

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war, das Verhalten der Abzugskräfte sowie das Verschleißverhalten von unterschiedlichen konfektionierten Kugelkopf-Verankerungen unter Langzeitbeanspruchung zu evaluieren. Ausgewählt wurden 4 handelsübliche Attachments. Unter Simulation einer unilateralen Freundsituation wurden unter fortlaufender Messung der Abzugskräfte 50.000 Füge-Lösebewegungen mit je 8 Probekörpern im Wasserbad durchgeführt. Im Fügezustand wurde eine exzentrische Endlast von 100 N auf den Matrizenhalter aufgebracht.

Indizes

Kugelkopfattachment, Abzugskräfte, Verschleiß, Hybridprothetik

Untersuchung zum Verschleißverhalten von Kugelkopfattachments

Klaus Ludwig, Heike Hartfil, Matthias Kern

Bei der implantatgestützten Versorgung des zahnlosen Unterkiefers haben sich Kugelkopfattachments als einfache und kostengünstige Lösung insbesondere bei älteren Patienten bewährt.^{2,5,10} Weitere Vorteile sind zudem die guten Hygienemöglichkeiten und die leichte Ein- und Ausgliederung der Prothesen.^{4,8}

Zur Erzeugung der für den Prothesenhalt erforderlichen Retentionskräfte kommen unterschiedliche Konstruktionsprinzipien, insbesondere der Matrizen der einzelnen Produkte, zur Anwendung. Üblich sind federnde teilweise einstellbare Metalllamellen, Federarme, Federringe oder retentive Kunststoffeinsätze.

Klinisch zeigen sich aber mittelfristig häufig Veränderungen in den primär vorhandenen Retentionskräften. Es kann zu einer Abnahme aber auch zu einer starken Zunahme der Füge- Lösekräfte kommen.^{1,3} Verantwortlich sind einerseits die Reibungskräfte bei Ein- und Ausgliederung der Prothese, aber auch Mikrobewegungen unter kaufunktionaler Belastung.

Einleitung



Insbesondere bei nur zwei interforaminär angeordneten Implantaten können Kaukräfte ein Einsinken der Freundsättel und damit Rotationsbewegungen der Matrize auf den Kugelköpfen verursachen. Es ist anzunehmen, dass von den hierdurch ausgehenden Abrasionsmechanismen die einzelnen Kugelkopfsysteme in Abhängigkeit von deren Konstruktionsformen unterschiedlich stark betroffen sind.

In der vorliegenden Untersuchung sollten deshalb übliche Kugel-Verankerungen unterschiedlicher Bauart hinsichtlich ihres Abrasionsverhaltens untersucht werden. Im Versuchsaufbau sollten neben Füge- und Lösebewegungen auch exzentrische Endlasten mit Simulation des Einsinkens eines Freiidprothesensattels im gefügten Zustand berücksichtigt werden.

Material und Methode In die Untersuchung wurden die vier Produkte Dalbo-Plus elliptic mit Titanpatrize (Cendres & Métaux, Biel, Schweiz, lieferbar seit 1999), Ecco (Unor, Schlieren, Schweiz, lieferbar seit 2001), Locator (Zest Anchors, Escondido, USA, lieferbar seit 2000) und Tima (Unor, Schlieren, Schweiz, lieferbar seit 1993) einbezogen (Abb. 1).

Bei Dalbo-Plus elliptic besteht die Patrize aus Titan Grade 4, die Matrize aus einem Titangehäuse mit einem verstellbaren Lamellenrotationseinsatz aus einer Edelmetalllegierung. Die Abzugskraft ist zwischen ca. 2 bis ca. 12 N einstellbar. Eingestellt waren Kräfte von ca. 7 N.

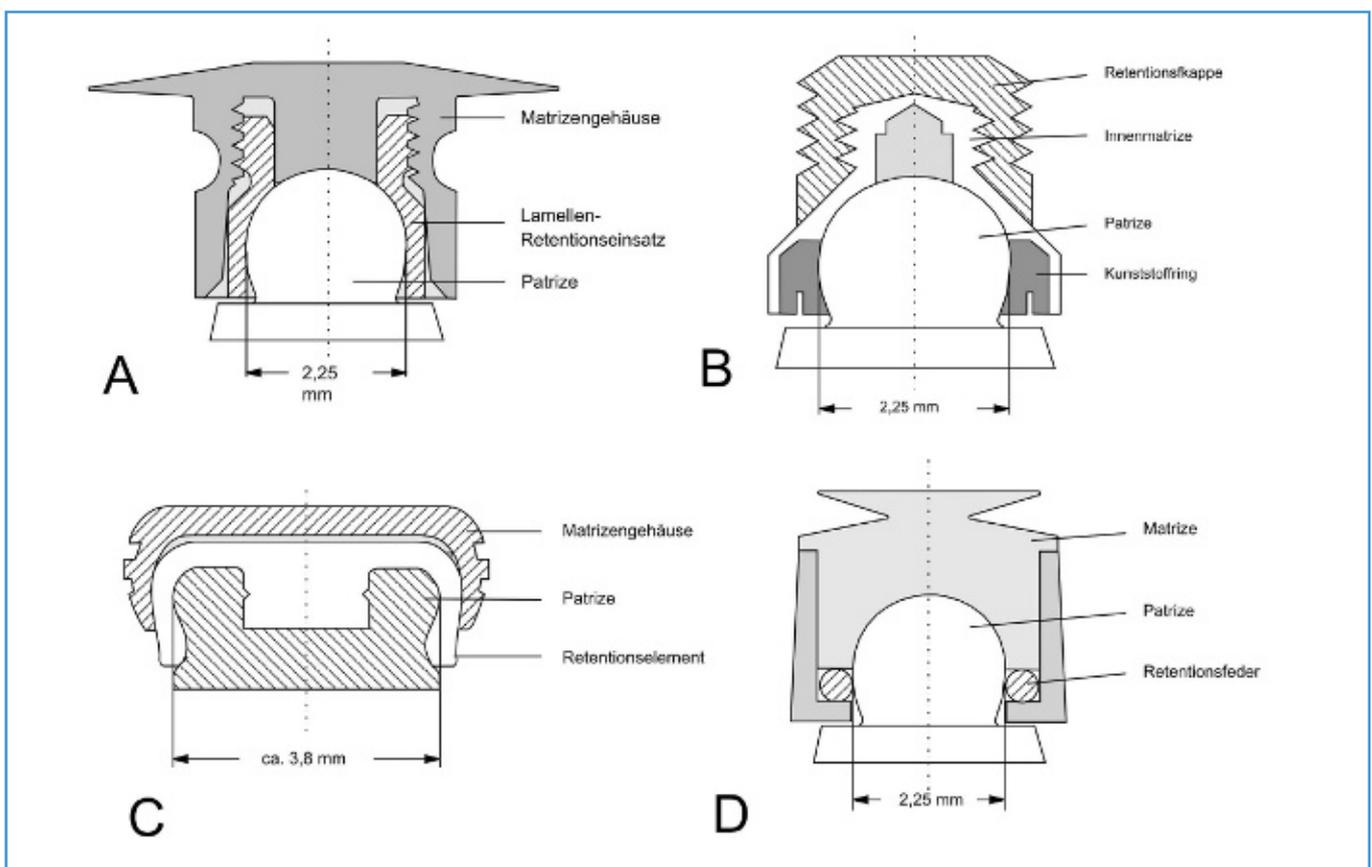


Abb. 1 Schematische Darstellung zum Aufbau der untersuchten Verankerungssysteme. A Dalbo-Plus elliptic, B Ecco, C Locator, D Tima.

Ecco ist eine Verankerung mit einer Patrize aus einer Edelmetalllegierung, einem Matrizegehäuse aus Titan und auswechselbaren Innenmatrizen aus Metall oder Kunststoff. Verwendet wurde die grüne Standardmatrize mit funktionellem Teil aus Kunststoff und einer vom Hersteller angegebenen Abzugskraft von ca. 8 N.

Bei dem Produkt Locator bestehen die Patrize aus Titan mit einer TiN-Beschichtung und das Matrizegehäuse aus rostfreiem Stahl. Als Retentionselement dient ein Nyloneinsatz. Verwendet wurden pinkfarbene Einsätze mit einer vom Hersteller angegebenen Abzugskraft von ca. 13 N (3 pounds angegeben).

Tima-Kugel-Verankerungen verwenden in einem Matrizegehäuse aus Titan Grade 5 als Retentionselemente Ringfedern. Verwendet wurden Patrizen aus einer Edelmetalllegierung. Die vom Hersteller angegebenen Abzugskräfte betragen 8 N.

Um die notwendige Präzision in den Versuchsabläufen zu gewährleisten, wurde ein feinmechanisches Versuchsmodell zur Simulation einer unilateralen Freidendprothese gewählt. Die Patrizen wurden, je nach System, an dem ein Implantat simulierenden zylindrischen Halter (Messing 6 mm Durchmesser) auf der Stirnfläche zentriert mit einem niedrig schmelzenden Lot angelötet (Pd Universallötstäbchen; Pd-Universal, Produits Dentaires, Vevey, Schweiz) oder eingeschraubt. Der Patrizenhalter wurde starr in einem Sockel aus einer niedrigschmelzenden, weichen Legierung (MCP 70, HEK, Lübeck) in einem Winkel von exakt 90° zur Sockelbasis gelagert (Abb. 2). Alle Matrizegehäuse wurden in die eine Prothese simulierenden rechteckigen Halter (Messing, 8x8 mm) an einem Ende in systembedingte Passbohrungen senkrecht eingeklebt (Nimetic-CEM, 3 M Espe, Seefeld). Um im gefügten Zustand eine vertikale Kippbewegung der Matrize um die Patrize ausführen zu können, wurde der Matrizenhalter in einem Gehäuse beweglich federnd gelagert (Abb. 3 und 4). Die Höhe des Kippweges wurde mit einem Anschlag auf den Wert 0,2 mm eingestellt.



Abb. 2 Patrizenhalter mit Metallsockel mit Dalbo-PLUS Titan-Patrize.

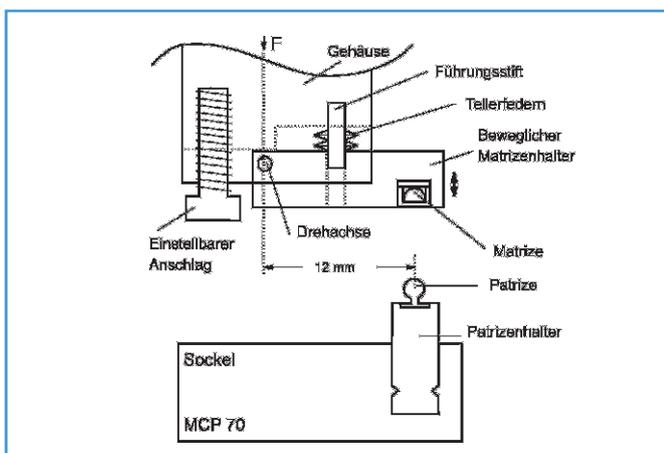


Abb. 3 Darstellung zum Aufbau der Versuchsanordnung zur Aufnahme von Patrizen und Matrizen.

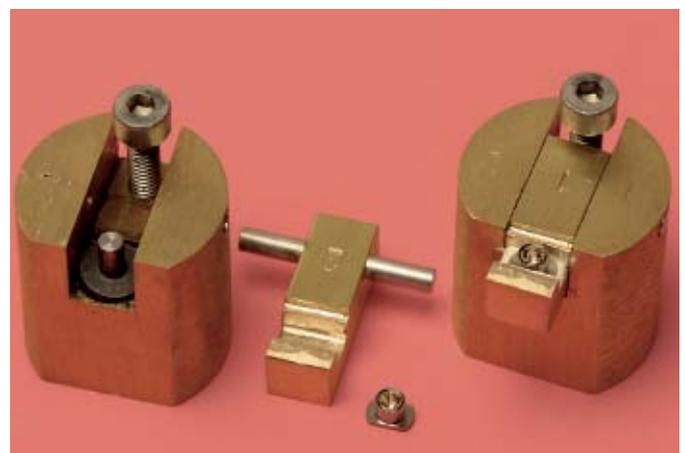


Abb. 4 Aufbau des beweglichen Matrizenhalters mit Dalbo-PLUS Matrize.

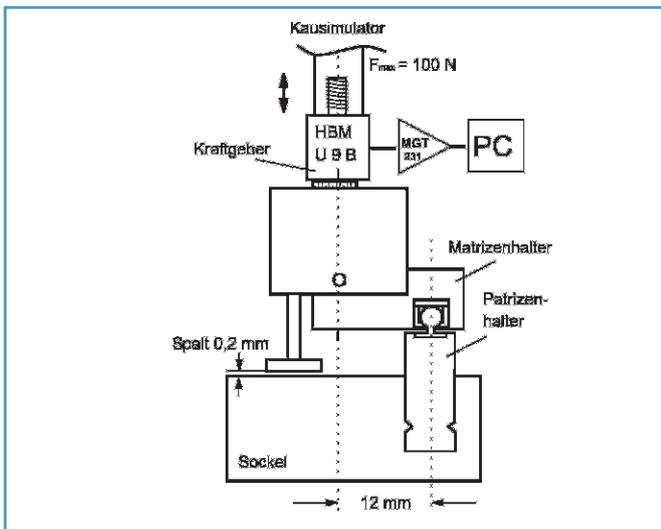


Abb. 5 Darstellung der Versuchsanordnung im gefügten Zustand mit Kraftaufnehmer und Messeinrichtung.



Abb. 6 Kausimulator und Messeinrichtung.

Im Fügezustand bestand zwischen der Zentralachse der Patrizie und dem Kräfteinleitungspunkt der beweglichen Matrizenhalterung ein Abstand von 12 mm (Abb. 5).

Die Versuchsdurchführung erfolgte in einem programmierbaren Kausimulator mit 8 Messkammern, in denen mit Belastungsstempeln simultan parallele Vertikalbewegungen ausgeführt werden konnten (Willytec, München). Zwischen jedem der Stempel und dem Einspannpunkt der Gehäuse der Matrizenhalter waren Kraftaufnehmer (U 9 B, Hottinger Baldwin, Darmstadt) angebracht. Die verstärkten Messsignale von Füge- und Lösekräften wurden nach Digitalisierung fortlaufend für alle Kammern mit Hilfe der Messsoftware DIA/DAGO (GFS Aachen) rechnergestützt gespeichert (Abb. 6).

Im Lösevorgang wurden Matrize und Patrizie vollständig getrennt. Nach dem Fügen wurde in Anlehnung an Belastungen bei Kaubewegungen eine Endlast von 100 N auf die Stempel aufgebracht. Die Belastungsversuche wurden mit der Folgefrequenz von 0,5 Hz für einen Füge-Lösezyklus in Wasser bei Raumtemperatur ($20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) für 50.000 Zyklen durchgeführt. Nach Beendigung der Messungen wurden die gespeicherten Kraftverlaufskurven ausgedruckt und die Abzugskräfte bestimmt. Neben den Kurven der Lösekräfte über der Zyklenzahl für die einzelnen Probekörper wurden die Mittelwertskurven für die jeweils 8 Einzelproben jeder der 4 Messserien berechnet. In der statistischen Auswertung wurden die Mittelwerte der Lösekräfte bei 10, 500, 3.000, 10.000 und am Versuchsende bei 50.000 Zyklen für alle Kugel-Verankerungen miteinander verglichen (Statgraphics Plus, Version 7.0). Die Fügeflächen ausgewählter Patrizien und Matrizen wurden rasterelektronenmikroskopisch untersucht.

Ergebnisse Bei Versuchsbeginn ergaben sich nach 10 Füge-Löse-Zyklen mittlere Abzugskräfte zwischen 7 N und 13,3 N (Tab. 1). Dabei zeigen die Systeme stark unterschiedliche Messwertschwankungen innerhalb der Gruppen. Entsprechend resultieren Standardabweichungen zwischen 1,6 N und 6,6 N. Statistisch signifikante Unterschiede sind im Paarvergleich nur für Ecco-Locator und Ecco-Tima gegeben.



Zyklen		Dalbo-Plus	Ecco	Locator	Tima
10	Mittelwert	9,8	6,9	13,3	11,9
	SD	1,6	4,6	6,6	3,1
500	Mittelwert	11,2	6,8	13,5	19,6
	SD	2,6	6,0	5,6	5,4
1.000	Mittelwert	10,9	7,0	9,8	24,1
	SD	3,3	5,7	3,6	4,7
3.000	Mittelwert	15,8	6,7	7,1	23,0
	SD	6,4	3,3	2,6	9,2
10.000	Mittelwert	16,8	2,4	4,8	10,5
	SD	7,1	1,8	2,7	9,8
50.000	Mittelwert	11,4	1,1	2,4	1,0
	SD	3,7	0,8	1,8	1,4

Tab. 1 Mittlere Abzugskräfte und Standardabweichungen (SD) in N für die getesteten Attachment-Systeme bei Versuchsbeginn, nach 500, 1.000, 3.000, 10.000 Füge-Löse-Zyklen und bei Versuchsende.

Im weiteren Verlauf der Versuche ergaben sich für die vier getesteten Systeme unterschiedliche komplexe Änderungen der Abzugskräfte mit Bereichen konstanter Kräfte sowie einer Kraftzunahme und einer teilweise starken Abnahme. Auch innerhalb einer jeden Gruppe waren erhebliche Schwankungen zu beobachten.

Bei den Dalbo-Plus elliptic Verankerungen waren die Schwankungen bis ca. 1.000 Zyklen relativ gering (Abb. 7). In der Mittelwertskurve zeigt sich ein leichter Anstieg auf ca. 12 N, danach bis 10.000 Zyklen ein stärkerer Anstieg auf 16,5 N. Anschließend fielen die Kräfte auf 11,5 N bei Versuchsende ab (Abb. 8).

Für Ecco-Kugelverankerungen ergaben sich die größten Schwankungen zwischen 100 und bis ca. 2.000 Zyklen (Abb. 9). Im Mittelwert zeigten sich etwa konstante Kräfte zwischen 6,8 und 7 N. Danach kam es zu einem kontinuierlichen Abfall auf 1,2 N bei 50.000 Zyklen (Abb. 8).

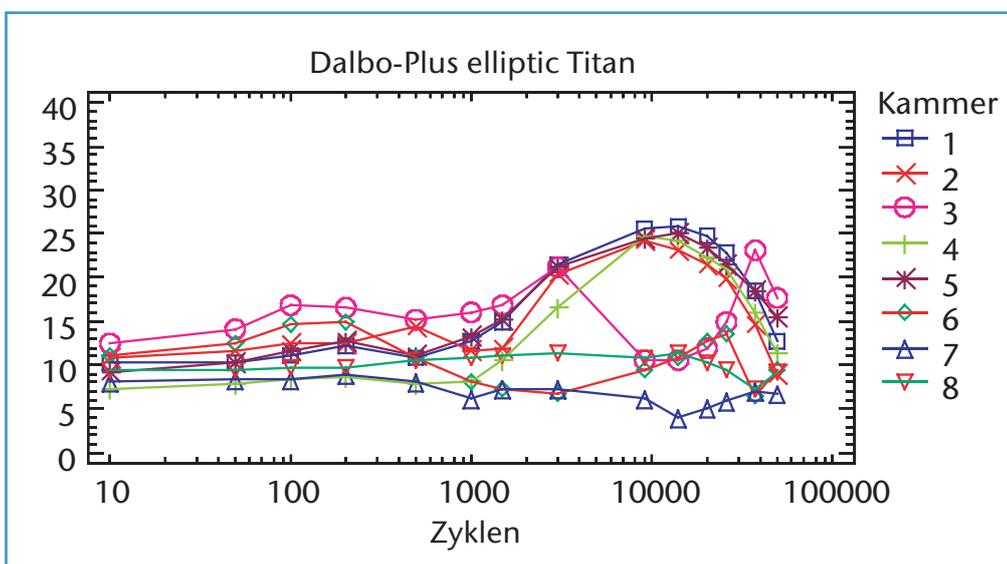


Abb. 7 Verlaufskurven der Abzugskräfte der 8 Messkammern für das Attachment-System Dalbo-Plus elliptic Titan.



Abb. 8 Gemittelte Verlaufskurven der Abzugskräfte für die 4 getesteten Attachment-Systeme.

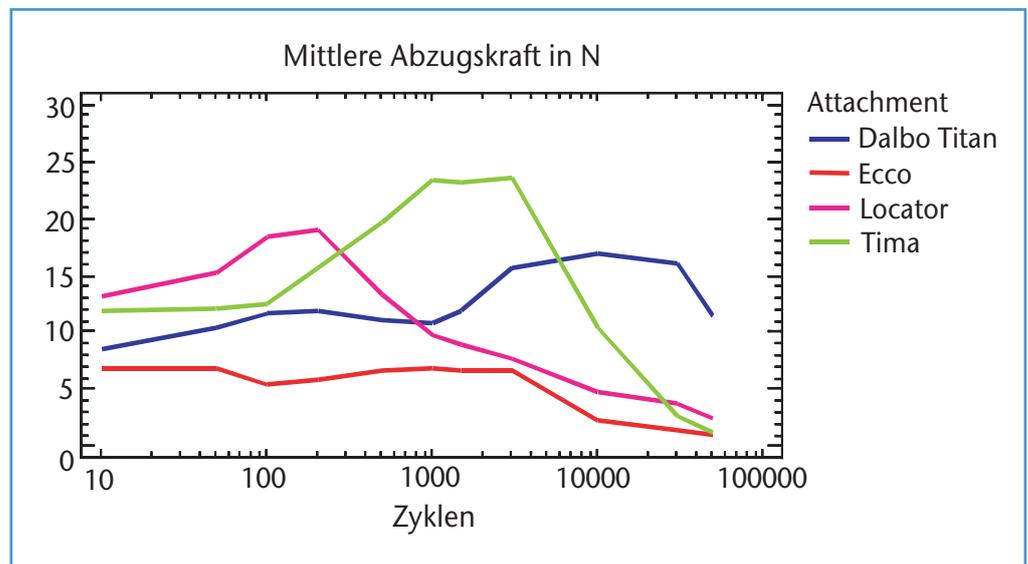
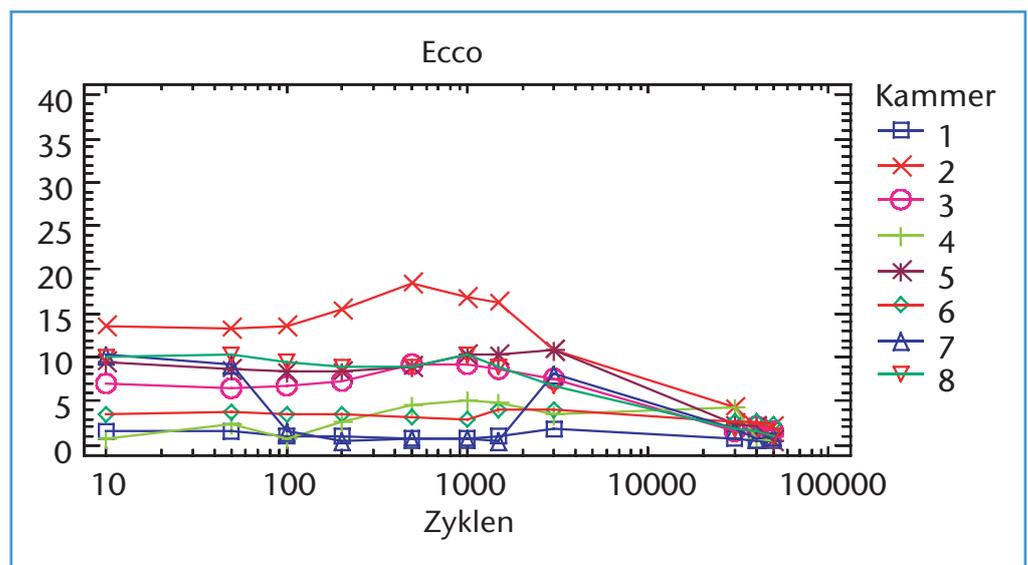


Abb. 9 Verlaufskurven der Abzugskräfte der 8 Messkammern für das Attachment-System Ecco.



Locator-Attachments zeigten die größte Variabilität innerhalb einer Gruppe (Abb. 10). Im mittleren Verlauf stiegen die Kräfte kontinuierlich bis zu einem Kraftmaximum von 19 N bei 200 Zyklen an. Es folgte ein Kraftabfall bis auf 2,4 N zum Versuchsende (Abb. 8).

Tima-Anker zeigten ebenfalls eine große Schwankung der Kräfte innerhalb des Systems, insbesondere zwischen 2.000 und 10.000 Zyklen (Abb. 11). Die Mittelwertkurve weist ab 100 Zyklen einen starken Anstieg bis auf 24 N zwischen ca. 1.000 und 3.000 Zyklen auf. Anschließend fielen die Kräfte teilweise infolge des Bruches der Ringfedern spontan bis auf Werte zwischen 0 und 2 N ab (Abb. 8).

Im Vergleich der Systeme bei 500 Zyklen zeigten sich mittlere Kräfte zwischen 6,8 und 19,6 N mit teilweisem Anstieg der Standardabweichung (Tab. 1). Für Tima war der Unterschied der Abzugskräfte gegenüber allen anderen Systemen signifikant ($p = 0,05$). Ebenso waren Ecco und Tima signifikant unterschiedlich. Nach 1.000 Zyklen bewegten sich die

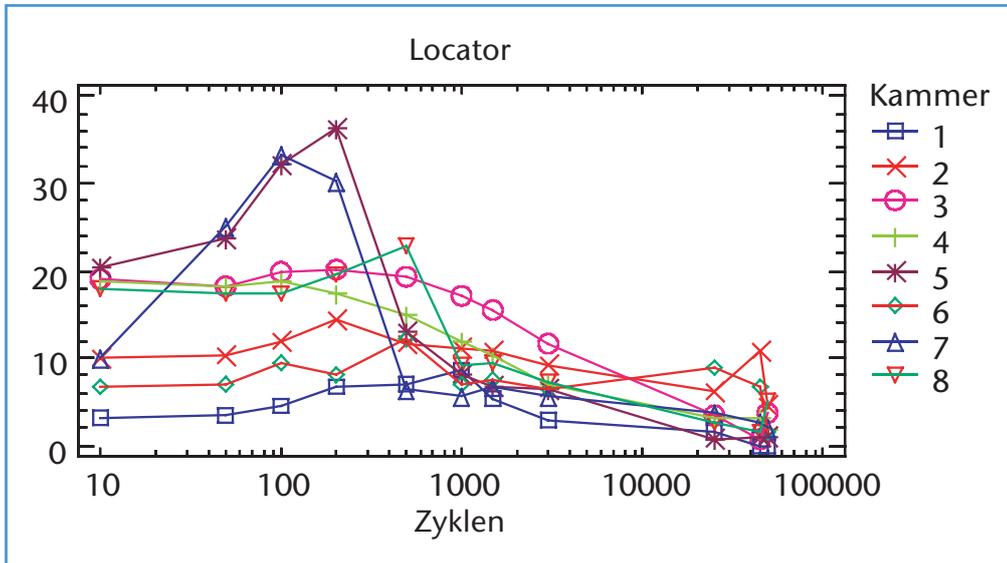


Abb. 10 Verlaufskurven der Abzugskräfte der 8 Messkammern für das Attachment-System Locator.

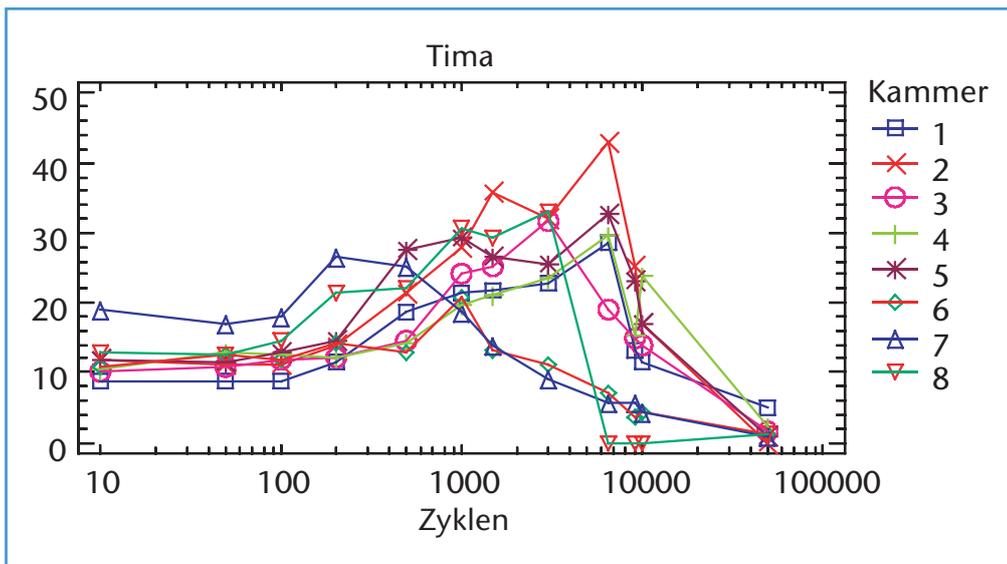


Abb. 11 Verlaufskurven der Abzugskräfte der 8 Messkammern für das Attachment-System Tima.

Kräfte bei Dalbo-Plus und Locator auf ähnlichem Niveau von 10,9 und 9,8 N. Bei Ecco waren die Werte mit 7 N etwas niedriger, bei Tima mit 24,1 N deutlich höher. Signifikante Unterschiede bestanden zwischen Tima und allen anderen Systemen ($p = 0,05$).

Nach 3.000 Zyklen zeigten Ecco und Locator mit 6,7 und 7,1 N etwa gleiche mittlere Abzugskräfte. Die Systeme Dalbo-Plus und Tima zeigten mit 15,8 N und 23 N deutlich höhere Werte. Bei beiden Verankerungen war die Standardabweichung stark angestiegen. Bis auf die Paarung Ecco und Locator waren alle anderen Differenzen der mittleren Abzugskräfte signifikant.

Bei 10.000 Füge-Löse-Zyklen zeigten sich bei Ecco, Locator und Tima im Vergleich zu 3.000 Zyklen bereits stark verringerte mittlere Abzugskräfte bei weiterhin hohen Standardabweichungen. Bei dem System Dalbo-Plus war auch nach 10.000 Zyklen mit einem mittlerem Wert von 16,8 N kein signifikanter Unterschied zu 3.000 Zyklen gegeben.



Zum Versuchsende zeigten nur noch die Dalbo-Plus-Verankerungen mit 11,4 N höhere Abzugskräfte. Die Kräfte der übrigen Kugel-Verankerungen lagen auf niedrigem Niveau und unterschieden sich nicht signifikant.

Das Verschleißverhalten der Kugelkopfverankerungen war ebenfalls stark unterschiedlich. Bei Versuchsende zeigten die Dalbo-Plus Titan-Patrizen nur geringe Einschleifspuren am Kugeläquator, ohne messbare Änderung des Durchmessers (Abb. 12). In den Matrizen zeigten sich an den Lamellenspitzen Einschleifspuren, die jedoch nicht mit einem nennenswerten Materialabtrag verbunden waren. Die Ecco-Patrizen zeigten am Äquator ein breites Band von Schleifspuren, die aber ebenfalls nicht zu einer Durchmessererringerung führten. An den Kugelstirnflächen waren deutliche Einkerbungen sichtbar (Abb. 13). Ein deutlicher Abrieb zeigte sich dagegen an dem Kunststoffring in den Matrizen. Die Patrizenringe bei Lokator-Verankerungen wiesen am Äquator ebenfalls eine Einschleifspur ohne wesentliche Abrasionserscheinungen auf (Abb. 14). Deutlichere Verschleißspuren zeigten sich an den Retentionselementen der Matrize. Bei den Tima-Patrizen kam es zu erheblichen Abrasionserscheinungen im Bereich des Kugeläquators, verbunden mit einer deutlichen Durchmesserabnahme (Abb. 15). Bei Versuchsende waren alle Federringe in den Matrizen gebrochen.

Diskussion

Die Versuchsanordnung mit einer exzentrischen Endlast wurde gewählt, um Rotationsbewegungen um die Patrizen im gefügten Zustand, wie sie bei Freundsituationen auftreten können, in die Abnutzungserscheinungen einzubeziehen. Die Versuchsdauer wurde zudem über die bei anderen Untersuchungen oft zugrunde gelegte Zahl von 10.000 Füge-Löse-Zyklen ausgedehnt. Hierbei entsprechen 10.000 Zyklen bei einer dreimal täglich zur Mund- und Prothesenhygiene erfolgten Entfernung der Prothese der klinischen

Abb. 12 Patrizen des Systems Dalbo-Plus elliptic Titan nach Versuchsende.

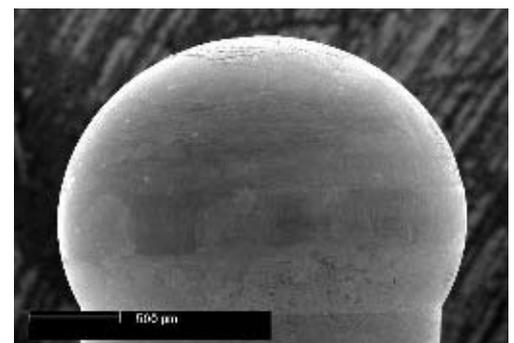
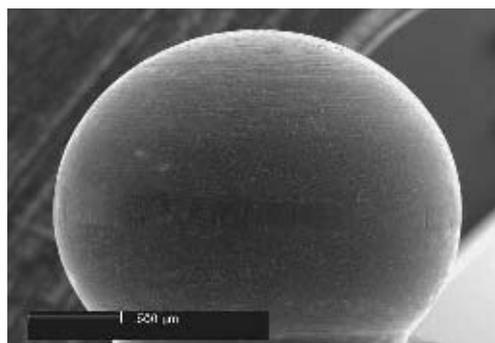


Abb. 13 Patrizen des Systems Ecco nach Versuchsende.

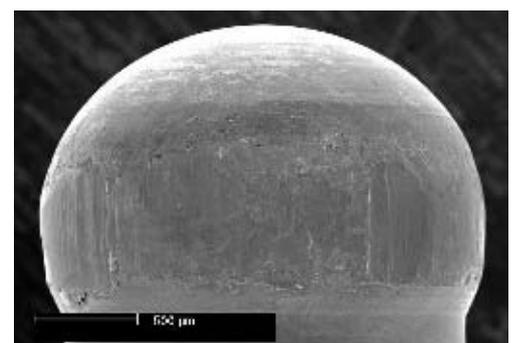
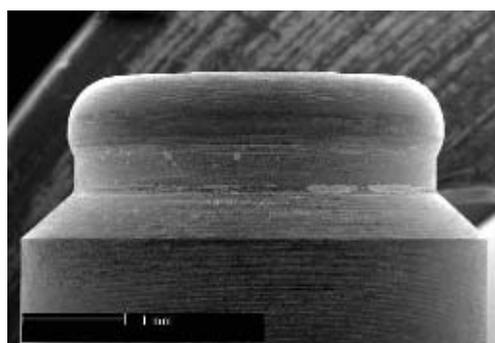


Abb. 14 Patrizen des Systems Locator nach Versuchsende.

Abb. 15 Patrizen des Systems Tima nach Versuchsende.



Tragedauer von ca. 9 Jahren.³ In dieser Untersuchung wurden die Versuche bis zur Zyklenzahl 50.000 fortgeführt, um deutlich sichtbare Unterschiede im Verschleißverhalten der unterschiedlichen Systeme zu generieren.

Die verschiedenen Attachmentsysteme weisen deutliche Unterschiede in dem Verhalten der Abzugskräfte während der Versuchsdauer auf. Bei Versuchsbeginn zeigten die Systeme Ecco und Locator eine erhebliche Schwankung in den Haltekräften der einzelnen Attachments, wobei einzelne Anker für den klinischen Einsatz zu geringe Kräfte von ca. 3 N zeigten. Möglicherweise sind Passungstoleranzen der Retentionseinsätze eine Ursache. Für Dalbo-plus elliptic Kugelverankerungen resultierte mit 1,6 N die geringste Standardabweichung der 4 Serien, da die Anfangskraft eingestellt werden konnte.

Mit ansteigenden Zyklenzahlen zeigten alle Systeme zumindest für einzelne Attachments eine Zunahme der Abzugskraft. Diese Zunahme war bei Ecco mit einem Maximum bei ca. 1.000 Zyklen am geringsten. Locator- und Ecco-Attachments zeigten teilweise mit Spitzenwerten von ca. 38 N bzw. 45 N Abzugskräfte, die klinisch als fragwürdig einzustufen sind. Auch die Dalbo-Verankerungen zeigten beginnend bei etwa 1.000 Zyklen einen moderaten Kraftanstieg, der jedoch auch im Einzelfall 25 N nicht überstieg. Der Kraftanstieg geht einher mit einer zunehmenden Aufrauung der Fügeflächen, insbesondere der Patrizen im Bereich des Kugeläquators. Die hierdurch erhöhte Reibung bedingt einerseits höhere Kräfte beim Fügen und Lösen der Matrizen aber andererseits auch einen Anstieg der Abrasion. Durch diesen Materialverlust ist dann langfristig ein Absinken der Abzugskräfte gegeben.

Bei Versuchsende zeigten nur Dalbo-Plus-Attachments klinisch akzeptable Retentionswerte. Durch Abnutzung der Retentionselemente waren die Abzugskräfte von Ecco- und Locator-Verankerungen auf zu geringe Werte unterhalb von 2,5 N abgefallen. Alle Tima-Attachments versagten infolge des Bruches der Retentionsfedern. Bereits vor dem Bruch kam es zu einem starken Abfall der Abzugskräfte durch starke Abrasionserscheinungen an den Patrizen. Als Ursachen sind die Spielpassung der Ringfeder sowie die erforderliche Dehnung der Feder über die Patrizenkugel bei jedem Füge- und Lösevorgang anzunehmen.

Bisherige Verschleißuntersuchungen an Kugel- und Zylinderattachments zeigten ebenfalls ein komplexes Haltekraft- und Abrasionsverhalten, große Schwankung der Abzugskräfte und Brüche von Haltefedern.^{3,6,9} Allerdings sind die Werte aufgrund unterschiedlicher Versuchsanordnungen kaum mit den hier erzielten Ergebnissen vergleichbar.

Weitere Untersuchungen an unterschiedlichen Attachments und Geschieben ergaben teilweise ebenfalls erhebliche Abrasionsverluste an den Gleitflächen, insbesondere bei der Gleitreibung Metall gegen Metall.^{7,6} Retentive Kunststoffeinsätze zeigten dagegen ein günstigeres Verschleißverhalten.^{7,9} Im Gegensatz dazu ergab sich für die hier getesteten Kugelkopf-Verankerungen mit retentiven Kunststoffeinsätzen kein vergleichbar günstigeres Retentionsverhalten.

In der Kombination einer Titanlegierung für die Patrizenkugel mit einer Goldbasislegierung für die federelastischen Retentionslamellen scheint ein Vorteil für das System Dalbo-Plus elliptic Titan gegeben zu sein. Die Materialabnutzung durch Abrasion erscheint im Vergleich zu anderen Materialpaarungen deutlich reduziert. Ein weiterer Vorteil ist durch die hinreichend genaue Einstellbarkeit der anfänglichen Retentionskräfte gegeben. Hierdurch kann bei geringer Variabilität eine klinisch akzeptable Abzugskraft über einen langen Zeitraum aufrechterhalten werden.



Fazit Ziel der Untersuchung war es, das Verhalten der Abzugskräfte sowie das Verschleißverhalten von unterschiedlichen konfektionierten Kugelkopf-Verankerungen unter Langzeitbeanspruchung zu evaluieren.

Ausgewählt wurden 4 handelsübliche Attachments. Unter Simulation einer unilateralen Freundsituation wurden unter fortlaufender Messung der Abzugskräfte 50.000 Füge-Lösebewegungen mit je 8 Probekörpern im Wasserbad durchgeführt. Im Fügezustand wurde eine exzentrische Endlast von 100 N auf den Matrizenhalter aufgebracht. Es zeigten sich sowohl unterschiedliche Verläufe der Abzugskräfte der einzelnen Attachmentstypen während des Versuches als auch innerhalb der Gruppen unterschiedliche Variabilitäten. Am Versuchsende zeigten die Attachments unterschiedliche Abnutzungserscheinungen. Lediglich ein System wies mit 11,8 N noch eine klinisch akzeptable Abzugskraft auf.

- Literatur**
1. Bayer, S., Hültenschmidt, R., Grüner, M., Utz, K.-H., Stark, H., Bouraurel, C.: Simulation und Analyse des Verschleißes von hybridprothetischen Verankerungselementen. *Abstrakt. Dtsch Zahnärztl Z* 58, 12, D4-D5 (2003).
 2. Besimo, Ch. E., Wiehl, P., Demartines, B.: Betagte zahnlose Patienten und implantatgetragener Zahnersatz. *Implantologie* 4, 3, 199-208 (1996).
 3. Besimo, Ch. E., Guarneri, A., Jahn, M.: Haltekraft von präfabrizierten Verankerungselementen für herausnehmbaren Zahnersatz nach Verschleißbeanspruchung in vitro. *Dtsch Zahnärztl Z* 56, 6, 370-375 (2001).
 4. Besimo, Ch. E.: Prothetische Pfeiler nach Verlust der anatomischen Krone. *Quintessenz* 53, 7, 725-737 (2002)
 5. Grieß, M.: Versorgungsmodalitäten im zahnlosen Unterkiefer. *Dent Implantol* 8, 1, 14-21 (2004).
 6. Koeck, B., Grüner, M., Werner, B. E.: Vergleichende Untersuchung einiger vorgefertigter Verbindungselemente bei paraxialer Belastung. *Dtsch Zahnärztl Z* 48, 10, 622-624 (1993).
 7. Ludwig, K., Kresse, T., Kern, M.: In-Vitro-Untersuchung zum Verschleißverhalten extrakoronaler Geschiebe mit und ohne Schubverteiler. *Dtsch Zahnärztl Z* 58, 10, (2003), 597-600.
 8. Richter, E.-R.: Implantate als zusätzliche strategische Pfeiler bei herausnehmbaren Zahnersatz – Ein Therapiekonzept. *Implantologie* 11, 1 39-60 (2003).
 9. Wichmann, M., Kuntze, W.: Vergleichende Untersuchung zum Verschleißverhalten konfektionierter Geschiebe. *Dtsch Zahnärztl Z* 53, 9, 628-632 (1998)
 10. Wolf, M.: Versorgung der Unterkieferalveolarkammatrophy mit dem Camlog Implantatsystem – ein Fallbericht. *Dent Implantol* 5, 3, 186-190 (2001).

Adresse der Verfasser Prof. Dr. rer. nat. Klaus Ludwig
ZÄ Heike Hartfil
Prof. Dr. med. dent. Matthias Kern
Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Propädeutik und Werkstoffkunde
Arnold-Heller Straße 16, 24105 Kiel
E-Mail: kludwig@proth.uni-kiel.de

Summary

The purpose of this study was to evaluate the wear and tear of different prefabricated precision ball anchors in a long term stress analysis and to examine consecutively the retentive forces during long term stress. Four commercially available ball anchors were used. The retentive forces were measured consecutively during the performance of 50.000 separating and joining movements in a water bath with eight samples each. The eccentric insertion force was 100 N on the female part holder, simulating a unilateral cantilevered denture.