

Vergleich des Ermüdungsverhaltens von Lithiumdisilikatkeramiken und 5Y-TZP Zirkonoxidkeramik

Einleitung

In der Zahnheilkunde ist die Auswahl des geeigneten Werkstoffs entscheidend für den Erfolg von Restaurationen. Da gewählte Materialien beeinflussen nicht nur die Funktionalität, sondern auch die Ästhetik der Restaurationen. Lithiumdisilikatkeramiken haben sich aufgrund ihrer hervorragenden ästhetischen Merkmale und mechanischen Eigenschaften als beliebte Wahl etabliert. Ihre hohe Transluzenz und Opaleszenz machen sie besonders geeignet für ästhetische Anwendungen im sichtbaren Bereich. Im Gegensatz dazu bietet Zirkonoxid eine bemerkenswerte mechanische Stabilität. Die 5Y-TZP Zirkonoxidkeramik gilt als eines der transluzentesten Zirkonoxide, hat jedoch im Vergleich zu anderen Modifikationen geringere mechanische Eigenschaften und ist daher nicht für Brücken im Seitenzahnbereich zugelassen. Eine aktuelle internationale Studie, durchgeführt von der Universität Bern, der LMU München und der Biruni Universität Istanbul, untersucht das Ermüdungsverhalten verschiedener gepresster Lithiumdisilikatkeramiken im Vergleich zu einer 5Y-TZP Zirkonoxidkeramik.

In den letzten drei Jahrzehnten haben Lithiumdisilikatkeramiken zunehmend an Bedeutung gewonnen, was durch eine Umfrage unter Zahnärzten belegt wird: 54 % der Befragten wählten Lithiumdisilikatkeramiken für ästhetische Restaurationen im Frontzahnbereich^[1]. Diese Tendenz hat zur Entwicklung einer Vielzahl von Lithiumdisilikatkeramiken mit unterschiedlichen Eigenschaften und kristallinen Strukturen geführt, insbesondere nach dem Ablauf des Patents des ursprünglichen Herstellers (Ivoclar AG).

Alle gepressten Lithiumdisilikatkeramiken gehören zur Obergruppe der Lithiumsilikatkeramiken. Im Gegensatz dazu werden fräsbare Keramiken in verschiedene Untergruppen wie Lithiumdisilikat, Lithiummetasilikat, Lithiumaluminosilikat und Lithiumdi/aluminosilicat eingeteilt^[2].

Gepresste Lithiumdisilikatkeramiken zeigen höhere mechanische Eigenschaften^[3] und Überlebensraten^[4] im Vergleich zu gefrästen Varianten. In der Regel werden dentale Keramiken unter standardisierten statischen Tests untersucht, die jedoch nicht die dynamischen intraoralen Bedingungen simulieren, die aus wiederholten Kaudruckkräften in einer feuchten Umgebung bestehen. Dies ist besonders wichtig bei der Bewertung der langfristigen Leistung von Keramiken, da Materialversagen häufig auf das Wachstum von Rissen unter wiederholten zyklischen Belastungen zurückzuführen ist.

Physiologische Kaudruckkräfte liegen zwischen 30 N und 640 N, während die Anzahl der Kauzyklen zwischen 800 und 1400 pro Tag variiert^[5]. Es sollte jedoch betont werden, dass diese Werte Durchschnittswerte sind und sowohl die Kauhäufigkeit als auch der maximale Druck variieren können. Die Prüfung von Prüfkörpern unter zyklischer Belastung stellt eine praktikable Methode dar, um das Ermüdungsverhalten eines Materials zu bestimmen; allerdings werden zyklische Belastungstests normalerweise über eine bestimmte Anzahl von Zyklen durchgeführt, was zeitaufwendig ist.

Beschleunigte Lebensdauertests wie der Schrittbelastungstest könnten effizienter sein, um die Zuverlässigkeit zahnmedizinischer Keramiken

zu bewerten, da niedrigere Lasten als bei statischen Tests angewendet werden. Diese Methoden berücksichtigen das subkritische Risswachstum von Keramiken – ein klinisch relevantes Kriterium für die Prognose von Restaurationen^[6].

Obwohl die mechanischen Eigenschaften gepresster Lithiumdisilikatkeramiken bereits untersucht wurden, gibt es nur wenige Studien zum Ermüdungsverhalten dieser Materialien untersucht mittel Dauerlastmethode. Zudem beschränkten sich frühere Studien meist auf eine einzige Art von Lithiumdisilikatkeramik und verglichen nicht verschiedene dynamische Belastungsprotokolle. Daher fehlt es an Wissen darüber, wie unterschiedliche dynamische Belastungsprotokolle das Ermüdungsverhalten neu eingeführter gepresster Lithiumdisilikatkeramiken beeinflussen.

Die vorliegende Studie zielt darauf ab, das Ermüdungsverhalten und die Biegefestigkeit verschiedener gepresster Lithiumdisilikatkeramiken unter verschiedenen Belastungsprotokollen zu untersuchen und diese mit einer 5 mol% Yttrium-stabilisierten Zirkonoxidkeramik (5Y-TZP) zu vergleichen, welche aufgrund ihres erhöhten kubischen Anteils verbesserte Transparenz aufweist.

Untersuchte Materialien

In dieser umfassenden Studie wurden insgesamt 324 barförmige Prüfkörper aus fünf verschiedenen gepressten Lithiumdisilikatkeramiken sowie einer 5Y-TZP Zirkonoxidkeramik hergestellt. Die getesteten Lithiumdisilikatkeramiken umfassen:

- Amber Press HT R10/A2, HASSBio, Kangneung, Korea
- Celtra Press HT 12, Dentsply Sirona, Hanau, Deutschland
- Initial LiSi Press LT-A2, GC Europe, Leuven, Belgien
- IPS e.max Press HT A2, Ivoclar AG, Schaan, Liechtenstein
- Livento Press MT A2, Cendres + Métaux, Biel, Schweiz

Als Kontrollgruppe diente eine 5Y-TZP Zirkonoxidkeramik Ceramill Zolid fx ML A2/A3, Amann-Girrbach, Mäder, Österreich.

Prüfkörper Herstellung

Die zu pressenden Prüfkörper wurden im ersten Schritt aus einer Wachsronde (Ceramill WAX, Amann Girrbach AG) mithilfe einer fünfschichtigen Fräseinheit (Ceramill Motion 2) gefräst (30 × 4 × 3 mm). Dann wurden pro Muffel drei Wachsprüfkörper angestiftet und anschließend mit der jeweiligen Einbettmasse der Lithiumdisilikatkeramikhersteller eingebettet. Nach dem Abbinden wurden die Muffeln für 60 Minuten auf 860 °C gehalten und anschließend in einem Keramikpressofen (Austromat 654 press-i-dent) mit der jeweiligen Keramik gepresst. Nach dem Abkühlen wurden die Prüfkörper ausgebettet und sandgestrahlt, um sie von der Einbettmasse zu befreien.

Die formkonforme Zirkonoxidprüfkörper wurden ebenfalls gefräst und anschließend nach Herstellerangaben gesintert.

Um das Ermüdungsverhalten zu testen, wurden zunächst statische Bruchlasttests durchgeführt gemessen. Sechs Prüfkörper jedes Materials wurden getestet; die Startlast wurde auf 30% ihrer Festigkeit definiert. Anschließend wurden die verbliebenen 48 Prüfkörper jedes Materials in drei Gruppen unterteilt und dynamischen Belastungen ausgesetzt. Die Belastungsprotokolle umfassten:

Protokoll 1:

Erhöhung der Startlast um 50 N alle 5000 Zyklen.

Protokoll 2:

Erhöhung der Startlast um 5 % alle 5000 Zyklen.

Protokoll 3:

Erhöhung der Startlast um 10 N alle 1000 Zyklen.

Für die dynamischen Tests kam dasselbe Prüfgerät zum Einsatz, wobei eine Frequenz von 10 Hz bis zum Versagen angewendet wurde. Die Vierpunkt-Biege-Festigkeit wurde berechnet.

Diese methodische Herangehensweise ermöglichte es uns, das Ermüdungsverhalten der verschiedenen Keramiken unter realistischen Be-



Bildquelle: © ZTM Stefan Roozen

dingungen zu bewerten und wertvolle Erkenntnisse über ihre Leistungsfähigkeit im klinischen Einsatz zu gewinnen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie zeigten signifikante Unterschiede zwischen den getesteten Materialien hinsichtlich ihrer Stabilität und der Anzahl der Belastungszyklen bis zum Versagen. Die Zirkonoxidkeramik wies mit einer durchschnittlichen statischen Bruchlast von 1223 N die höch-

sten Werte auf – ein Ergebnis, das mit früheren Studien übereinstimmt. Im Vergleich dazu lagen die Werte für die Lithiumdisilikatkeramiken wie folgt: Livento Press mit 492 N, Initial LiSi Press mit 573 N, Celtra Press mit 617 N, Amber Press mit 669 N und IPS e.max mit 677 N.

Alle getesteten Materialien erzielten jedoch Festigkeitswerte von über 100 MPa – dies gilt als Mindestwert für adhäsiv befestigte monolithische Einzelzahnrestorationen. Somit können alle in dieser Studie geprüften Werkstoffe beden-

kenlos für Einzelzahnrestaurationen verwendet werden.

Die Analyse zeigte zudem: Das zweite Belastungsprotokoll war bei den Lithiumdisilikatkeramiken am vorteilhaftesten; es führte zur höchsten Anzahl an Zyklen bis zum Versagen ($P \leq 0.041$). Bei Betrachtung aller Daten hatte das Zirkonoxid insgesamt die höchste Anzahl an Zyklen bis zum Versagen ($P < 0.001$), während IPS e.max Press und Amber Press ebenfalls höhere Werte als Celtra Press aufwiesen ($P \leq 0.010$).

Fraktografische Analysen bestätigten korrekte

Testbedingungen: Risse begannen an der Zugseite; Kompressionswellen waren deutlich sichtbar auf der gegenüberliegenden Seite.

Bedeutung für die Praxis

Für Zahntechniker und Zahnärzte ist es entscheidend, die unterschiedlichen Eigenschaften der verfügbaren Keramik zu verstehen. Die Wahl des richtigen Materials kann maßgeblich den langfristigen Erfolg einer Restauration beeinflussen – was letztendlich die Zufriedenheit des Patienten betrifft.

Diese Studie verdeutlicht, dass gepresste Lithiumdisilikatkeramiken eine hervorragende Option darstellen – insbesondere, wenn man ihr Ermüdungsverhalten unter realistischen Bedingungen, wie etwa in Dauerlastprüfungen, berücksichtigt.

Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass zukünftige Forschung notwendig ist, um das Ermüdungsverhalten von Lithiumdisilikatkeramiken weiter zu untersuchen. Insbesondere solche Studien durchgeführt werden, die gepresst und geschliffen Keramiken vergleichen oder unter verschiedenen Belastungsprotokolle anwenden.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Gepresste Lithiumdisilikatkeramiken sind nicht nur ästhetisch ansprechend; sie bieten auch ausreichend mechanisch Stabilität für den Einsatz als Einzelzahnrestaurationen. Indem wir uns auf solche Studien stützen und deren Ergebnisse in unsere Materialwahl einfließen lassen, können wir sicherstellen, dass unsere Patienten die bestmögliche Versorgung erhalten.

Darüber hinaus müssen wir uns bewusst sein, dass auch die Be- und Verarbeitung sowie die Befestigung eine entscheidende Rolle für die Gesamtstabilität der Restauration spielen. Hierbei ist es unerlässlich, nicht nur die Herstellerangaben während der Herstellung der Restauration zu beachten, sondern auch eine offene Kommunikation und einen aktiven Wissensaustausch zwischen Zahntechniker und Zahnarzt zu fördern. Nur so können wir gemeinsam optimale Ergebnisse erzielen, die Reklamationen minimieren und das Vertrauen unserer Patienten stärken.

Literatur

1. Makhija SK, Lawson NC, Gilbert GH, Litaker MS, McClelland JA, Louis DR, et al. Dentist material selection for single-unit crowns: Findings from the national dental practice-based research network. *J Dent* 2016;55:40–7. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.09.010>.
2. Stawarczyk B, Meinen J, Wuerschling SN. Two-body wear of novel monolithic lithium-silicate ceramic materials and their corresponding different antagonists. *J Dent* 2024;144:104952. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104952>.
3. Lubauer J, Belli R, Peterlik H, Hurle K, Lohbauer U. Grasping the Lithium hype: Insights into modern dental Lithium Silicate glass-ceramics. *Dent Mater* 2022;38:318–32. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.12.013>.
4. Schestatsky R, Zucuni CP, Venturini AB, de Lima Burgo TA, Bacchi A, Valandro LF, et al. CAD-CAM milled versus pressed lithium-disilicate monolithic crowns adhesively cemented after distinct surface treatments: Fatigue performance and ceramic surface characteristics. *J Mech Behav Biomed Mater* 2019;94:144–54. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.03.005>.
5. DeLong R, Douglas W. Development of an artificial oral environment for the testing of dental restoratives: bi-axial force and movement control. *J Dent Res* 1983;62:32–6. <https://doi.org/10.1177/00220345830620010801>.
6. Borba M, Cesar PF, Griggs JA, Della Bona A. Step-stress analysis for predicting dental ceramic reliability. *Dent Mater* 2013;29:913–8. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.05.009>.

Der Originalstudie ist hier zu finden: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564124003415?via%3Dihub> (Short-Link: <https://t1p.de/duw8e>)

Buser R, Dönmez MB, Hoffmann M, Hampe R, Stawarczyk B. Fatigue behavior and reliability of pressed lithium disilicate ceramics compared to 5Y-TZP zirconia under different loading protocols. *Dent Mater* 2025;41(2):134-140.