

5. Diskussion

5.1 Untersuchungsmaterial

5.1.1 Rinderzähne

Gesunde menschliche Zähne mit intaktem Schmelz werden im Rahmen kieferorthopädischer Behandlungsmaßnahmen mitunter entfernt. Sie stehen dennoch nicht in ausreichender Menge für wissenschaftliche Zwecke zu Verfügung. In der Literatur werden daher bewußt Rinderzähne als Substituent zu Untersuchungen der Haftfestigkeit von unterschiedlichen Adhäsiven und Brackets eingesetzt (NAKAMICHI et al. 1983; ØDEGAARD und SEGNER 1988; GAFFEY et al. 1995, SINHA et al. 1995; TRIMPENEERS et al. 1996; NKENKE et al. 1997; McCOLL et al. 1998; FERNANDEZ und CANUT 1999; URABE 1999; GUAN et al. 2000; WEBSTER et al. 2001;). SMITH et al. (1976) erzielten an Rinderschmelz und an menschlichem Zahnschmelz keine signifikanten Unterschiede mittlerer Haftfestigkeitswerte von 15,93 kg bzw. 16,18 kg mit Adhäsiv befestigten Kunststoffbrackets. Auch NAKAMICHI et al. (1983) konnten bei vergleichenden Haftfestigkeitsuntersuchungen zur Befestigung von Kunststoffadhäsiven an geätztem Rinder- sowie menschlichem Zahnschmelz ebenso keinen signifikanten Unterschied feststellen. Elektronenmikroskopische Untersuchungen von geätztem Rinder- und menschlichem Zahnschmelz zeigten keinen bedeutenden Unterschied, Rinderzahnschmelz erschien etwas rauer (NAKAMICHI et al. 1983). Rinderzähne sind somit für Abscherversuche eine geeignete Alternative zu menschlichen Zähnen und in größeren Mengen zu erhalten.

Die Lagerung der Rinderzähne erfolgte in 0,2%iger Thymollösung für 14 Tage. Die Konzentration der Thymollösung richtete sich nach den in der Literatur angegebenen

Werten von 0,1 % (BISHARA et al. 1994) bis 1 % (MUNDSTOCK et al. 1999). Ein Einfluss auf die Haftkraft von Adhäsiven nach einer Aufbewahrung menschlicher Zähne für zwei bis sechs Monate in Thymollösung ist von RETIEF et al. (1989) ausgeschlossen worden.

Andere Autoren berichten von Rinderzahnlagerungen in 10 % Formalin (MOSER et al. 1979), destilliertem Wasser (McCOLL et al. 1998; GUAN et al. 2001) oder sogar 0,9 % physiologischer Kochsalzlösung (AKIN-NERGIZ et al. 1996) bei Zimmertemperatur.

5.1.2 Adhäsiv

In dieser Studie wurde ausschließlich das vom Hersteller empfohlene Quick-Bond®-Adhäsiv verwendet. Bei dem Einkomponenten-Adhäsiv handelte es sich um eine druck-polymerisierende Einkomponenten-Paste, auf der Basis von Bis-GMA. Das Adhäsiv wurde in Verbindung mit einem vom Hersteller mitgelieferten Haftvermittler (Primer) auf der Basis von Polymethylmethacrylat (DE PULIDO und POWERS 1983) angewendet. Der Schmelz wurde nach Herstelleranweisung mit 37%iger Orthophosphorsäure für 60 Sekunden angeätzt. Die Applikation des Primers erfolgte auf der konditionierten Schmelzoberfläche sowie der POM-Bracketbasis und wurde dünn aufgetragen. Der Klebevorgang wurde standardisiert von einer Person durchgeführt, um gleichmäßige Ergebnisse zu erzielen. Um eine optimale Anpassung der Bracketbasis zu gewährleisten und unterschiedliche Schichtdicken sowie unvollständiges Aushärten von Adhäsiv zu vermeiden (SERGL 1990), wurden nur Rinderzähne ohne auffällige Rauigkeiten und Rundungen ausgewählt mit optimaler Adaptionfähigkeit der Bracketbasis an die Zahnoberfläche.

5.1.3 Kunststoffbrackets (POM)

Die Polyoxymethylenbrackets werden nach dem Spritzgussverfahren hergestellt. Zusätzlich zu den mechanischen Retentionsrillen ist die Bracketbasis durch Sandstrahlen, mit einem Druck von 2 bar und einer Aluminiumoxidkörnung von 40–70µm, aufgeraut. Unterstützend zur makro- und mikromechanischer Retention wird ein Primer auf die Bracketbasis aufgetragen und somit ein chemischer Verbund zum Adhäsiv angestrebt (CROW et al. 1995; DE PULIDO und POWERS 1983). In der vorliegenden Arbeit wurden die mittleren Oberkieferfrontzahnbrackets auf die oberen mittleren Rinderschneidezähne adhäsiv befestigt. Die mesio-distalen konturierten Bracketbasen ermöglichten eine genaue Anpassung an die Zahnoberflächen.

5.1.4 Desinfektionsmittel

Die verwendeten Desinfektionsmittel wurden den vom Hersteller gelieferten Behältern entnommen und auf ihr Verfallsdatum überprüft. Ethanol (70%ig), Natriumhypochlorid (3%ig) sowie Wasserstoffperoxid (3%ig) wurden unmittelbar vor der Anwendung mit destilliertem Wasser verdünnt, in verdunkelten geschlossenen Glasbehältern bei Zimmertemperatur aufbewahrt, um eine Wirksamkeitsreduktion durch Verdunstung, Austrocknung oder sonstige Kontamination zu verhindern (DGHM 1999). Meliseptol[®] und Chlorhexamed-Fluid[®] wurden gebrauchsfertig aus der geschlossenen Verpackungen angewendet. Die Konzentrationen und Einwirkzeiten von Meliseptol[®] (gebrauchsfertig, 5 min) und Ethanol (70 %, 1 min) entsprachen den empfohlenen Richtlinien der DGHM (1999), die Anwendungsparameter von Chlorhexamed-Fluid[®] (gebrauchsfertig, 5 min), Natriumhypochlorid (3 %, 1 min) und Wasserstoffperoxid 3 %, 1 min) basierten auf den in der Literatur aufgeführten Richtlinien

zur dentalen und oralen Hygiene und sind in Kapitel 2.7, Chemische Mittel zur Desinfektion, beschrieben.

5.2 Diskussion der Versuchsdurchführung

Die in dieser Versuchsreihe hergestellte Anzahl von 25 Proben pro Gruppe ist kompatibel mit anderen Haftfestigkeitsuntersuchungen mit 20 bis 30 Proben (AKIN et al. 1991; GERBO et al. 1992; MILLET et al. 1993; BISHARA et al. 1994; GREER et al. 1996). Auch kleinere Versuchsreihen von nur 10 bis 12 Proben pro Gruppe sind in der Literatur vertreten (AKIN-NERGIZ et al. 1996; McCOLL et al. 1998; URABE et al. 1999; JIA-KUANG et al. 2002). Demgegenüber ermöglicht eine größere Anzahl von Proben wie bei unseren Untersuchungen eine statistische Auswertung und einen präziseren Vergleich der ermittelten Werte. Die mechanisch durchgeführte Reinigung des Zahnschmelzes mit Bimsstein vor dem Ätzen und anschließendem Abspülen mit Wasser hat nach GARCIA-GODOY et al. (1991) und LINDAUER et al. (1997) keine Auswirkung auf den Schmelz-Adhäsiv-Haftverbund von Bis-GMA-Adhäsiven.

Einige Einkomponenten-Adhäsive polymerisieren sofort nach Kontakt mit dem Katalyst und verringern ein optimales Positionieren der Brackets auf dem Zahnschmelz (NKENKE et al. 1997). Das Einkomponenten-Adhäsiv Quick-Bond[®] der Firma Forestadent[®] hat nach Herstellerangaben eine Verarbeitungszeit von 20 Sekunden. Dieser Zeitraum war ausreichend, um die Bracketbasis optimal an die Zahnschmelzoberfläche anzupassen und einen großflächigen Kontakt der Bracketbasis zum Zahnschmelz herzustellen. Die Schichtdicke des Adhäsivs konnte somit so gering wie möglich gehalten werden.

ØDEGAARD und SEGNER (1988) und JOST-BRINKMANN et al. (1992) befanden dies als vorteilhaft, da aus der geringeren Polymerisationsschrumpfung und vollständigeren Aushärtung des Adhäsives eine höhere Belastbarkeit des Bracket-Schmelz-Verbundes resultiert.

Die Desinfektion der Brackets erfolgte nach dem Prinzip der Tauchdesinfektion. Die POM-Brackets verblieben während der gesamten Einwirkzeit in der Lösung, sodass der nötige Kontakt zwischen Desinfektionsmittel und Kunststoffbracket gewährleistet ist. Im Gegensatz zur Sprühdesinfektion wurde die Benetzung nicht sofort wieder unterbrochen und ein Eintrocknen der Lösung verhindert (BORNEFF und PICHL 1989). Weitere Vorteile ergaben sich durch die optimale Benetzung und die einfache Handhabung (SETZ und HEEG 1991).

Die Einhaltung der Einwirkzeit wurde mit einer Stoppuhr überprüft und die Brackets mit ölfreier Druckluft für fünf Sekunden (DIEDRICH 2000) getrocknet.

Um die Kraft (N) zu registrieren, die zu einer Ablösung des Brackets vom Zahn führte, wurde eine Instron-Universal-Maschine verwendet. Die getesteten Abscherversuche wurden durch einen Stempel mit Druckbelastung von incisal nach basal (BISHARA et al. 1996; WILLEMS et al. 1997; McCOLL et al. 1998; URABE et al. 1999) durchgeführt.

5.3 Problematik von In-vitro-Studien

Die progressive Kraftsteigerung und die Art der Kraftanwendung bei Abscherversuchen ist nicht repräsentativ für die Kräfte, die unter klinischen Bedingungen existieren. Unter klinischen Bedingungen wirken die Zug-, Abscher- und Drehkräfte in unterschiedlichen Kombinationen auf die Brackets ein (BLALOCK und POWERS 1995).

So werden z. B. die Bedingungen in der oralen Umgebung durch Temperatur, Feuchtigkeit, pH-Wert und die Anwesenheit von Plaque beeinflusst und können deshalb in vivo nicht immer zu idealen Schmelz-Ätz-Konditionen oder optimal auftretenden orthodontischen Kräften führen. Es ist nicht möglich, alle diese Faktoren in standardisierten Untersuchungen mit einzubeziehen, dennoch können initiale Bewertungen in Bezug auf das Verhalten von Adhäsiv und Bracket als Anhaltspunkte für weiterführende klinische Studien (FERNANDEZ und CANUT 1999) genutzt werden.

5.4 Diskussion der Ergebnisse

5.4.1 Mikrobiologische Untersuchungen

5.4.1.1 Sterilitätsprüfung

Die handelsüblichen Verpackungen, aus denen die sterile Entnahme der Proben erfolgte, waren vor unserer Untersuchung ungeöffnet und unbeschädigt. Bei der Entnahme wurde jeglicher Kontakt, mit Ausnahme zu dem sterilisierten Entnahmeinstrument und der Nährbodenplatte, sorgfältig vermieden.

Unsere Versuchsreihen zeigten nach festgesetzter Inkubationszeit keinerlei Bakterienwachstum bei den Kunststoffbrackets (POM), dem Quick-Bond®-Adhäsiv und dem Primer.

Demnach sind die Brackets vom Hersteller steril verpackt, eine mögliche Kontamination kann demzufolge erst nach Eröffnung der Packung erfolgen.

5.4.1.2 Mikrobielle Adhäsion an Kunststoffbrackets

An allen mit Testkeimen kontaminierten Polyoxymethylen-Bracketbasen konnten wir eine mehr oder minder ausgeprägte Keimadhärenz feststellen. Untersuchungen an-

derer Wissenschaftler (SATO 1988; SULJAK et al. 1995; FOURNIER et al. 1998) bestätigen unsere Ergebnisse, dass eine bakterielle Kolonisierung in Form von Plaque an orthodontischen Materialien vorkommt. SUKONTAPATIPARK et al. (2001) konnten zeigen, dass insbesondere die Oberflächenbeschaffenheit von Brackets für die Keimadhäsion von grundlegender Bedeutung ist. Abgerundete Kanten und Ecken sowie eine polierte Oberfläche ohne Nischenbildung kann die Keimadhäsion minimieren. Raue Oberflächen, Hohlräume und Nischen der Bracketbasis und Bracketflügel begünstigen dagegen eine mikrobielle Adhäsion.

5.4.1.3 Testkeime

Die von uns ausgewählten Bakterienstämme *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Hämophilus aphrophilus*, *Actinomyces viscosus* und *Porphyromonas gingivalis* entstammen Speichelproben und sind isoliert kultiviert worden. Die Testkeime sollten Bestandteil der normalen physiologischen intraoralen Bakterienflora sein, adhärenente Fähigkeiten besitzen und an pathologischen Krankheitsbildern beteiligt sein. Diese Keime stehen am ehesten mit einer mikrobiellen Kontamination orthodontischer Materialien in Zusammenhang weswegen deren Desinfektion von großer Bedeutung ist. Alle verwendeten Testkeime sind bekannte, klassifizierte Mikroorganismen, die an der Entstehung von Plaque, Karies und parodontologischen Mischinfektionen (RATEITSCHAK et al. 1984 [b]) beteiligt sind. *Streptococcus sanguis* und insbesondere *Streptococcus mutans* (fakultativ anaerob) werden unter anderem mit der initialen Plaque-Bildung und Ätiologie der Karies in Verbindung gebracht. Außerdem können diese Keime auch vorgeschädigte Herzklappen oder Herzklappenprothesen

infizieren und sind an der bakteriellen Endokarditis beteiligt (LÜTTICKEN und KAUFHOLD 1994).

Hämophilus aphrophilus (Stäbchen, fakultativ anaerob), Porphyromonas gingivalis (Stäbchen, anaerob) und Actinomyces viscosus (Stäbchen, fakultativ anaerob) finden sich verstärkt in subgingivalen Mischinfektionsprozessen, die dann zu schweren parodontologischen Verlaufsformen führen können (MIKSITS et al. 1992; PULVERER 1994; SCHAAL 1994; WERNER 1994).

Die adhäsiven Fähigkeiten von Streptococcus mutans, Streptococcus sanguis und Actinomyces viscosus an Kunststoffen wurden in Untersuchungen von SATOU et al. (1988) und SULJAK (1995) bestätigt.

5.4.1.4 Keimreduktion der unterschiedlichen Desinfektionsmittel

Eine klinische Erprobung der POM-Brackets orientiert sich an Herstellerbedingungen, da die Kunststoffbrackets der Verpackung entnommen werden. Deshalb erfolgte die mikrobielle Kontamination an sterilen POM-Brackets. Um eine repräsentative Kontrollgruppe zu erhalten, mussten die gleichen Voraussetzungen wie für alle anderen Gruppen gegeben sein.

Die mit Chlorhexamed-Fluid[®], Meliseptol[®], Ethanol und Natriumhypochlorid desinfizierten POM-Brackets erwiesen sich bei unseren Versuchsreihen als vollständig keimfrei. Demzufolge können wir davon ausgehen, dass die Desinfektionswirkung zuverlässig ist und in der Praxis erfolgreich eingesetzt werden kann. Bei den mit 3%igem Wasserstoffperoxid (H₂O₂) desinfizierten Brackets erfolgte eine deutliche, aber keine vollständige Keimreduktion. Eine 3%ige H₂O₂-Lösung sollte wegen ihrer unsicheren Wirkung nicht verwendet werden, vor allem nicht bei geringen Einwir-

kungszeiten. Dieses Desinfektionsmittel erwies sich insbesondere bei *S. mutans* als wirkungslos, was auf eine ausgesprochen adhärente Eigenschaft des Bakterienstammes zurückgeführt werden kann. GUSBERTY et al. (1988) untersuchten den Effekt von 1%iger H₂O₂-Mundspülung bei Patienten über einen Zeitraum von 21 Tagen in Bezug auf Plaque relevante Mikroorganismen. Sie fanden, dass die verdünnte Wasserstoffperoxid-Lösung keine Wirkung auf fakultative Bakterien wie Streptokokken und *Actinomyces* hatte, und nur eine sehr geringe Reduktion von obligaten Anaerobiern gewährleistete. Die bakterizide Wirkung des Wasserstoffperoxids kann jedoch durch eine höhere Konzentration oder eine längere Einwirkdauer verstärkt werden. Konzentrationen von 30 % stehen zwar vielen zahnärztlichen Praxen unverdünnt zur Verfügung; da diese hohen Konzentrationen aber in Verbindung mit oraler Schleimhaut karzinogen wirken können (MARSHALL et al. 1995; WALSH 2000), sollten sie nur bei Gegenständen benutzt werden.

Bei der Verwendung von chemischen Desinfektionsmitteln muss bedacht werden, dass eine Wirksamkeit nur dann gegeben ist, wenn der Gegenstand vollständig von der wässrigen desinfektionsmittelhaltigen Lösung benetzt ist (MARTINY et al. 1991). Ferner muss berücksichtigt werden, dass Desinfektionsmaßnahmen unspezifisch wirken und nicht alle Erreger gleichermaßen erreichen. Das Wirkungsspektrum der einzelnen Desinfektionsmittel ist entscheidend abhängig von der Einwirkzeit sowie der Anwendungskonzentration (WALLHÄUSSER 1988 [b]).

5.4.2 Abscherversuche

5.4.2.1 Haftfestigkeit

Der in der vorliegenden Abscheruntersuchung ermittelte mittlere Haftfestigkeitswert der nicht desinfizierten Kontrollgruppe von Polyoxymethylenbrackets liegt bei 21,85 MPa. Die mittleren Haftfestigkeitswerte der einzelnen desinfizierten Versuchsgruppen liegen zwischen 18,76 MPa bis 22,13 MPa. Richtet man sich nach den empfohlenen Haftfestigkeitswerten von 6 bis 8 MPa (REYNOLDS 1975) bzw. 5 bis 10 MPa (DIEDRICH 2000), um den wirksamen orthodontischen Kräften von 5 bis 13 kg (McCOLL et al. 1998) im Front- und Seitenzahnbereich entgegenzuwirken, zeigen alle Versuchsgruppen – unter Verwendung eines Einkomponenten-Adhäsives – wesentlich höhere Haftfestigkeit. Andere Autoren (HARRIS et al. 1992; BLALOCK und POWERS 1995; AKIN-NERGIZ et al. 1996; WILLEMS et al. 1997; URABE et al. 1999; FERNANDEZ und CANUT 1999; GUAN et al. 2000; JIA-KUANG et al. 2002) ermittelten bei ähnlichen Abscherversuchen entscheidend niedrigere Haftfestigkeitswerte von Kunststoffbrackets. Obwohl diese Polycarbonatbrackets in Verbindung mit einem Bis-GMA-Adhäsiv genügend Haftfestigkeit für die klinisch akzeptablen geforderten 6 bis 8 MPa besitzen, entsteht oft frühzeitiger Haftverlust. Ein direkter Vergleich zu unseren Untersuchungen ist nicht möglich, da keine Polyoxymethylenbrackets und unterschiedliche Adhäsivsysteme verwendet wurden. In der Literatur gibt es noch keine vergleichbaren Ergebnisse zu Untersuchungen von Polyoxymethylenbrackets oder desinfizierten Kunststoffbrackets. Standardabweichungen innerhalb der Gruppen bei dieser Art von Abscheruntersuchungen sind normal, auf Grund geringfügiger Abweichungen durch die Beschaffenheit von Untersuchungsmaterial, Einstellung des Abscherbolzens, veränderte Mischverhältnisse oder ungleiche Adhäsivschichtdicken.

5.4.2.2 Einfluss des Klebers

Für alle Versuchsgruppen wurde das gleiche Adhäsiv-Primer-System verwendet. Primer und Adhäsiv ermöglichen einen chemischen Verbund von Schmelz-Adhäsiv-Bracket (SERGL 1990). Bestehende Studien zur Haftfestigkeit von Einkomponenten-Adhäsiven in Verbindung mit einem Primer bestätigten durchweg erhöhte Haftfestigkeitswerte gegenüber den herkömmlichen Adhäsiv-Kunststoffbracketsystemen (DE PULIDO und POWERS 1983; AKIN-NERGIZ et al. 1996). So konnten z. B. DE PULIDO und POWERS (1983) die höchsten Haftwerte bei 1-Paste-Diacrylatklebersystemen (Einkomponenten-Adhäsive), die mit Schmelz- und Bracket-Primer verwendet wurden, feststellen. Demgegenüber zeigte sich, dass Diacrylatkleber ohne Primer nicht an das Kunststoffbracket polymerisierten und so eine chemische Verbindung zwischen Bracket und Adhäsiv nicht zustande kam. CROW (1995) und FERNANDEZ und CANUT (1999) bestätigten den fehlenden Verbund zwischen Polycarbonat und Diacrylatklebern ohne die Anwendung eines Primers.

5.4.2.3 Einfluss des Bracketmaterials

Die verwendeten Kunststoffbrackets (POM) 11 und 21 haben eine Bracketbasisgröße von ca. 10 mm^2 . Nach Untersuchungen von McCOLL et al. (1998) besitzt eine Bracketbasisfläche von $6,82 \text{ mm}^2$ ausreichend Retention für orthodontische Brackets, während bei Basisflächen unterhalb von $6,82 \text{ mm}^2$ höhere Verlustraten festgestellt werden konnten. Bei Bracketbasisflächen mit bis zu $12,35 \text{ mm}^2$ Klebefläche konnte kein signifikanter Einfluss auf die Haftfestigkeit nachgewiesen werden.

Die Zusammensetzung der Polyoxymethylenmatrix in Bezug auf den Zusatz von Füllstoffen ist nicht bekannt. Es ist jedoch erwiesen, dass ein hoher Füllstoffgehalt in

der Matrix der Brackets mit einer Zunahme der Haftfestigkeit korreliert (GUAN et al. 2000) und dass expositionierte Füllstoffe der sandgestrahlten Basis in Verbindung mit Siliziumgruppen in Adhäsiv oder Primer einen chemischen Verbund bewirken können. In dieser Studie kann von einem chemischen Verbund zwischen Adhäsiv-Primer und Bracketbasis ausgegangen werden, welches durch die hohen Haftfestigkeitswerte bestätigt wird.

5.4.3 Einfluss der verwendeten chemischen Desinfektionsmittel

5.4.3.1 Einfluss von Chlorhexamed-Fluid®

Nach unserer Untersuchungen hat die Desinfektion von Kunststoffbrackets (POM) mit Chlorhexamed-Fluid® (gebrauchsfertig) keinen signifikanten Einfluss auf die Haftkraft in dieser Studie, d. h. im Vergleich zur Kontrollgruppe besteht kein Unterschied. Eine nachteilige Veränderung der mechanischen Eigenschaften von Kunststoffen (Komposit) durch Beigabe von Chlorhexidin wurde von JEDRYSCHOWSKY et al. (1983) festgestellt. Im Gegensatz dazu hatte die Vermischung von Primer mit Chlorhexidin nach DAMON et al. (1997) keine Auswirkung auf den Haftverbund von Bracket und Adhäsiv. Eventuelle rückständige Bestandteile wie Chlorhexidindigluconat oder Glycerin (ADDY et al. 1985; GULTZ et al. 1999) auf der POM-Bracketbasis hätten demnach so gut wie keinen Einfluss auf den Haftverbund, da die Abscherwerte von Chlorhexamed-Fluid® nicht signifikant unterschiedlich zur Kontrollgruppe sind.

5.4.3.2 Einfluss von Meliseptol[®]

Bei einer POM-Bracketdesinfektion mit Meliseptol[®] (gebrauchsfertig) erzielten wir im Vergleich zur KOG etwas geringere, aber statistisch nicht signifikante Haftfestigkeitswerte. Meliseptol[®] enthält zu 50 % Alkohol (1-Propanol) und das Aldehydderivat Glyoxal. Zum einen gilt der Polyoxymethylen-Werkstoff als resistent gegen Alkohole (FALBE und REGITZ 1992), zum anderen liegen die Abscherwerte von den mit Ethanol desinfizierten Brackets nicht signifikant höher als bei der Kontrollgruppe. WALLHÄUSSER (1988 [d]) bezeichnet Glyoxal als einen Polymerisationsinhibitor, der wässrige Lösungen stabilisiert. Dieser Effekt könnte dazu führen, dass der Polymerisationsvorgang von Adhäsiv-Primer zur Bracketbasis negativ beeinflusst wird und somit geringere Abscherwerte zur Folge hätte. Festzuhalten bleibt, dass unsere Untersuchungen gezeigt haben, dass Meliseptol[®] (gebrauchsfertig) offensichtlich keinen signifikanten Einfluss auf die Haftkraft ausübt.

5.4.3.3 Einfluss von Ethanol

Mit 70%igem Ethanol desinfizierte POM-Brackets haben bei unseren Untersuchungen, verglichen mit der Kontrollgruppe, statistisch nicht signifikant höhere Abscherwerte erbracht. Diverse Auswirkungen von Ethanol auf Komposites sind mehrfach beschrieben worden, wie z. B. eine chemische Degradierung von unterschiedlichen auf Bis-GMA basierenden Adhäsiv-Systemen, was in Untersuchungen von WU und MCKINNEY (1982), MCKINNEY und WU (1985), LEE et al. (1994), LEE et al. (1995), HOBSON et al. (2000) wiederholt bestätigt wurde. Bei einer Diffusion von Ethanol kommt es zu einer verringerten Härte von Adhäsiven durch Mikrorisse und zu einer Erweichung von Bis-GMA-Matrix-Copolymeren, ein Effekt, der abhängig von der Zu-

sammensetzung und der chemischen Struktur des Adhäsives ist. Diese Untersuchungen beziehen sich auf das Adhäsiv-System in Verbindung mit alkoholischen Genussmitteln und Mundspüllösungen bei langfristiger Anwendung und sind nicht auf unsere Untersuchungen übertragbar. Im Gegensatz zu diesen Veröffentlichungen zeigt sich in der vorliegenden Untersuchung, dass die Haftfestigkeit eher positiv beeinflusst war. Auf Gegenständen und Flächen, die mit Ethanol behandelt wurden, können nach WALLHÄUSSER (1988 [a]) Rückstandswirkungen ausgeschlossen werden. Eine chemische Wechselwirkung mit POM-Bracketbasis und Primer ist zwar nicht auszuschließen, wäre aber unerheblich, da der Einfluss von Ethanol (70%ig) den Haftverbund nicht signifikant beeinträchtigt.

5.4.3.4 Einfluss von Natriumhypochlorid

Die Desinfektion von POM-Brackets mit Natriumhypochlorid (3%ig) erzielte in unseren Untersuchungsreihen deutlich schlechtere Abscherwerte. Im Vergleich zu der Kontrollgruppe und allen anderen Gruppen war die Haftkraft signifikant verringert. MORRIS et al. (2001) bestätigen hohe Kunststoff-Dentin-Verbundsverluste bei Anwendung von 5%iger NaOCL Lösung. Demnach könnte die Wirkung von NaOCL darin bestehen, dass bestimmte Komponenten des Polyoxymethylens oder des Primers oxidieren und somit die initiale kritische Polymerisation nachhaltig beeinflusst wird. Eine Beeinträchtigung des mikromechanischen Verbundes durch Rückstände undissoziierter Chloridkristalle an der Bracketbasis muss als Ursache der deutlich verringerten Haftfestigkeitswerte in Betracht gezogen werden. Natriumhypochlorid (3%ig) verringert signifikant die Haftfestigkeitswerte im Vergleich zur Kontrollgruppe und allen anderen mit Desinfektionsmitteln behandelten Versuchsgruppen.

5.4.3.5 Einfluss von Wasserstoffperoxid

Die mit 3%igem Wasserstoffperoxid desinfizierten POM-Brackets erreichten nicht signifikant höhere Haftfestigkeitswerte im Vergleich zu unserer Kontrollgruppe. Wasserstoffperoxid ist instabil und wird mit Zusätzen von Schwefelsäure oder Phosphorsäuren stabilisiert (WALLHÄUSSER 1988 [f]). Eine chemische Interaktion der unterschiedlichen Materialien durch die Verwendung des Desinfektionsmittels könnte den Haftverbund positiv beeinflusst haben. Eine Oxidation anorganischer Bestandteile des Komposite-Primers oder Polyoxymethylens durch den Zerfall von H_2O_2 in Wasser und Sauerstoff ist eher auszuschließen, da der Haftverbund positiv im Vergleich zur Kontrollgruppe beeinflusst wird. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass Wasserstoffperoxid (3%ig) keinen signifikanten Einfluss auf die Haftfestigkeit hat. Aufgrund der geringen desinfizierenden Wirkung sollte es nicht verwendet werden.

5.4.4 Diskussion im Zusammenhang

Wir haben bei unseren Versuchsreihen ein einheitliches Einkomponenten-Adhäsiv-Primer-System verwendet. Design, Basisgröße und Oberflächenbehandlung waren bei allen getesteten Brackets vergleichbar. Ein etwaiger Einfluss auf die Verbund-Haftfestigkeit konnte also bestenfalls von den unterschiedlichen Anwendungen verschiedener Desinfektionsmittel ausgehen. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Desinfektionsmittel den Haftverbund von Schmelz-Primer-Adhäsiv beeinflussen könnten, ist zu vernachlässigen, da auf dieser Ebene kein Kontakt zu den Desinfektionsmitteln stattgefunden hat. Die Auswirkung auf die Haftfestigkeit der verwendeten Desinfektionsmittel reduziert sich demnach auf eine Interaktion von Adhäsiv-Primer und dem eigentlichen Bracketmaterial. Polyoxymethylen besitzt ein geringes Flüssigkeitsauf-

nahmevermögen, ist in Bezug auf die verwendeten organischen Lösungsmitteln un- bzw schwer löslich und ist gegenüber Alkoholen und halogenierten Kohlenwasserstoffen beständig (FALBE und REGITZ 1992). Eine Desinfektionsmittelaufnahme in die POM-Matrix vor dem Trocknen der Bracketbasis mit ölfreier Luft wäre denkbar. Auch Desinfektionsmittelrückstände an der Bracketbasis auf Grund der Oberflächenspannung des Kunststoffes (SATOUE et al. 1988; ELIADES et al. 1995) oder der mikromechanischen Retention nach dem Trocknen mit ölfreier Luft sind möglich und würden die unterschiedlichen Haftfestigkeitswerte erklären.

Durch bestimmte chemische Lösungsmittel können Bis-GMA-Komposite angelöst bzw. erweicht werden und so die Oberflächenhärte und Abnutzungseigenschaften dentaler Kompositen verändern, wie das z. B. mit Ethanol der Fall ist (WU und McKINNEY 1982; McKINNEY und WU 1985).

Bis auf Natriumhypochlorid und Wasserstoffperoxid enthalten alle verwendeten Desinfektionsmittel Alkohol. Demnach müssten alle alkoholhaltigen Desinfektionsmittel gleichermaßen den Haftverbund beeinflussen. Da dies jedoch nicht der Fall ist, können nur die verschiedenen Konzentrationen oder Zusatzstoffe auf den Haftverbund eingewirkt und zu den unterschiedlichen Ergebnissen geführt haben.

Da Polyoxymethylen gegenüber Oxidationsmitteln unbeständig ist, könnten Natriumhypochlorid und Wasserstoffperoxid die chemische Struktur von Polyoxymethylen zusätzlich beeinflusst haben. Die signifikant niedrigeren Haftfestigkeitswerte von Natriumhypochlorid im Vergleich zur Kontrollgruppe und allen anderen desinfizierten Gruppen sind zu markant, um hier generelle Problematiken von In-vitro-Versuchen in Betracht ziehen zu können. Die Feststellung von TRIMPENEERS et al. (1996), dass die Haftfestigkeit je nach Lokalisation des Adhäsivs auf dem Rinderzahnschmelz va-

riert, könnte bei den anderen Testgruppen zutreffen. Das würde auch die geringen, nicht signifikanten Unterschiede der Haftfestigkeitswerte in Bezug auf die Kontrollgruppe erklären. Demnach hätten die chemischen Desinfektionsmittel Chlorhexamed-Fluid[®], Meliseptol[®], Ethanol und Wasserstoffperoxid keine Wirkung auf den Haftverbund. Aufgrund der relativ gleichmäßigen Haftfestigkeitswerte und der getesteten Probenanzahl innerhalb der einzelnen Testgruppen ist dieser Umstand allerdings zu vernachlässigen.

5.4.5 Schlussfolgerungen

- 1) Alle Versuchsreihen erreichen die erforderlichen orthodontisch-klinischen Haftfestigkeitswerte von 6 bis 8 MPa.
- 2) Die Desinfektion von Kunststoffbrackets (POM) mit Chlorhexamed-Fluid[®] (gebrauchsfertig), Meliseptol[®] (gebrauchsfertig), Ethanol (70%ig) und Wasserstoffperoxid (3%ig) zeigen keinen statistisch relevanten Einfluss auf die Haftfestigkeit.
- 3) Die Desinfektion von Kunststoffbrackets (POM) mit Natriumhypochlorid führt zu einer signifikanten Abnahme der Scherfestigkeitswerte gegenüber der nicht desinfizierten Kontrollgruppe.
- 4) Die mit Chlorhexamed-Fluid[®], Ethanol und Wasserstoffperoxid desinfizierten Kunststoffbrackets (POM) zeigen geringfügig höhere Scherfestigkeitswerte, jedoch ohne statistische Signifikanz.
- 5) Die mit Meliseptol[®] desinfizierten Kunststoffbrackets (POM) zeigen geringfügig niedrigere Scherfestigkeitswerte, ohne statistische Signifikanz.

- 6) Die mit Chlorhexamed-Fluid[®] desinfizierten Kunststoffbrackets (POM) kommen den Haftfestigkeitswerten der nicht desinfizierten Kunststoffbrackets (POM) am nächsten.
- 7) Für die klinische Anwendung ist Chlorhexamed-Fluid[®] ein geeignetes Präparat zur Desinfektion der Kunststoffbrackets (POM).