

DZZ

2006

Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift

Herausgeber

Deutsche Gesellschaft
für Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde e. V.

www.dgzmk.de



Sonderdruck

61. Jahrgang, Heft 3 (2006) Seite 142 – 146

K. Ludwig, X. Cretsi, M. Kern

In-vitro-Untersuchung zu Abzugskräften von Kugelpf-Attachments bei Implantatdivergenzen

Alle Rechte, auch die des Nachdrucks,
der photomechanischen Wiedergabe
dieses Sonderdrucks und der Über-
setzung, behält sich der Verlag vor.

 **Deutscher
Ärzte-Verlag**

**Deutscher
Zahnärzte
Verlag**

DÄV GmbH



CENDRES & MÉTAUX SA
Rue de Boujean 122
2501 Biel-Bienne
Tel.: +41 (0) 32 344 22 11
Fax.: +41 (0) 32 344 22 12
www.cmsa.ch/dental



WEGOLD EDELMETALLE AG
Alte Salzstrasse 9
90530 WENDELSTEIN
Tel.: +49 (0) 91 29 40 30-0
Fax.: +49 (0) 91 29 40 30-40
www.wegold.de

■ K. Ludwig, X. Cretsi, M. Kern¹

In-vitro-Untersuchung zu Abzugskräften von Kugelkopf-Attachments bei Implantatdivergenzen

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von Winkel-Divergenzen zwischen Patrizen und Matrizen auf das langfristige Verhalten der Abzugskräfte bei Kugelkopf-Verankerungen zu untersuchen. Verwendet wurde das Kugelkopf-System Dalbo-Plus elliptic mit Titanpatrizen Dalbo-Rotex Grade 4 KV (Cendres & Metaux, Biel, Schweiz). In Simulation einer auf 2 interforaminären Implantaten verankerten Freiidprothese wurden jeweils zwei an stilisierten Pfeilern befestigte Patrizen in einem Modellsockel bei einem Mittenabstand von 35 mm starr gelagert. Hergestellt wurden in 4 Serien je 8 Probekörper mit parallelen Pfeilern (S1), mit einem um 20° gekippten Pfeiler (S2), mit beiden um je 20° gekippten Pfeilern (S3) und mit einer um 4° gekippten Matrize bei parallelen Pfeilern (S4). Alle Matrizen wurden einzeln auf die Haltekraft von 8 ± 1 N voreingestellt und zwei jeweils gemeinsam in stilisierte Prothesenbasen aus Acryl eingeklebt.

Unter exzentrischer elastischer Einspannung der Prothesenbasis wurden in einem Kausimulator mit 8 Versuchszellen (Willytec, München) 50.000 vertikale Füge- und Lösebewegungen im Wasserbad bei 21 °C mit der Folgefrequenz von 0,5 Hz durchgeführt. Im Fügezustand wurde die Prothesenbasis mit 100 N exzentrisch belastet. Die Abzugskräfte wurden mit Kraftsensoren gemessen und simultan PC-gestützt fortlaufend registriert. Matrizen und Patrizen wurden abschließend im REM untersucht.

Bei Versuchsbeginn ergaben sich mittlere Abzugskräfte von $17,3 \pm 2,9$ N (S1), $20,6 \pm 4,6$ N (S2), $19,3 \pm 3,3$ N (S3) und $15,1 \pm 4,7$ N. In allen Serien zeigte sich ein langsamer Anstieg der Abzugskräfte mit Maxima von $42,5 \pm 7,4$ N (S1), $45,6 \pm 8,7$ N (S2), $30,2 \pm 4,5$ N (S3) und $23,0 \pm 4,9$ N (S4) bei jedoch unterschiedlichen Zyklenzahlen zwischen 3.510 (S3) und 19.760 (S4) Zyklen. Bei Versuchsende lagen die Kräfte noch zwischen $16,4 \pm 5,2$ N (S3), $24,1 \pm 5,8$ N (S2).

In allen Serien zeigten die Patrizen nur sehr geringe Abrasionspuren. An den Lamellen der Matrizen waren geringe aber in den einzelnen Serien unterschiedliche Abnutzungsspuren sichtbar.

Schlüsselwörter: Kugelkopfattachment, Abzugskraft, implantatgestützte Prothese, Verschleiß

In vitro retention force changes of ball anchor attachments depending on divergences of implants. The aim of this study was, to evaluate the influence of divergences from vertical position between male part and female part of ball anchors on retention forces. Selected was the attachment system Dalbo Plus elliptic using specially produced male parts (based on the Dalbo-Rotex System) from titanium grade 4 KV (Cendres & Metaux, Switzerland).

Simulating a removable overdenture supported by two implants inserted in the anterior mandible, two male parts were fixed to metal dies and embedded in a metal cast at a distance of 35 mm. Four groups with 8 specimen each were fabricated using two vertical male parts (S1), one vertical and one at 20° angulated male part (S2), two at 20° angulated male parts (S3) and 2 vertical male parts with one vertical and one at 4° angulated female part (S4). All female parts were adjusted to a initial retention force of 8 ± 1 N and embedded into stylized acrylic full dentures. Implementing a resilient excentric fixation of the removable denture the specimen were tested using a chewing simulator with 8 trial cells (Willytec, Munich, FRG) during 50,000 vertical joining and separating movements at 0,5 Hz in water at 21 °C. After each joining movement an excentric load of 100 N was applied. The retention forces were measured using force transducers and registered simultaneously by means of a computer-supported system. After all the retention cycles the joining areas of male and female parts were analysed by scanning electron microscopy.

Mean initial forces were $17,3 \pm 2,9$ N (S1), $20,6 \pm 4,6$ N (S2), $19,3 \pm 3,3$ N (S3) and $15,1 \pm 4,7$ N (S4), respectively. All groups showed an increase of retention forces with mean maxima of $42,5 \pm 7,4$ N (S1), $45,6 \pm 8,7$ N (S2), $30,2 \pm 4,5$ N (S3) and $23,0 \pm 4,9$ N (S4), although based on different movement cycles between 3.510 (S3) and 19.760 (S4) cycles. Then a decrease of the retention forces to mean values from $16,4 \pm 5,2$ N (S3) to $24,1 \pm 5,8$ N (S2) at 50,000 cycles occurred. All groups showed negligible amounts of wear during the test.

Keywords: ball anchor, retention force, implant supported removable denture, wear

1 Einleitung

Bei der implantatgestützten Versorgung des zahnlosen Unterkiefers haben sich Kugelkopfattachments als einfache und kostengünstige Lösung insbesondere bei älteren Patienten bewährt [2, 6, 10, 15]. Vorteile sind zudem die guten Hygienemöglichkeiten und die leichte Ein- und Ausgliederung der Prothesen [3, 12].

Ferner wird von den Herstellern angegeben, dass mit der Kugelform der Patrizie Implantatdivergenzen in gewissem Umfang ausgeglichen werden können.

In der klinischen Anwendung zeigen sich aber häufig Veränderungen der anfänglichen Abzugskräfte. Beobachtet werden sowohl eine Abnahme als auch die Zunahme der Haltekraft. Durch Reibungskräfte in den Fügeflächen kommt es bei der Ein- und Ausgliederung der Prothese aber auch bei Mikrobewegungen unter kaufunktioneller Belastung zu oberflächlichen Verschleißerscheinungen an Patrizie und Matrize.

¹ Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Propädeutik und Werkstoffkunde
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
(Direktor: Prof. Dr. M. Kern)

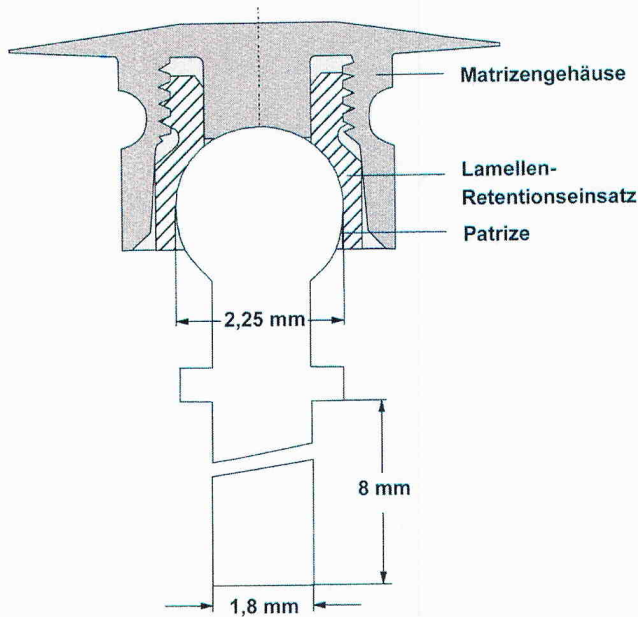


Abbildung 1 Schematische Darstellung des Kugelpfankersystems Dalbo Plus elliptic mit Titanpatrizen (Basis Dalbo-Rotex System).
Figure 1 Schematic diagram of the Dalbo ball anchor system with male part of Titanium (based on the Dalbo-Rotex System).

Es wurde deshalb eine Reihe von In-vitro-Studien zum Verschleißverhalten von Kugelpfankersystemen durchgeführt. Allerdings wurden überwiegend nur einzelne Attachments in unterschiedlichen Versuchsmodellen untersucht [5, 9, 11]. Bei Versorgungen mit mehreren Implantaten sind weitere Faktoren des Verschleißes anzunehmen. Insbesondere bei nur zwei interforaminär angeordneten Implantaten können die Kaukräfte ein Einsinken der Freundsättel und damit Rotationsbewegungen der Matrize auf den Kugelpfanken verursachen. Hinzu kommen die Zwangsführung durch die starke Einbindung der Matrizen in der Prothese sowie Divergenzen in den Implantatachsen.

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von Winkel-Divergenzen zwischen Patrizen und Matrizen auf das langfristige Verhalten der Abzugskräfte bei einer üblichen Kugelpfanker-Verankerung zu untersuchen. Im Versuchsaufbau sollten neben den Füge- und Lösebewegungen auch exzentrische Endlasten mit Simulation des Einsinkens eines Freindprothesensättels im gefügten Zustand berücksichtigt werden.

2 Material und Methode

Für die Untersuchung wurde das Attachmentsystem Dalbo-Plus elliptic (Cendres & Metaux, Biel, Schweiz) gewählt. Die Matrize besteht aus einem Titangehäuse mit einem verstellbaren Lamellenretentionseinsatz aus einer Edelmetalllegierung. Die Abzugskraft ist von ca. 2 bis ca. 12 N einstellbar. Die Patrizen wurden in Sonderanfertigung aus Titan Grade 4 KV (Basis Dalbo-Rotex System) hergestellt, da sich mit dieser Materialkombination in einer Vorstudie nur geringe Verschleißerscheinungen gezeigt hatten (Abb. 1)[9].

In Simulation einer auf 2 interforaminären Implantaten verankerten Freindprothese wurden mit Hilfe üblicher feinmechanischer Methoden stilisierte Modelle zur Aufnahme der Kugelverankerungen hergestellt.

Bei einem Mittenabstand der Patrizenhalter von 35 mm wurden in vier Serien unterschiedliche Divergenzwinkel zwischen Patrizen und Matrizen realisiert (Abb. 2):

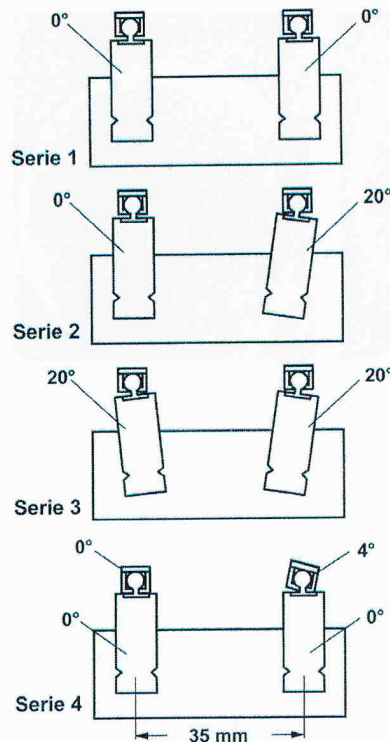


Abbildung 2 Schematische Darstellung der Patrizienwinkel in den Testserien 1 bis 4.
Figure 2 Schematic diagram of the angles of the male parts in test groups 1 to 4.

in Serie 1 Patrizendivergenzen von 0° / 0°, in Serie 2 Implantatdivergenzen von 0° / 20°, in Serie 3 Patrizendivergenzen von 20° / 20° und in Serie 4 Patrizendivergenzen von 0° / 0° bei Matrizendivergenzen von 0° / 4°. Die Patrizen wurden in Implantate simulierende zylindrische Halter mit dem Attachmentkleber Nimetic-Cem (3M Espe, Seefeld) eingeklebt.

Zur Ausbildung der Modellsockel wurden je 2 Patrizenhalter in den vorgegebenen Winkelstellungen in einer Silikonform an deren Basis bis zu einer Höhe von 16 mm mit dem niedrigschmelzenden Metall MCP 70 (HEK, Lübeck) umgossen. Als Matrizenhalter (Prothesen) wurden Acrylplatten der Dicke 5 mm verwendet und mit zwei Einfräsungen im Abstand von 35 mm versehen. Nach Einstellung einer Abzugskraft von (8 N) für alle Attachments wurden die Matrizen auf die Patrizen gefügt und in einer Hilfsapparatur in die Einfräsungen mit Nimetic-CEM senkrecht zur Modellsockelbasis spannungsfrei eingeklebt. Um Schaukelbewegungen zu ermöglichen, wurden die Matrizenhalterung über zwei Gummifedern (Schwingmetalle) gegenüber dem Kraftangriffspunkt von Füge- und Lösebewegungen beweglich gelagert (Abb. 3 A, B). Zudem bestand zwischen der Zentralachse der Patrizen und dem Füge-Löse-Angriffspunkten der Matrizenhalterung ein Abstand von 12 mm, um nach Fügung eine exzentrische Kraft auf die Kugelverankerung mit einer Abkippung ausüben zu können. Mittels eines Anschlages wurde ein Abkipppweg des Matrizenhalters von 0,2 mm eingestellt.

Für die 4 Serien wurden je 8 Prüfkörper hergestellt.

Die Versuchsdurchführung erfolgte in einem Kausimulator (Willytec, München). Der Simulator führte in 8 Kammern gleichzeitig parallele vertikale Füge- und Lösebewegungen aus. Mit in jedem der Führungstempel integrierten Kraftaufnehmern (U9B, Hottinger Baldwin, Darmstadt) und nachgeschalteten Messverstärkern (MGT 231, Hottinger Baldwin, Darmstadt) wurden die Füge- und Abzugskräfte kontinuierlich gemessen und mit digitaler Datenerfassung (DIAdem, National Instruments Germany, München) im PC simultan registriert. Die Dauer für einen Füge-Lösezyklus

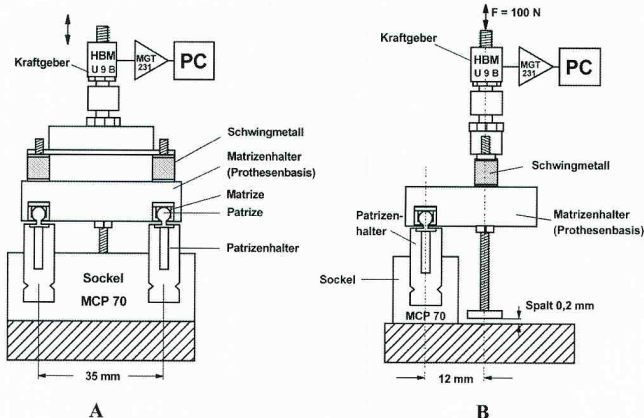


Abbildung 3 Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus.

A Frontalansicht, B Seitenansicht.

Figure 3 Schematic diagram of the experimental setup.

A frontal view, B side view.

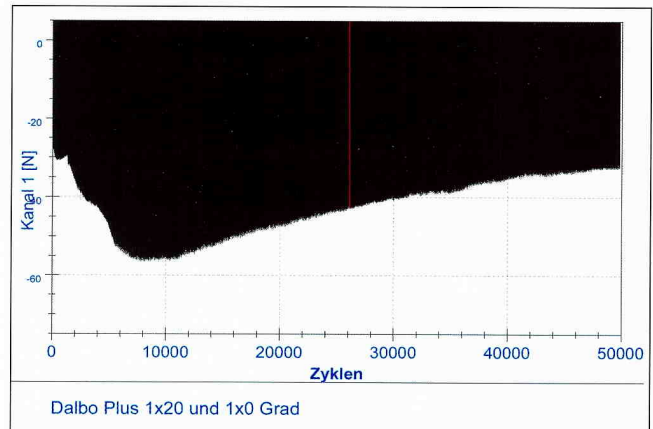


Abbildung 4 Beispiel eines Ausdrucks der Abzugskräfte für einen Prüfkörper der Serie 2.

Figure 4 Plot of the retention forces of a test specimen of group 2.

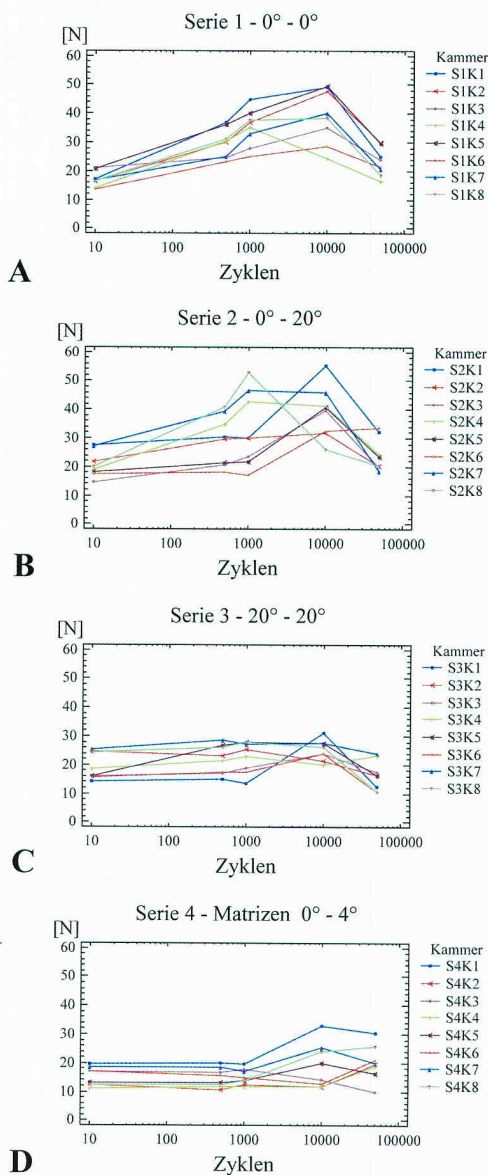


Abbildung 5 Verlauf der Abzugskräfte in N für alle Prüfkörper von Versuchsbeginn bis 50.000 Zyklen. A - Serie 1, B - Serie 2, C - Serie 3, D - Serie 4.

Figure 5 Progression of retention forces of all test specimens from start to 50,000 movement cycles. A - group 1, B - group 2, C - group 3, D - group 4.

betrug 2 Sekunden. Als exzentrische Endlast im gefügten Zustand wurden in Anlehnung an Belastungen bei funktionellen Kaubewegungen 100 N aufgebracht. Die Versuche erfolgten in Wasser bei Raumtemperatur ($20 \pm 2^\circ \text{C}$).

Je Messserie wurden 50.000 Füge-Lösezyklen durchgeführt.

Nach Beendigung der Messungen wurden die Kraftverlaufskurven ausgedruckt (Abb. 4). Die Hüllkurven wurden für alle Probekörper der vier Serien berechnet. Ferner wurden die Abzugskräfte bei Versuchsbeginn, nach 500, 1.000, 10.000 Füge-Lösezyklen und bei Versuchsende für die vier Systeme verglichen. Bestimmt wurden ferner die Maxima der Abzugskräfte und die zugehörigen Zyklenzahlen. Die Fügeflächen ausgewählter Patrizien und Matrizen wurden rasterelektronenmikroskopisch untersucht.

Die statistische Analyse erfolgte mit dem Programm Statgraphics Plus V4.1 auf einem Signifikanzniveau von 5 % (Varianzanalyse, multiple Mittelwertvergleiche).

3 Ergebnisse

Während der Versuchsdauer zeigten sich in den Serien unterschiedliche komplexe Änderungen der Abzugskräfte mit Abschnitten konstanter Kräfte, mit Bereichen der Kraftzunahme bis zu einem Maximum und anschließender Kraftabnahme.

In Serie 1 zeigten die Einzelkurven einen Anstieg der Abzugskräfte mit Maximalwerten zwischen 32,3 N und 51,9 N bei stark schwankenden Zyklenzahlen zwischen 1.045 und 10.000. Anschließend sanken die Abzugskräfte bis auf Werte zwischen 16,4 N und 30,1 N ab (Abb. 5 A). In der Mittelwertkurve ergaben sich ein Maximum von 42,5 N bei 4.860 Zyklen und ein mittlerer Endwert von 23,2 N bei 50.000 Zyklen (Tab. 1, Abb. 6).

Die Einzelkurven von Serie 2 zeigten eine stärkere Streuung als in Serie 1 mit einem Anstieg der Abzugskräfte mit Maximalwerten zwischen 31,6 N und 56,5 N bei stark schwankenden Zyklenzahlen zwischen 1.000 und 21.900. Anschließend nahmen die Abzugskräfte kontinuierlich bis auf Werte zwischen 18,4 N und 33,5 N ab (Abb. 5 B). Gemittelt ergaben sich das Maximum mit 45,6 N bei 7.608 Zyklen und ein Endwert von 24 N (Abb. 6).

Für Serie 3 ergab sich in den Einzelkurven ein geringerer Anstieg der Abzugskräfte mit Maximalwerten zwischen 25,2 N und 34 N bei schwankenden Zyklenzahlen zwischen 1.000 und 7.500. Anschließend nahmen die Abzugskräfte bis auf

Zyklen		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4
10	Mittelwert	17,3	20,6	19,3	15,1
	SD	2,9	4,6	4,7	3,3
500	Mittelwert	29,6	19,4	21,9	14,8
	SD	5,2	8,7	5,0	3,4
1.000	Mittelwert	34,9	33,0	22,6	15,1
	SD	6,4	12,8	5,4	2,8
10.000	Mittelwert	39,2	38,9	25,2	19,0
	SD	9,1	9,5	3,6	7,9
50.000	Mittelwert	23,2	24,1	16,4	20,2
	SD	4,9	5,8	5,2	5,9

Tabelle 1 Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) der Abzugskräfte in N bei 10, 500, 1.000, 10.000 und 50.000 Zyklen für die Serien 1 bis 4.
Table 1 Means and standard deviations of retention forces [N] for 10, 500, 1.000, 10.000 and 50.000 movement cycles for all groups

Kraftmaxima		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4
Kraft	Mittelwert	42,5	45,6	30,2	23,0
	SD	7,4	8,7	4,5	4,9
Zyklen	Mittelwert	4.859	7.608	3.560	19.758
	SD	3.327	6.864	2.196	19.509

Tabelle 2 Mittelwerte und Standardabweichung (SD) der maximalen Abzugskräfte in N und die zugehörigen Zyklenzahlen.
Table 2 Means and standard deviations of maximum retention forces [N] and of related movement cycles for all groups

Werte zwischen 10,5 N und 23,8 N ab (Abb. 5 C). Das mittlere Kraftmaximum betrug bei 3.560 Zyklen 30,2 N, der Endwert 16,4 N.

Die Einzelkurven von Serie 4 zeigten den geringsten Anstieg der Abzugskräfte mit Maximalwerten zwischen 17,7 N und 33 N bei stark schwankenden Zyklenzahlen zwischen 1.000 und 42.000. Bei Versuchsende lagen die Kräfte zwischen 10,1 N und 30,4 N (Abb. 5 D). In der Mittelwertskurve ergaben sich ein mittleres Maximum der Abzugskraft von 22,9 N bei 19.800 Zyklen und ein Endwert von 20,2 N.

Im Vergleich der Messserien waren die mittleren Kräfte nur teilweise signifikant unterschiedlich. Bei Versuchsbeginn ergaben sich nach 10 Füge-Löse-Zyklen mittlere Abzugskräfte zwischen 15,1 N in Serie 4 und 20,6 N in Serie 2 (Tab. 2). Dabei zeigten sich unterschiedliche Messwert-schwankungen innerhalb der Serien. Entsprechend resultieren Standardabweichungen zwischen 2,9 N (Serie 1) und 4,7 N (Serie 3). Statistisch signifikante Unterschiede waren im Paarvergleich nur für Serie 4 gegen Serie 2 und 3 gegeben ($p = 0,05$).

Im weiteren Verlauf unterschieden sich die Daten von Serie 1 und 2 ebenfalls nicht signifikant ($p = 0,05$). Bei 500, 1.000, 10.000 und 50.000 Zyklen war zwischen Serie 3 und 4 keine Signifikanz der Unterschiede gegeben, jedoch für beide Serien gegenüber den Serien 1 und 2 ($p = 0,05$).

Im Verschleißverhalten zeigten sich in Abhängigkeit von der Kippung der Patrizen Unterschiede. Bei senkrechter Stellung der Patrizen (0° in Serie 1, Serie 2 und Serie 4) zeigten sich nach Versuchsende Abrasionsspuren am Kugeläquator (Abb. 7A). Bei gekippten Patrizen (20° in Serie 2 und Serie 3) zeigten die Patrizen und die Lamellen der Matrizen

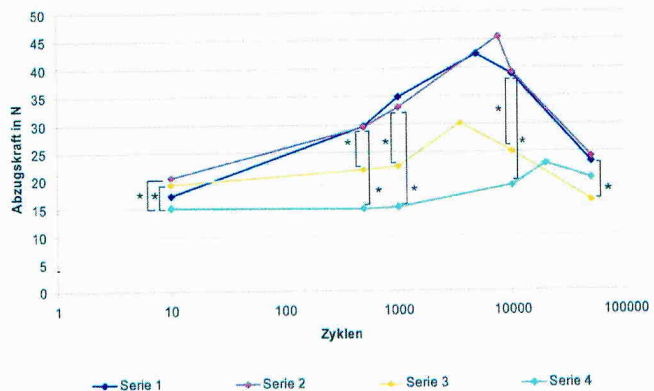


Abbildung 6 Mittelwertskurven der Abzugskräfte von Versuchsbeginn bis 50.000 Zyklen für die Serie 1 bis 4. Signifikante Unterschiede sind markiert (* $p < 0,5$).
Figure 6 Mean progression of retention forces from start to 50,000 movement cycles for groups 1 to 4. Significant differences are marked (* $p < 0,5$).

stärkere Abrasionsspuren zur gekippten Seite (Abb. 7B). In Serie 4 waren nach Versuchsende stärkere Abrasionsspuren an den Lamellen der gekippten Matrizen zu erkennen.

4 Diskussion

Eine Versuchsanordnung in Simulation einer bilateralen Freilandprothese mit zusätzlicher exzentrischer Endlast wurde gewählt, um Rotationsbewegungen um die Patrizen im gefügten Zustand, wie sie klinisch auftreten können, in die Abnutzungerscheinungen einzubeziehen. In Verschleißuntersuchungen an Attachments wird häufig die Versuchsdauer auf 10.000 Füge-Löse-Zyklen beschränkt. Diese Zahl entspricht bei einer dreimal täglich zur Mund- und Prothesenhygiene erfolgten Entfernung der Prothese der klinischen Tragedauer von ca. 9 Jahren [4]. Hier wurden die Versuche bis 50.000 Zyklen fortgeführt, um den Abrasions- und Kräfteverlauf auch für sehr lange Zeiträume zu erhalten.

Durchgeführt wurden die Versuche an dem Kugelpf-system Dalbo-Plus elliptic mit sondergefertigter Titanpatrizze (Basis Dalbo-Rotex System), da das langfristig günstige Retentions- und Verschleißverhalten durch Untersuchungen an einzelnen Attachments bekannt war und somit das Verhalten mehrerer Elemente in einer gemeinsamen „Prothese“ sowie bei Pfeilerdivergenzen vergleichend beurteilt werden konnte [9]. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass in dieser Studie die Summen der Abzugskräfte von 2 Attachments gemessen wurden und im Vergleich zu halbieren sind.

In allen Serien zeigte sich ein dem Verhalten einzelner Attachments ähnlicher Verlauf der Abzugskräfte bis zu einem Maximalwert und einer anschließenden Abnahme. Offensichtlich geht der Kraftanstieg 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.

In den Retentionswerten zeigten die Serien teilweise jedoch deutliche Unterschiede. Während sich in Serie 1 bei parallelen und in Serie 2 mit einem gekippten Pfeiler während des gesamten Versuches nahezu identische mittlere Verlaufskurven ohne signifikante Unterschiede ergaben, verliefen in Serie 3 mit 2 gekippten Pfeilern die Kräfte auf deutlich niedrigerem Niveau. Der Maximalwert betrug 30,2 N gegen-

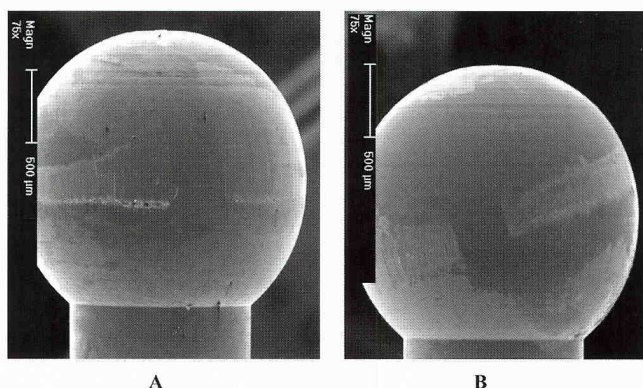


Abbildung 7 Typische Abrasionsspuren an den Patrizen. A - Patrizenwinkel 0°, B - Patrizenwinkel 20°.

Figure 7 Characteristic wear on the male parts of the ball anchors. A - angle of the male Part 0°, B - angle of the male part 20°.

über 42,5 N in Serie 1 und 45,6 N in Serie 2. Die Unterschiede sind signifikant ($p = 0,05$). Interessant ist, dass die mittleren Zyklenzahlen, bei denen die Maximalwerte erreicht wurden, sich für die drei Serien nicht unterscheiden ($p = 0,05$).

Eine Erklärung für die geringeren Kräfte in Serie 3 ist möglicherweise in der beidseitig unterschiedlichen Position der Retentionslamellen zu den herstellungsbedingten Mikrorauigkeiten an der Patrizenoberfläche im Vergleich zu der senkrechten Stellung zu sehen (siehe Abb. A und B). Die mittleren Kräfte in Serie 4 mit einer gekippten Matrizze zeigten insgesamt die größte Konstanz während der Versuchsdauer mit einem niedrigeren Maximum von 23 N. Der Unterschied zu den Serien 1, 2 und 3 ist signifikant ($p = 0,05$). Die mittlere Zyklenzahl ist hierbei mit 19.758 gegenüber den anderen Serien signifikant höher ($p = 0,05$).

Unabhängig von den unterschiedlichen Kurvenverläufen zeigten sich in allen Serien nach 50.000 Zyklen mittlere Abzugskräfte, die auf einem ähnlichen Niveau wie bei Versuchsanfang liegen. Halbiert man diese Werte, so kommt man auf Retentionswerte für das einzelne Attachment zwischen 8,2 N (S3) und 12 N (S2). Diese Abzugskräfte liegen in der Größenordnung der an Dalbo-Plus-Einzelverankerungen nach 50.000 Lastzyklen erhaltenen Abzugskräfte von 11,4 N [9]. Auch die Abrasionsspuren zeigen ein vergleichbares Muster.

Bisherige Verschleißuntersuchungen an Kugel- und Zylinderattachments zeigten ebenfalls ein komplexes Haltekraft- und Abrasionsverhalten, große Schwankung der Abzugskräfte und Brüche von Retentionselementen [4, 7, 9, 14]. Weitere Untersuchungen an Geschieben ergaben teilweise ebenfalls erhebliche Abrasionsverluste an den Gleitflächen insbesondere bei der Gleitreibung Metall gegen Metall [8].

Allerdings wurden diese Ergebnisse an einzelnen Attachments oder mit abweichenden Versuchsanordnungen erzielt und sind somit kaum mit den hier erzielten Werten vergleichbar, wenngleich sich teilweise ein qualitativ ähnlicher Verlauf der Abzugskräfte bei zunehmender Zyklenzahl zeigte [13].

5 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass sich die Kombination von 2 Kugelkopfattachments in einer Prothese sowie deren hier gewählte Pfeiler- und Matrizendivergenzen sich nicht negativ auf das langfristige Verhalten der Abzugskräfte und den Abrasionsfortschritt auswirken. Es scheint somit möglich, bei implantatgestützter Versorgung mit 2 interforaminären Implantaten auch bei Divergenzen der Implantatachsen von bis zu 20° mit Hilfe von Kugelkopfattachments der untersuchten Konstruktionsform bei geringer Variabi-

lität eine akzeptable Abzugskraft langfristig zu gewährleisten. Es bleibt aber die Frage, ob In-vitro-Versuche die beobachtete klinische Verschleißproblematik bei Attachments hinreichend widerspiegeln können.

Danksagung

Der Firma Cendres & Metaux (Biel, Schweiz) danken wir für die Unterstützung unserer Untersuchungen.

Literatur

1. Bayer S, Hültschmidt R, Grüner M, Utz K-H, Stark H, Bourauel C: Simulation und Analyse des Verschleißes von hybridprothetischen Verankerungselementen. Abstrakt, Dtsch Zahnärztl Z 58, D4-D5 (2003)
2. Besimo Ch E, Wiehl P, Demartines B: Betagte zahnlose Patienten und implantatgetragener Zahnersatz. Implantologie 4, 199-208 (1996)
3. Besimo Ch E: Prothetische Pfeiler nach Verlust der anatomischen Krone. Quintessenz 53, 725-737 (2002)
4. Besimo Ch E, Guarneri A: In vitro retention force changes of prefabricated attachments for overdentures. J Oral Rehabil 30, 671-678 (2003)
5. Epstein D, Epstein P, Cohen B, Pagnillo M: Comparison of the retentive properties of six prefabricated post overdenture attachment systems. J Prosthet Dent 82, 570-584 (1999)
6. Griebel M: Versorgungsmodalitäten im zahnlosen Unterkiefer. Dent Implantol 8, 14-21 (2004)
7. Koeck B, Grüner M, Werner B E: Vergleichende Untersuchung einiger vorgefertigter Verbindungselemente bei paraxialer Belastung. Dtsch Zahnärztl Z 48, 622-624 (1993)
8. Ludwig K, Kresse T, Kern M: In-vitro-Untersuchung zum Verschleißverhalten extrakoronaler Geschiebe mit und ohne Schubverteiler. Dtsch Zahnärztl Z 58, 597-600 (2003)
9. Ludwig K, Hartfil H, Kern M: Untersuchungen zum Verschleißverhalten von Kugelkopfattachments. Quintessenz Zahntech 31, 1074-1083 (2005)
10. Mericske-Stern R, Geering A: Implantate in der Totalprothetik. Schweiz Monatsschr Zahnmed 98, 871-875 (1988)
11. Petropoulos VC, Smith W, Kousvelari E: Comparison of retention and release periods for implant overdenture attachments. Int J Oral Maxillofac Implants 12, 176-185 (1997)
12. Richter E-R: Implantate als zusätzliche strategische Pfeiler bei herausnehmbaren Zahnersatz - Ein Therapiekonzept. Implantologie 11, 39-60 (2003)
13. Setz J, Lee S, Engel E: Retention of prefabricated attachments for implant stabilized overdentures in the edentulous mandible: An in vitro study. J Prosthet Dent 80, 323-329 (1998)
14. Wichmann M, Kuntze W: Vergleichende Untersuchung zum Verschleißverhalten konfektionierter Geschiebe. Dtsch Zahnärztl Z 53, 9, 628-632 (1998)
15. Wolf M: Versorgung der Unterkieferalveolarkammatrophie mit dem Camlog Implantatsystem - ein Fallbericht. Dent Implantol 5, 186-190 (2001)

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Klaus Ludwig
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Propädeutik
und Werkstoffkunde
Arnold-Heller-Str. 16
24105 Kiel
E-Mail: kludwig@proth.uni-kiel.de