

IMPLANTOLOGIE JOURNAL

| Special

Langzeitstabile periimplantäre Rot-Weiß-Ästhetik beim Einzelzahn-
implantat | Ästhetische Erfolgsfaktoren in der Implantatprothetik

| Fachbeitrag

Die geschlossene Sinusbodenelevation – minimalinvasive Technik
in der Evolution | ZrO₂-Keramikimplantate

| Anwenderbericht

Randspaltverhalten von CAD/CAM-Restorationen in vitro |
Die Anwendung von Kollagen in der zahnärztlichen Chirurgie

| Fortbildung

Neuer Kursteil zur Alterszahnheilkunde ergänzt bewährtes
Curriculum Implantologie | Implantologisches Frühlingserwachen |
Erfolgsstory wird fortgesetzt | Die Zukunft ist vernetzt



Rot-Weiß-Ästhetik & Minimalinvasive Implantattherapie



Randspaltverhalten von CAD/CAM-Restaurationen in vitro

Dentalkeramik hat sich durch herausragende ästhetische Eigenschaften vor allem im Bereich der Frontzähne einen Namen gemacht. Schon in den frühen Tagen der Film- und Musikgeschichte wurden vollkeramische „Jacketkronen“ angefertigt, um das Lachen der Schauspieler und Musiker noch eindrucksvoller und prächtiger in Szene zu setzen (Kurland, 1970). In jüngster Vergangenheit haben sich vollkeramische Systeme auch im Seitenzahnbereich etabliert.

Dr. Sven Egger, M.Sc./Basel, Prof. Dr. Walter Lückerrath/Bonn

■ Der Trend, vollkeramische Restaurationen durch praxiserprobte CAD/CAM-Verfahren schnell und rationell zu fertigen, ist zunehmend weitverbreitet. Anhand der vorliegenden Literatur scheint das Procera®-System ein zuverlässiges und reproduzierbares Verfahren zur Herstellung vollkeramischer Gerüste zu sein. Wie verhält es sich aber mit der Passgenauigkeit der Procera-Käppchen im Randbereich?

Versuchsaufbau

Die vorliegende In-vitro-Studie befasst sich mit dem Procera®-System (NobelBiocare, Göteborg, Schweden). Dieses System bietet die Möglichkeit zur Herstellung von industriell gefertigten Vollkeramikgerüsten auf Basis der im zahntechnischen Labor ermittelten digitalen Datensets. Diese Datensets werden mittels Laserabtastung vom präparierten Modellzahnstumpf nach vorhergehender Abformung gewonnen und im Anschluss auf dem Computermonitor digitalisiert und per Modem an die Fertigungsstätte in Schweden übertragen. Sie dienen dort zur Herstellung der Kronen- und Brückengerüste. Die Verblendung und Fertigstellung wiederum finden im jeweiligen zahntechnischen Labor statt. Analog zu präparierten Zahnstümpfen dienen für die Kronenherstellung natürliche (extrahierte) Zähne. Nach Präparation und Abformung wurden für sechs ausgewählte Stümpfe Procera®-Käppchen hergestellt. Zur Ermittlung von Randspalt und Passgenauigkeit wurde eine Innenabformung der gefertigten Käppchen eingebettet, geschnitten und lichtmikrosko-

pisch vermessen. Der Versuchsaufbau ist in den Abbildungen 1 bis 6 dargestellt.

Abformung, Modellherstellung

Die Abdrucknahme erfolgte mittels eines A-Silikons in Doppelmischtechnik einzeitig: Umspritzung der präparierten Zähne mit dünnfließendem Material (Express Ultra-Light Body, 3M ESPE) und Einbringen des schwerfließenden Materials (Express Penta Putty, 3M ESPE) in den konfektionierten Abdrucklöffel. Die Abformung des Modells wurde zur Herstellung eines gesägten Meistermodells im zahntechnischen Labor mit Superhartgips (Fuji Rock Pastell Jellow, GC) ausgegossen (Abb. 3).

Einscannen der Modellstümpfe und Herstellung der Procera®-Käppchen

Nach Überprüfung des Meistermodells wurden die Präparationsgrenzen sorgfältig freigelegt. Die so freigelegten Modellstümpfe wurden mit dem Procera®-Forte-Scanner eingescannt (Abb. 4).

Ergebnisse

In der vorliegenden Studie wurden die Daten von sechs Procera®-Käppchen erfasst, bei denen je eine Vinyl-Poly-siloxan-Innenabformung (Abb. 5) durchgeführt wurde. Die fertiggestellten Innenabdrücke wurden fünfmal in



Abb. 1: Versuchsaufbau mit natürlichen Zähnen. – Abb. 2: Präparationsmodell. – Abb. 3: Gesägtes Meistermodell. – Abb. 4: Procera®-Forte-Scanner (NobelBiocare).

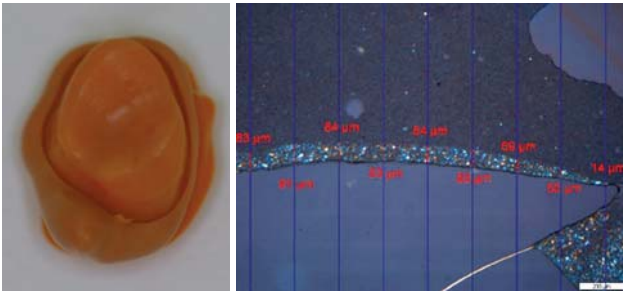


Abb. 5: Vinyl-Polysiloxan-Innenabformung. – **Abb. 6:** Dünnschnittaufnahme im polarisierten Durchlicht. Der rechte Bildausschnitt zeigt den Kronenrandbereich. (Die Silikoninnenabformung wird durch den schmalen mosaikartigen/gepunkteten Messbereich repräsentiert, daran schließt sich das zweite A-Silikon, im Bildbereich dunkelblau dargestellt, an).

bukko-lingualer Richtung im Abstand von 20 µm geschnitten. Die einzelnen Schnitte wurden von rechts nach links im gewünschten Messbereich vermessen und die Werte in µm angegeben. Jeder Schnitt beinhaltet 18 Messpunkte (neun Messungen pro Seite), bei fünf Schnitten ergeben sich 90 Messungen pro Zahn. Abbildung 6 zeigt exemplarisch eine Dünnschnittaufnahme im polarisierten Durchlicht. Im rechten Bildausschnitt ist der Kronenrandbereich dargestellt, die weiteren Messungen zeigen den Abstand zwischen Stumpf und Käppchen (spätere Zementfuge). Bei den Zähnen, für die die Käppchen hergestellt wurden, handelte es sich um je zwei Molaren und einen Prämolaren.

Gesamtübersicht der Schichtdicke in Mikrometer pro Zahn

Bei Betrachtung der Mittelwerte der Schichtdicken in Mikrometer (Tab. 1) zeigen sich die höchsten Werte bei Zahn 15 und 17 mit einem Mittelwert von 109,4 µm beziehungsweise einem Mittelwert von 106,2 µm. Zahn 16 zeigt einen Mittelwert von 94,6 µm und liegt damit auch höher als die drei gemessenen Werte auf der anderen Seite des Oberkiefers. Zahn 25 zeigt die niedrigsten Werte mit einem Mittelwert von 60,9 µm, gefolgt von Zahn 27 (MW = 64,05 µm) und Zahn 26 (MW = 70,05 µm). Im Gesamtüberblick ergibt sich ein Mittelwert von 84,20 µm bei einem Minimum von 9 µm und einem Maximum von 220 µm.

Diskussion, Ergebnisse und Schlussfolgerung

Für die vorliegende In-vitro-Studie wurde ein mit sechs natürlichen Zähnen versehenes Oberkiefer-Gipsmodell verwendet. An diesen sechs Zähnen wurde eine Hohlkehlpräparation durchgeführt. Da die Präparation am Modell erfolgte und nicht am Patienten durchgeführt wurde, ist der Versuchsaufbau unter idealisierten Bedingungen zu betrachten. Zudem war durch die trockenen In-vitro-Bedingun-

gen eine hohe Detailtreue des Abdruckmaterials bei der Abformung gewährleistet (Petrie et al., 2003). Das Scannen der Modellstümpfe erfolgte im Zahntechniklabor nach Maßgabe des Herstellers mit dem Procera®-Forte-Scanner, die Herstellung der Kronenkäppchen in der Fertigungstätte in Schweden. Dennoch bestehen mögliche Fehlerquellen in Abformung wie auch Modell- und Käppchenherstellung beziehungsweise beim digitalen Markieren der Präparationsgrenze nach dem Stumpfscan, wodurch Ungenauigkeiten entstehen können. Zur Ermittlung der Passgenauigkeit und Randqualität wurden die hergestellten Käppchen mit einem niedrigviskosen A-Silikon (Polyvinylsiloxan) beschickt und mit gleichmäßigem Druck unter manueller Führung auf den jeweiligen Modellzahnstumpf aufgesetzt. Die Gipsstümpfe wurden zuvor für fünf Minuten in Wasser gelagert und anschließend mit Isolierlack Yeti Lube Superfine (Yeti Dental) dünn bestrichen, um ein Verkleben des Silikonfilms mit der Gipsoberfläche zu verhindern. Mögliche Fehlerquellen bei der Herstellung dieser Softproben sind ungleichmäßiger Druck beim Aufsetzen der Käppchen, unkorrekte Positionierung und ein minimales nicht sichtbares Ablösen des dünnen Silikonfilms beim Abheben vom Zahnstumpf. Zudem wären durch die wiederholte Lagerung in Wasser und anschließende Isolierung der Gipsmodelle Volumenänderungen sowie Schäden der Oberflächenstruktur an den Gipsstümpfen denkbar (Abdullah, 2006). In die sogenannten Polyvinylsiloxanproben wurde zur Auswertung ein weiteres niedrigviskoses Polyvinylsiloxan eingefüllt, um den entstandenen Film unbeschadet aus dem Käppchen entfernen zu können. Andernfalls besteht bei Filmstärken von weniger als 100 µm das Problem der nicht kontrollierbaren Verformung und Faltung der Probe. Obwohl die Abbindezeiten des Vinylpolysiloxans nach Herstellerangaben eingehalten wurden, ist es denkbar, dass gewisse Veränderungen beider Materialien bis zur endgültigen Verarbeitung der Proben stattgefunden haben. Von jeder Probe wurden mithilfe eines Kryomikrotoms fünf Schnitte hergestellt und an jeweils 18 Messpunkten pro Schnitt die Passung bestimmt (Tab. 1), sodass die Randgenauigkeit ermittelt werden konnte. Die Anzahl der Messpunkte variiert innerhalb der zu diesem Thema durchgeführten Studien stark und ist mit Sicherheit ein Kriterium für die Aussagefähigkeit der Untersuchungen. Groten et al. (2000) fanden heraus, dass idealer-

| Gesamt | N | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standardabweichung |
|---------------|------------|----------|------------|---------------|--------------------|
| Zahn 15 | 7,5 | 40 | 220 | 106,19 | 29,517 |
| Zahn 16 | 8,0 | 28 | 213 | 94,642 | 29,835 |
| Zahn 17 | 8,8 | 41 | 175 | 109,413 | 21,475 |
| Zahn 25 | 7,2 | 9 | 158 | 60,881 | 23,277 |
| Zahn 26 | 8,3 | 12 | 123 | 70,046 | 21,287 |
| Zahn 27 | 8,4 | 12 | 117 | 64,056 | 19,193 |
| Gesamt | 8,0 | 9 | 220 | 84,204 | 24,097 |

N = Mittelwert der Messwerte der Schichtdicke

Tab. 1: Gesamtübersicht der deskriptiven Statistiken der Schichtdicke über alle Zähne.

weise 50, wenigstens jedoch 20–25 Messpunkte pro Krone untersucht werden sollten. Die bei der vorliegenden Untersuchung gewählte Anzahl von 90 Messpunkten pro Krone bewegt sich demnach innerhalb der geforderten Größenordnung, mit der Einschränkung, dass die Anzahl der untersuchten Kappchen insgesamt (sechs Proben) vergleichsweise gering ist. Die Vermessung der Probenschnitte erfolgte mithilfe der Durchlichtmikroskopie bei 40-facher Vergrößerung. In anderen Studien werden teilweise Vergrößerungen bis zu 120-fach gewählt, die nach Utz et al. (1989) jedoch zur Bestimmung des Randspaltes ungeeignet sind, da die zu vermessende Strecke bei derartigen Vergrößerungen nicht eindeutig festgelegt werden kann. Ein anderes Verfahren zur Probenauswertung ist die quantitative Randanalyse anhand des Rasterelektronenmikroskops (Kern et al., 1993), welches jedoch aufgrund der notwendigen Betrachtung der Proben im Vakuum aufwendiger ist. Die Randspaltbreite von Procera®-AllCeram-Kronen wurde in verschiedenen In-vitro-Studien untersucht. Sulaiman et al. (1997) und Weaver et al. (1991) ermittelten einen Wert von 83 µm. May et al. (1998) hingegen ermittelten einen Wert von 63 µm. Beide Werte können als klinisch akzeptabel angesehen werden. Hingegen zeigte sich bei Hahnwinkel (2006) in einem der vorliegenden Studie ähnlichen Versuchsaufbau ein mittlerer Randspaltwert von 103 ± 52 µm. In zwei weiteren ebenfalls ähnlichen Studien wiederum wurden Randspaltwerte im Mittel von 70 µm beim Wol-Ceram®-System (VITA), (Yahyazadeh, 2006) und 70 µm beim Cercon®-System (DeguDent), (Lamprecht, 2006) ermittelt. Boening et al. (2000) fanden in einer In-vivo-Studie mittels der Replika-Technik heraus, dass die durchschnittliche Randspaltbreite bei 80 vorderen und hinteren Procera®-AllCeram-Kronen 80 bis 95 µm bei den Frontzähnen und 90 bis 145 µm bei den Seitenzähnen betrug. Die Hypothese dieser Studie beruhte auf Abhängigkeit der Passung in Bezug auf Lokalisation der Zähne in der Mundhöhle. Kokubo et al. (2005) untersuchten 90 Procera®-AllCeram-Kronen bei 53 Patienten auf Stumpf und Randpassung vor dem definitiven Einsetzen. Die durchschnittlichen Randspaltbreiten betragen bei Frontzähnen 36 ± 36 µm, 32 ± 32 µm im Prämolarenbereich und 35 ± 33 µm im Molarenbereich. Diese Ergebnisse waren niedriger als die oben erwähnten Werte. Die maximalen Werte lagen im Frontzahnbereich, Prämolarenbereich und Molarenbereich bei 216, 153 und 139 µm. Hingegen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Randspaltbreiten in Abhängigkeit der Zahngruppen gefunden werden. Vergleichbare Werte beschreiben Naert et al. (2005) in einer klinischen Nachuntersuchung von insgesamt 300 inserierten Procera®-Kronen an 165 Patienten über einen Zeitraum von fünf Jahren. Hierbei wurden sowohl vor als auch nach dem Zementieren direkt Messungen vorgenommen und nach Ablauf des Untersuchungszeitraumes in vitro die Randpassung ermittelt. Die In-vitro-Daten zeigten durchschnittliche Randspaltbreiten von 30 bis 135 µm. Bei der vorliegenden Studie wurde durch die Wahl der Messpunkte der Randspalt (Messungen beginnend in der Höhe 0,0–1,6 mm) zur jeweiligen Messhöhe und damit die Kronen-

randpassung ermittelt. Dabei wurden im Durchschnitt Werte von 84,20 µm für den Randbereich gemessen.

Schlussfolgerungen

Basierend auf diesen Daten und dem von Sulaiman, Weaver und May formulierten Maß für Randspalten von 63–83 µm sind die bei dieser Studie ermittelten Randschlusswerte für die Procera®-Kappchen geringfügig außerhalb des als klinisch realistisch und akzeptabel angesehenen Bereiches. Die ermittelten Ergebnisse sind insgesamt mit denen der Vollguss-/VMK-Technik vergleichbar (Marxkors, 1980). Weitere Studien könnten Aufschluss darüber geben, inwiefern das manuelle Geschick und die Tagesform des betreffenden Zahntechnikers beim Einlesen der Präparationsgrenzen mit dem Grad an Erfahrung beziehungsweise der Anzahl an gescannten Einheiten korrelieren. Ebenso wäre das spätere Aufbrennen (Verblenden) von keramischen Massen und deren mögliche Einflüsse auf Volumenänderung der Gerüstkomponente Ziel weiterer Untersuchungen. Die Vermutung liegt jedoch nahe, dass beide Faktoren entscheidend auf die spätere Genauigkeit der Kappchen beziehungsweise keramischen Kronen Einfluss nehmen.

Literaturübersicht

Kronenrandpassung

Ein wichtiger Faktor ist die marginale Diskrepanz einer Restauration. Darunter wird der Abstand (Vertikaldimension) von der Präparationsgrenze zum Kronenrand definiert (May et al., 1998). Viele Anstrengungen wurden bereits unternommen, um die Passung der Kronenränder am präparierten Zahn zu verbessern. Schlecht sitzende Restaurationen führen unweigerlich zu Sekundärkaries und Pulpitis. Ungenügende marginale Adaptation im Kronenrandbereich fördert die Plaqueretention (Valderhaug und Heloe, 1977) und verändert die Zusammensetzung der subgingivalen Bakterienflora, die wiederum zur Entstehung von Parodontalerkrankungen führt (Lange, 1981; Langet al., 1983, 1988). Eine Verminderung des Rand-

ANZEIGE

schärfer, pfiffiger, immer aufrecht im bild.

c-on III

Die einzige voll-digitale Intraoral Kamera mit automatischer Bilddrehung.



orangedental
premium innovations

info: +49 (0) 73 51 . 4 74 99 . 0

spaltes verringert das Risiko der Entstehung von Karies und Parodontalerkrankungen und verbessert somit entscheidend die Langzeitprognose des Zahnes respektive der Restauration (Kokubo et al., 2005).

Kronenrand

Es ist hinreichend untersucht, dass Restaurationsränder, die in diesen Toleranzbereich reichen, zur Entzündung der Weich- und Hartgewebsstrukturen führen können und einen damit verbundenen Attachmentverlust/Knochenabbau bewirken. Als Ursache hierfür wird die mikrobielle Plaque, welche sich an den zu tief liegenden Restaurationsrändern anheftet, angesehen (Silness, 1970; Loe et al., 1978a–c). Diese Bereiche sind für eine effektive Mundhygiene nicht oder nur mehr schwer zugänglich. Hierdurch verändert sich die subgingivale Flora des gesunden Parodontiums zu einer parodontal destruktiven Flora (Flores-de-Jacoby et al., 1989). Klinisch äußert sich dies in einer Erhöhung der Sondierungstiefen oder der Ausprägung von gingivalen Rezessionen (Padbury et al., 2003). Die Pathologie dieses Geschehens wurde durch Untersuchungen, die sich mit dem histologischen und klinischen Reaktionsmuster der parodontalen Gewebsstrukturen beschäftigen, dargelegt (Newcomb, 1974; Günay et al., 2000).

Computergestützte Konzeption und Herstellung (CAD/CAM)

Das CAD/CAM-System hat die Besonderheit, dass der Randspalt zwischen Restauration und Zahnhartsubstanz im Durchschnitt wesentlich breiter ausfällt als bei anderen Systemen (Isenberg et al., 1992). Diese Herstellungsmethode für metallfreie Restaurationen wird aber immer beliebter und zuverlässiger. Dass sie für die Anforderungen der modernen klinischen Praxis exakt genug ist, haben in den letzten Jahren mehrere Systeme bewiesen, wobei unterschiedliche Materialzusammensetzungen verwendet wurden. Am häufigsten arbeitete man bislang mit aluminiumverstärkter Matrix sowie Zirkonium- und Leuzitkeramiken. Manche CAD/CAM-Systeme werden auch in der klinischen Umgebung eingesetzt (CEREC). In der neuesten Generation von CAD/CAM-Systemen sind den geometrischen Möglichkeiten und damit auch dem Indikationsspektrum keine Grenzen mehr gesetzt. CAD/CAM-Systeme haben einen hohen Platzbedarf. Der klinische Zugang erfolgt daher oft noch über einen externen Scanner oder auf dem Umweg über Abformung und Modell. Die klinischen Daten des betreffenden Falls, einschließlich aller Angaben zu den Präparationsarbeiten, werden in das System eingegeben. Die notwendigen Informationen zu jedem Fall werden zentral gesammelt, generiert und verteilt. Mit diesen neuen Systemen sind hervorragende Resultate bei ästhetischen Behandlungen realisierbar. Die farbigen transluzenten Materialien werden schließlich mit einer kompatiblen Schichtkeramik verblendet. Diese Technik verspricht Erfolg, weil sie den Faktor Mensch ausschließt, der bei der Produktion von Gerüsten zu Fehlern neigt. Umgekehrt kann der Zahntechniker seine gesamte Konzentration auf den kreativen Aufbau richten (Gürel, 2003).

Zusammenfassung

Aufgrund der gestiegenen ästhetischen Ansprüche der Patienten auf der einen Seite und dem Streben der Zahnmedizin nach perfekten, biokompatiblen und natürlich wirkenden Restaurationen auf der anderen Seite haben die Zahnärzte sich neuen Materialien und Techniken zugewandt. Eine dieser Techniken sind die CAD/CAM-Verfahren. Das Ziel der vorliegenden In-vitro-Studie war es, das Randspaltverhalten und somit die Passgenauigkeit vollkeramischer Kappchen eines bestimmten Systems, in diesem Fall des Procera®-Systems, zu untersuchen. Analog zu präparierten Zahnstümpfen dienten für die Kappchenherstellung natürliche extrahierte Zähne. Nach Präparation und Abformung wurden für sechs ausgewählte Zahnstümpfe Kappchen hergestellt. Zur Ermittlung von Randspalt und Passgenauigkeit wurde eine Innenabformung der gefertigten Kappchen eingebettet, geschnitten und lichtmikroskopisch vermessen. Die Messdaten wurden in Minimal-, Maximal- und Mittelwerte sowie Standardabweichung für den jeweiligen Zahn unterteilt und abschließend in einer Gesamtübersicht dargestellt. Zudem wurden Medianwert und Quartilabstände ermittelt. Im Gesamtüberblick ergibt sich ein Mittelwert von 84,20 µm bei einem Minimum von 9 µm und einem Maximum von 220 µm. Die Standardabweichung betrug für die Gesamtheit aller Messdaten 24,097 µm. Beim Medianwert wurde ein Mittel von 84,27 µm errechnet. In drei weiteren Studien mit ähnlichem Versuchsaufbau, welche das Randspaltverhalten von vollkeramischen Systemen untersuchen, liegen die mittleren Randspaltwerte beim Wol-Ceram®- (VITA), (Yahyazadeh, 2006) und Cercon®-System (DeguDent), (Lamprecht, 2006) bei 70 µm, beim Procera®-System (Nobel Biocare), (Hahnwinkel 2006) bei 103 ± 52 µm. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die ermittelten marginalen Randspalten ähnlich dimensioniert sind wie bei metallkeramischen Restaurationen. Es wurde aufgezeigt, dass es möglich ist, CAD/CAM-Technologie zu nutzen und innerhalb bestimmter Grenzen eine gute Passgenauigkeit zu erreichen – mit den Vorteilen eines homogenen, standardisierten Materials. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in den Grenzen der hier durchgeführten Studie die gewonnenen Resultate zeigen, dass das Procera®-System (Nobel Biocare, Göteborg, Schweden) einen Randschluss entsprechend bisheriger Standards aufweist und somit für den klinischen Einsatz empfohlen werden kann. ■

■ KONTAKT

Dr. med. dent. Sven Egger, M.Sc.

Aesthetikart
Praxis für rehabilitative und restaurative Zahnheilkunde
Grünpfahlgasse 8
4001 Basel, Schweiz
Tel.: + 41- 61/261 83 33
Fax: + 41-61/261 83 51
E-Mail: info@aesthetikart.ch