

P. A. Ehrl, Freudenstadt*, und E. Dörre, Plochingen**

Transdentale Fixation mit monokristallinen Aluminiumoxidkeramikstiften

Aufbauend auf den Erfahrungen mit polykristallinen Aluminiumoxidkeramikstiften wurden monokristalline Stifte¹ entwickelt. Diese besitzen gegenüber der polykristallinen Form eine höhere Biegefestigkeit. Neben einer polierten Oberfläche konnte durch neuartige thermische Oberflächenbehandlung auch bei der monokristallinen Form eine Mikrorauhigkeit erreicht werden, die der Rauigkeit der polykristallinen Stifte nahekommt. Mit den neuen Keramikstiften ist eine längere transapikale Fixation möglich, können grazilere Stifte bei noch ausreichender Bruchfestigkeit hergestellt werden und wird eine den polykristallinen Stiften vergleichbare Oberflächenreaktion im biologischen Milieu zu erwarten sein.

1 Einleitung und Problemstellung

Die transdentale Fixation dient der Erhaltung von Zähnen, die durch Verlust an Alveolar-kammhöhe oder durch knochendestruierende apikale Veränderungen (Ostitis, Zyste etc.) eine Verlagerung des Drehpunktes nach koronal erfahren haben. Durch die künstliche Verlängerung dieser Zähne erreicht man eine Apikalverlagerung dieses Drehpunktes und damit eine bessere Prognose. Die Prinzipien der transdentalen Fixation sind bekannt und wurden von Wirz [11] ausführlich beschrieben.

Al₂O₃-Keramiken sind biokompatibel [2, 5, 9]. Kirschner führte das auto-alloplastische Re-plantationsverfahren ein, bei dem ebenfalls oxidkeramische Stifte Anwendung finden; die histologischen Befunde bestätigen die zuvor erwähnten Untersuchungen [7]. Es lag daher nahe, das Material zur transdentalen Fixation zu benutzen, zumal es in der Form enossaler Implantate vielfach angewandt wird [3].

Hochwertige Aluminiumoxidkeramik besteht zu etwa 99,7% aus Aluminiumoxid und erreicht heute bereits in der polykristallinen Form mechanische Eigenschaften metallischer Werkstoffe [1, 4]. Monokristalline Formkörper werden bei etwa 2500 °C aus einer Schmelze gezogen und anschließend mit Diamantwerkzeugen bearbeitet, um die gewünschten Formen und Abmessungen zu erhalten. Bei diesem Vorgang entstehen auf der Oberfläche zahlreiche Mikrorisse und andere Fehler, welche die mechanische Festigkeit erheblich reduzieren. Um diese festigkeitsmindernden Fehlstellen zu eliminieren und damit die Festigkeit signifikant zu erhöhen, muß die Oberfläche chemisch oder thermisch poliert werden. Dabei entsteht im allgemeinen eine sehr glatte Oberfläche, die für die Knochenadaptation ungünstig ist. Bei der Herstellung der polykristallinen Formkörper aus Aluminiumoxid wird der Ausgangsstoff hingegen unter hohem Druck komprimiert und dicht unter dem Schmelzpunkt versintert [4]. Dabei erreicht man zwar nur 50% der Festigkeitswerte des monokristallinen Materials, das man auch als synthetischen Saphir bezeichnen kann, jedoch weist die Oberfläche eine Mikrorauhigkeit auf, die für die Knochenadaptation günstig ist [7, 9].

Es bestand also die Forderung: 1. die Biegefestigkeit der keramischen Stifte zu verbessern, insbesondere für Stifte, die weit über den Apex hinaus den Zahn verlängern sollen; 2. eine günstige Oberflächenstruktur zu erhalten.

* Karl-von-Hahn-Str. 28, 7290 Freudenstadt.

** Fabrikstraße, 7310 Plochingen.

¹ Hersteller: Feldmühle AG, Plochingen.

2 Material und Methode

Zur Verfügung standen aluminiumoxidkeramische Stifte in vier verschiedenen Ausführungen: polykristalline Stifte sowie monokristalline Stifte mit geschliffener, polierter und strukturierter Oberfläche. Die axiale Druckfestigkeit der Stifte wurde nicht überprüft, da sie bereits bei der polykristallinen Form mit 5000 N/mm² so hoch ist, daß sie keine Probleme aufwirft. Da jedoch die Biegefestigkeit bei dünnen Stiften kritisch ist, wurde sie bei den vier beschriebenen Stiftvariationen untersucht. Des weiteren wurde die Mikrorauigkeit bestimmt.

Die als günstigste Materialform gefundenen monokristallinen Aluminiumoxidkeramikstifte mit strukturierter Oberfläche wurden in 20 Fällen klinisch eingesetzt. Dazu wurden zunächst die Wurzelkanäle der Zähne auf herkömmliche Art aufbereitet und eine Wurzelspitzenresektion durchgeführt. Die weitere Aufbereitung auf den Stiftdurchmesser von 2, 2,5 oder 3 mm erfolgte mit den innengekühlten Schaftlochbohrern, wie sie von *Kirschner* [7, 8] angegeben wurden. Zu replanzierende Zähne wurden zunächst extrahiert, im tisa-holdent-Gerät fixiert und dementsprechend versorgt.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Biegefestigkeitsversuche sind in Tab. 1 zusammengefaßt. Nimmt man den Wert von 600 N/mm² für polykristalline Aluminiumoxidkeramik als Ausgangswert, so erreicht die monokristalline Keramik, die lediglich formgeschliffen ist, nur die Hälfte dieses Wertes, nämlich 300 N/mm². Erst durch die weitergehende Oberflächenbearbeitung werden die für die monokristalline Keramik typischen hohen Biegefestigkeitswerte erreicht. Diese betragen bei polierter Oberfläche 1200 N/mm² und bei strukturierter Oberfläche 1050 N/mm².

Die Untersuchung der mittleren Oberflächenrauigkeit (Tab. 1) ergab interessante Unterschiede. So war dieser Wert mit 0,5 µm bei der geschliffenen monokristallinen Keramik immerhin noch halb so groß wie bei dem polykristallinen Material mit 1,0 µm. Durch Politur der Oberfläche, die einzige bisher bekannte Form der Oberflächenbearbeitung, verringerte sich die Oberflächenrauigkeit erheblich auf 0,02 µm. Durch die Strukturierung

Tabelle 1. Biegefestigkeit und mittlere Oberflächenrauigkeit von monokristalliner Aluminiumoxidkeramik

	Biegefestigkeit (N/mm ²)	Mittlere Oberflächenrauigkeit (µm)
monokristallines Al ₂ O ₃ geschliffene Oberfläche	300	0,5
monokristallines Al ₂ O ₃ polierte Oberfläche	1200	0,02
monokristallines Al ₂ O ₃ strukturierte Oberfläche	1050	0,8
polykristallines Al ₂ O ₃	600	1,0

der Oberfläche ließen sich Werte erreichen, die im Mittel mit 0,8 µm der Oberflächenrauigkeit der polykristallinen Form nahezu gleichkommen.

Die klinische Anwendung gestaltete sich problemlos. Nachdem der durch die Oberflächenbearbeitung eintretende Schwund bekannt war, konnte der Durchmesser der Stifte so genau bestimmt werden, daß das genormte Instrumentarium Anwendung finden konnte. Die höhere Biegefestigkeit der monokristallinen Aluminiumoxidkeramikstifte erlaubte erstmals eine weitergehende transdentale Fixation bis in die Gegenkortikalis, womit der größtmögliche Effekt dieser Behandlungsmethode erreicht wird. Bei keinem der 20 eingesetzten Stifte wurde eine Abstoßungsreaktion beobachtet. Das klinisch und röntgenologisch beobachtete Verhalten entsprach dem bei der polykristallinen Form. Die Beobachtungszeit beträgt 18 Monate. Wegen der geringen Anzahl und der kurzen Beobachtungszeit wird auf statistische Angaben verzichtet. Dies wird zu einem späteren Zeitpunkt nachgeholt.

4 Diskussion

Die von *Kawahara* für polierte monokristalline Al₂O₃-Keramik gefundene hohe Biegefestigkeit konnte annähernd bestätigt werden (1300 N/mm²); [6]. Dies erlaubt erstmals die Anwendung keramischer Stifte mit relativ ge-

ringem Durchmesser zur transdentalen Fixation auch weit über den Apex dentis hinaus. Die Strukturierung der Oberfläche erlaubt es, die hohe Festigkeit des monokristallinen Materials und die Mikrorauigkeit des polykristallinen Materials zu kombinieren. Aus den bekannten Daten über die Oberflächenbeschaffenheit des polykristallinen Materials [5] läßt sich theoretisch eine andere Knochenadaptation ableiten, als dies mit poliertem monokristallinen Material, welches ebenfalls zur transdentalen Fixation vorgeschlagen wurde [10], möglich ist. Zur Klärung der Frage, ob die Oberflächenrauigkeit oder die kristallographische Anordnung der Aluminiumoxidmoleküle einen Einfluß auf die Knochenadaptation besitzen, wären vergleichende histologische Untersuchungen mit den vier möglichen Varianten des Materials (rauh, poliert, monokristallin, polykristallin) erforderlich. Die monokristalline Aluminiumoxidkeramik erreicht mit polierter und strukturierter Oberfläche Festigkeitswerte, die die Anwendung dünnerer und längerer Stifte ermöglicht, als dies mit der polykristallinen Keramik möglich war. Damit eignet sie sich besser zur transdentalen Fixation.

Summary

Based on the experience gained with polycrystalline aluminium oxide ceramic pins monocrystalline pins were developed. Compared with the polycrystalline form these pins have a higher bending strength. Apart from a polished surface finish also a micro-scale roughness could be achieved by using a new thermal surface treatment procedure, which is similar to the surface roughness of polycrystalline pins. With these new ceramic pins a longer transapical fixation is feasible and even finer pins still have an adequate resistance to breakage. In a biological environment the surface reactions are expected to be comparable to those of polycrystalline pins.

Literatur

1. Dörre, E., Beutler, H., Geduldig, D.: Anforderungen an oxidkeramische Werkstoffe als Biomaterial für künstliche Gelenke. Arch Orthop Unfallchir 83, 269 (1975).
2. Ehrl, P. A., Reuther, J., Frenkel, G.: Al₂O₃-ceramic as material for dental implants. Int J Oral Surg 10, Suppl 1, 93 (1981).
3. Ehrl, P. A.: Systematisches Vorgehen bei enossalen Keramikimplantaten. Zahnärztl Welt 91, 20 (1982).
4. Held, K., Reckziegel, A.: Oxidkeramik. Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, Band 17, 515, Verlag Chemie GmbH, Weinheim 1979.
5. Hulbert, S. F., Morrison, S. J., Klawitter, J. J.: Tissue Reaction to Three Ceramics of Porous and Nonporous Structures. J Biomed Mater Res 6, 347 (1972).
6. Kawahara, M., Hirabashi, M., Shikita, T.: Single crystal alumina for dental implants and bone screws. J Biomed Mater Res 14, 597 (1980).
7. Kirschner, H., Bolz, U., Hüttemann, R. W., Meinel, W., Sturm, J.: Eine neue Methode kombinierter autoplastischer Zahnreplantation mit partieller Al₂O₃-Keramikwurzel. Dtsch Zahnärztl Z 33, 594 (1978).
8. Kirschner, H., Bolz, U., Michel, G.: Thermometrische Untersuchungen mit innen- und ungekühlten Bohrern an Kieferknochen und Zähnen. Dtsch Zahnärztl Z 39, 30 (1984).
9. Krempien, B., Schulte, W., Kleinekenscheidt, H., Lindner, K., Schareyka, R., Heimke, G.: Lichtoptische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an der Grenzfläche von Implantaten aus Aluminiumoxid-Keramik im Unterkieferknochen von Hunden. Dtsch Zahnärztl Z 33, 332 (1978).
10. Mrochen, N., Tetsch, P.: Die transdentale Fixation mit Stiften aus monokristalliner Aluminiumoxidkeramik (Bioceram). Quintess Zahnärztl Lit 2127 (1983).
11. Wirz, J.: Die Transfixation im Dienste der Teilprothetik. Quintessenz Verlag, Berlin 1983.

*Anschrift der Verfasser: Dr. Dr. P. A. Ehrl,
Karl-von-Hahn-Str. 28, D-7290 Freudenstadt.*

*Dr. rer. nat. E. Dörre,
Fabrikstraße, D-7310 Plochingen.*