

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungsgruppen

Einer Kontrollgruppe mit natürlichen Molaren (Gruppe 1) wurden vier Versuchsgruppen gegenübergestellt, die nach klassischer Präparation mit einer IPS Empress 2-Keramikkrone versorgt wurden, wobei der Einfluss einer Alterung durch thermische Wechselbelastung (ohne Alterung: Gruppe 2 und 3; mit Alterung: Gruppe 4 und 5) sowie des Befestigungszementes (Kompositbefestigungsmaterial: Gruppe 2 und 4; Zinkphosphatzement: Gruppe 3 und 5) untersucht wurde (Tab. 3).

Gruppe 1 (n = 50)	natürliche Molaren (Kontrollgruppe)
Gruppe 2 (n = 10)	IPS Empress 2-Keramik ohne Alterung, mit Kompositbefestigungsmaterial befestigt
Gruppe 3 (n = 10)	IPS Empress 2-Keramik ohne Alterung, mit Zinkphosphatzement befestigt
Gruppe 4 (n = 10)	IPS Empress 2-Keramik mit Alterung, mit Kompositbefestigungsmaterial befestigt
Gruppe 5 (n = 10)	IPS Empress 2-Keramik mit Alterung, mit Zinkphosphatzement befestigt

Tab. 3: Untersuchungsgruppen

3.2 Durchführung der Untersuchung

3.2.1 Vorbereitung der Zähne

Für die Versuchsreihe wurden 90 extrahierte, möglichst kariesfreie, menschliche Molaren der zweiten Dentition ausgewählt, die nach der Extraktion in 20%igem Alkohol gelagert wurden. Bei der Auswahl der Zähne wurden kleinere kariöse Läsionen nur

akzeptiert, wenn sie in die nachfolgende Kronenpräparation mit einbezogen werden konnten.

Die Zähne wurden mit Skalpell, Scaler und Kürette von Zahnstein und desmodontalen Geweberesten befreit und anschließend mit einer rotierenden Bürste und Bimssteinpaste schonend poliert. Die gesäuberten Zähne wurden in einem Eiswürfelformer mit der Wurzelspitze nach unten aufgestellt, mit Wachs fixiert und mit Epoxidharz gesockelt, wobei das Epoxidharz bis ca. 2 mm unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze aufgefüllt wurde. Nach Aushärtung des Epoxidharzes wurden die gesockelten Zähne aus dem Eiswürfelformer entnommen (Abb. 1). Abschließend wurde mit einem Kugeldiamanten auf dem Epoxidharzsockel eine fortlaufende Probennummer eingefräst.



Abb. 1: Mit Epoxidharz gesockelter Molar

3.2.2 Präparation der Kronen

Bei den 40 Zähnen der Versuchsgruppen 2 bis 5 erfolgte eine Präparation zur Aufnahme einer Keramikkrone. An den 50 natürlichen Molaren der Kontrollgruppe 1

wurde keine Präparation vorgenommen, da die Bruchfestigkeit natürlicher Zähne unter physiologischen Bedingungen als Vergleichswert dienen sollte.

Vor Beginn der Kronenpräparation wurden die Zähne in Anlehnung an das klinische Vorgehen zunächst mit einer fluoridfreien Paste und einem Gummikelch poliert. Für die Kronenpräparation war eine zirkulär stark ausgeprägte Hohlkehle ohne Abschrägung bzw. eine zirkuläre Schulterpräparation ohne Abschrägung vorgesehen (Abb. 2, oben links). Dazu wurden torpedoförmige Präparierdiamanten im obersten Drehzahlbereich mit Wasserkühlung verwendet. Um einen gleichmäßigen Materialabtrag zu gewährleisten, wurden vor Beginn der Präparation Silikonschlüssel der zu präparierenden Zähne angefertigt.

3.2.3 Herstellung der IPS Empress 2-Kronen

Zur Herstellung der Kronen aus IPS Empress 2 wurden die präparierten Zähne im Korrekturverfahren mit Silikon abgeformt und mit Superhartgips ausgegossen. Als Distanzlack wurde ein Silberlack bis 1 mm vor der Präparationsgrenze zweimal aufgetragen (Abb. 2, oben rechts). Auf den so hergestellten Gipsmodellen der präparierten Pfeiler wurde eine Kronenmodellation in Wachs angefertigt. Die Modellation der okklusalen Fläche war der des natürlichen, menschlichen Zahnes angenähert. Es wurden drei Höckerkegel modelliert, wobei die Höckerabhänge einen Winkel von 45° zur Okklusionsebene hatten. Über diese Modellation wurde ein Silikonschlüssel angefertigt, der zur Anfertigung von standardisierten Kauflächen in einer Stärke von 2,0 mm diente. Diese fanden bei der Modellation der anderen Kronen Verwendung, indem sie jeweils okklusal auf dem Kronenstumpf festgewachst wurden. Ausgehend von dieser standardisierten Kaufläche erfolgte dann die Modellation des Kronenkörpers.

Die Wachsmodellationen wurden mit einem 3 mm Rundprofilwachs in einem Winkel von ca. 45° zum Pfeilerzahn sowie an der Muffelbasis in Fließrichtung der Keramik angestiftet. Auf die Muffelbasis wurde eine Papiermanschette gesetzt, die mit einem Muffelring stabilisiert wurde. Anschließend wurde mittels Einbettmasse unter Vaku-

um eingebettet. Die weitere Fertigstellung der Empress-Kronen erfolgte entsprechend der Herstellerangaben für das IPS Empress 2-System. Abweichend hiervon war die gesamte Krone aus Wachs modelliert und auf die Verblendung verzichtet worden. Es wurde lediglich ein Glanzbrand durchgeführt, damit bei den folgenden Bruchfestigkeitsmessungen die Kronen nicht im Bereich der geschichteten Keramik frakturieren und das Ergebnis verfälschen konnten (Abb. 2, unten).



Abb. 2:
oben links: Gesockelter Molar nach Präparation
oben rechts: Modellstumpf aus Superhartgips mit Distanzlack
unten: Fertiggestellte IPS Empress 2-Krone

3.2.4 Zementierung der IPS Empress 2-Kronen

Die Kronen der Gruppe 2 und 4 wurden mittels eines Kompositbefestigungsmaterials (Variolink 2, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) adhäsiv befestigt. Die Kronen der Gruppe 3 und 5 wurden unter Verwendung von herkömmlichem Zink-

phosphatzement (Harvard, Richter & Hoffmann, Berlin) auf den Kronenstumpf zementiert.

Die Zähne der Gruppen 2 und 4 wurden 21 Tage in destilliertem Wasser gelagert, da es in der Mundhöhle durch Wasseraufnahme des Kunststoffes zu einer hygroskopischen Expansion der Komposit-Interfaces kommt.

3.2.5 Alterung der IPS Empress 2-Kronen durch thermische Wechselbelastung (Thermocycling)

Die Proben der Gruppen 4 und 5 wurden einer thermischen Wechselbelastung ausgesetzt, welche die durch die Nahrungsaufnahme bedingten Temperaturwechsel im Mund simulieren sollte. Zu diesem Zweck wurden die Zähne in 20000 Zyklen abwechselnd in ein auf +5°C und ein auf +55°C temperiertes Wasserbad getaucht (Eintauchzeit: 30 s, Transferzeit: 15 s).

3.2.6 Bruchfestigkeitsuntersuchung der IPS Empress 2-Kronen

Zur Untersuchung der Bruchfestigkeit wurden die Probekörper auf einer sich vertikal bewegenden Traverse der elektronisch gesteuerten, hydraulischen Universalprüfmaschine vom Typ Instron 6025 befestigt und bei einer Vorschubbewegung von 0,5 mm/min bis zum Bruch belastet, wobei die Kraft mittels einer Stahlkugel von 12 mm Durchmesser orthograd einwirkte (Abb. 3 und 4). Die Erfassung der Bruchlastwerte erfolgte über einen Druckstößel, der in einer Messdose im oberen Querträger der Prüfmaschine verankert war. Über einen in der Instron 6025 integrierten Rechner wurden die Daten erfasst, berechnet und grafisch dargestellt. Abb. 5 zeigt einen Probekörper nach Durchführung der Bruchfestigkeitsuntersuchung.



Abb. 3: Universalprüfmaschine vom Typ Instron 6025 mit Probekörper

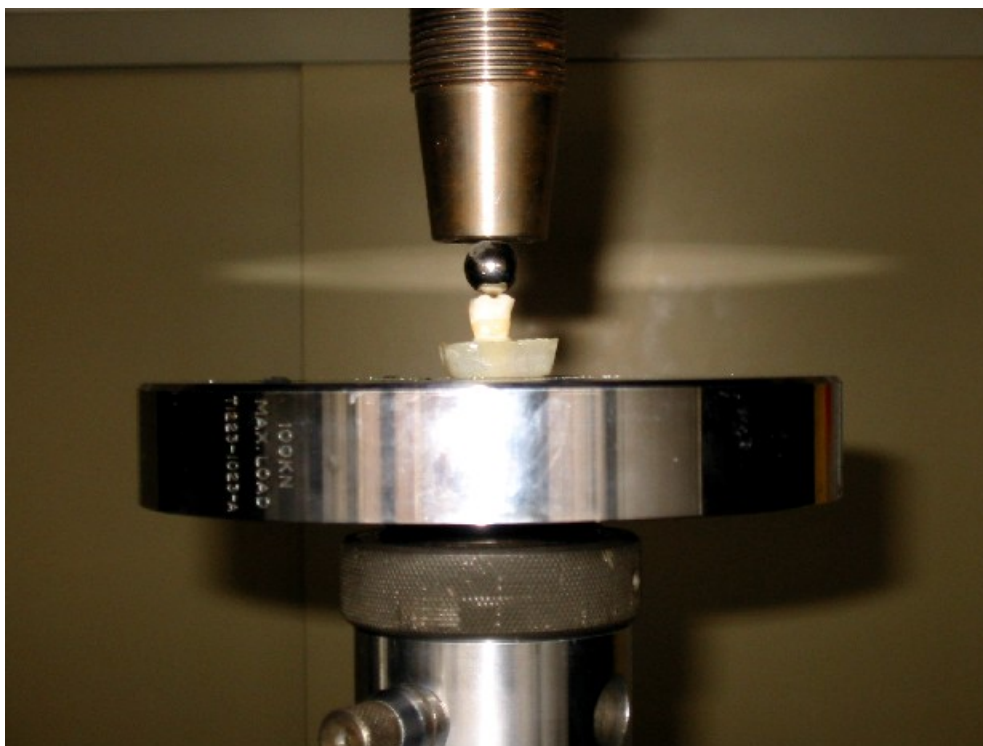


Abb. 4: Detailaufnahme: Orthograde Kräfteinwirkung auf den Probekörper mittels einer Stahlkugel (\varnothing 12 mm)



Abb. 5: Probekörper nach Durchführung der Bruchfestigkeitsuntersuchung

3.3 Statistische Auswertung

3.3.1 Erfasste Variablen

Zur Auswertung lagen die Ergebnisse von 90 Bruchversuchen vor. Von jedem Versuch wurden folgende Variablen erfasst:

- Kronenmaterial (natürlicher Zahn / Krone aus IPS Empress 2)
- Zementart (Kompositbefestigungsmaterial / Zinkphosphatzement)
- Alterung durch Thermocycling (ja / nein)
- gemessene Bruchlast in N

3.3.2 Aufgabenstellung

Der statistischen Auswertung lag folgende Aufgabenstellung zu Grunde:

1. Deskriptive Darstellung der Daten für alle Variablen
2. Vergleich der Bruchlast von natürlichen Zähnen mit derjenigen von mit unterschiedlichen Zementen eingesetzten Empress-Kronen sowie von gealterten / nicht gealterten Kronen
3. Untersuchung des Einflusses von Zementart und Alterung auf die Bruchlast

3.3.3 Statistische Verfahren

Zur deskriptiven Darstellung von stetigen Variablen wurden Mittelwert \pm Standardabweichung sowie Minimum und Maximum angegeben.

Die in der Aufgabenstellung genannten Untersuchungen beziehen sich auf die Ermittlung von Unterschieden unabhängiger Stichproben, wofür der t-Test für unabhängige Stichproben verwendet wurde. Zur Durchführung des Tests wurde aus den Daten eine Prüfgröße t berechnet. Durch Vergleich mit der so genannten Standardnormalverteilung erhielt man den Wert für die Irrtumswahrscheinlichkeit p .

Bestanden mehr als zwei Kategorien, wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt, die eine Verallgemeinerung des t-Tests auf mehrere Stichproben darstellt und die Untersuchung des gleichzeitigen Einflusses mehrerer Parameter auf eine abhängige Variable ermöglicht. Wurde mittels ANOVA ein statistisch signifikanter Effekt entdeckt, wurde mit Hilfe des Scheffé-Tests untersucht, welche Gruppen sich unterschieden (*Sachs, 1997*).

Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$ wurde der Unterschied als signifikant bezeichnet.