictional telescopic crowns in severely reduced dentitions: a 5-year clinical outcome study. *Int J Prosthodont* 2012;25:217–220
55. Tang W, Wu Y, Smales RJ: Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod* 2010;36:609–617
56. Tay FR, Pashley DH: Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod* 2007;33:391–398
57. Theodosopoulou JN, Chochlidakis KM: A systematic review of dowel (post) and core materials and systems. *J Prosthodont* 2009;18:464–472