

Erfahrungen mit dem Prep-Trainer®*)

G. Schmalz und J. Rotgans, Tübingen

Durch die Wärmeentwicklung beim Bohren und Schleifen können bei Nichtbeachtung der Präparationsregeln Pulpa-schäden hervorgerufen werden (3, 5, 11, 12, 17, 18, 20). Bei der Präparation eines Zahnes müssen daher gewisse Vorsichtsmaßnahmen eingehalten und beachtet werden. Die Wirksamkeit dieser soll sich mit Hilfe eines Meßgerätes zur Bestimmung intrapulpärer Temperaturerhöhungen ermitteln lassen (9).

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, Zweckmäßigkeit und Zuverlässigkeit dieses Gerätes zu überprüfen.

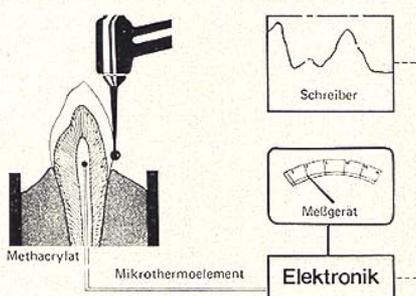


Abb. 1. Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus.

zählen wurde der Wurzelkanal vom Apex her mit einem Gates-Bohrer so weit aufbereitet, bis das Thermoelement exakt etabliert werden konnte. Die Zuleitungen wurden an der Wurzelspitze mit Klebewachs fixiert. Der so vorbereitete Zahn wurde mit Kaltplast in dem dafür vorgesehenen Ring befestigt und auf die entsprechende Halterung am Gerät geschraubt (Abb. 1). Eine Röntgenaufnahme diente als Kontrolle, um den korrekten Sitz des Thermo-elementes im koronalen Bereich des Pulpenkavums zu sichern.

Die Meßwerte wurden auf einem Ein-kanal-Schreiber**) aufgezeichnet.

Von den Schreiberkurven wurden folgende Werte abgelesen:

1. die maximale Temperaturerhöhung
2. die Dauer der „Rest-Erwärmung“

Unter „Rest-Erwärmung“ wird eine nach

Material und Methode

Das uns vom Hersteller zur Prüfung überlassene Gerät wurde entsprechend der Gebrauchsanweisung angewandt.

An extrahierten, in 10%igem, phosphat-gepuffertem Formalin gelagerten Front-

*) Hersteller: HERAEUS Edelmetall GmbH, Hanau.

**) MINIGOR, Typ RE SD1, 2.

Tab. I: Versuchsanordnung

Versuch	Arbeitsgerät	Drehfrequenz min ⁻¹	Kühlung	Bohrer / Schleifer	Histol. Auswertung erfolgt ja (+) nein (-)
1	Mikromotor	ca. 4 000	—	Rosenbohrer (Gr. 6)	—
2	Mikromotor	ca. 40 000	—	Rosenbohrer (Gr. 6)	—
3	Mikromotor	ca. 40 000	Luft*	Rosenbohrer (Gr. 6)	+
4	Mikromotor	ca. 120 000	Luft*	Rosenbohrer (Gr. 6)	+
5	Mikromotor	ca. 120 000	Wasser**	Rosenbohrer (Gr. 6)	—
6	Turbine***	ca. 450 000	—	diamant. Kugel (Horico K1; 021)	+
7	Turbine***	ca. 450 000	Wasser**	diamant. Kugel (Horico K1; 021)	—
8	Turbine***	ca. 450 000	Wasser**	diamant. Kugel (Horico K1; 021)	+
9	Turbine*** tuffend	ca. 450 000	Wasser**	diamant. Zylinder (Horico K3/2; 012)	+
10	Turbine***	ca. 450 000	Luft*	diamant. Zylinder (Horico K3/2; 012)	+
11	Turbine***	ca. 450 000	Wasser**	diamant. Zylinder**** (Horico K3/2; 012)	—

* : mit Luftbläser

** : eingebaute Wasserkühlung

*** : All-Air Turbine

**** : Kronenpräparation, eine Seite Stufe, andere Seite Tangente

Tab. II. Einfluß der Umdrehungszahl

Versuch	Drehfrequenz min ⁻¹	Temp. Erhöhung Grad C	Resterwärmg. sec.
keine Kühlung			
1	4 000	1,6	2
2	40 000	5,5	15
6	450 000	17,6	15
Luftkühlung			
3	40 000	6	2
4	120 000	12,5	2
10	450 000	7,6	15
Wasserkühlung			
5	120 000	4,6	2
7	450 000	6	2

Sistieren des Schleifens weitergehende intrapulpare Temperaturerhöhung verstanden.

Die Kavitäten der Versuchszähne 3, 4, 6, 8, 11 (s. Tab. 1) wurden zusätzlich histologisch untersucht. Die Zähne wurden in 22,5%iger Ameisensäure entkalkt und wie üblich weiterverarbeitet. Ca. 5–6 µm dicke Serienschnitte wurden angefertigt. Jedes zweite Präparat wurde mit Azan gefärbt (22). Die histologischen Befunde wurden nach folgendem Schema gradiert:

- 1 = keine oder unsichere Reaktion
- 2 = mäßige, aber deutliche Reaktion
- 3 = starke Reaktion.

Jedes Präparat wurde zusätzlich auf lokalisierte Brandmarken untersucht.

Die Übereinstimmung von histologischen Ergebnissen der intrapulparen Temperaturerhöhung wurde mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten (r) zahlenmäßig erfaßt. Dabei bedeutet $r = \pm 1$, daß die eine Variable vollständig durch die andere bestimmt wird und $r = 0$, daß keinerlei gegenseitige Korrelation vorliegt. Anhand einer Tabelle wurde geprüft, ob „r“ signifikant von „0“ verschieden ist (6).

Die im einzelnen durchgeführten Versuche sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die dort angegebene Drehfrequenz entspricht den Angaben des Aggregatherstellers. Alle Präparationen wurden im Dentin durchgeführt. Die Präparationsdauer betrug 30 Sekunden. In Versuch 8 wurde nicht kontinuierlich sondern tupfend präpariert.

Tab. III. Einfluß der Kühlung

Versuch	Kühlung	Temp. Erhöhung Grad C	Resterwärmg. sec.
Drehfrequenz 40 000 min ⁻¹			
2	—	5,5	15
3	Luft	6	2
Drehfrequenz 120 000 min ⁻¹			
4	Luft	12,5	2
5	Wasser	4,6	2
Drehfrequenz 450 000 min ⁻¹			
6	—	17,6	15
10	Luft	7,6	15
7	Wasser	6	2

Tab. IV. Einfluß der Arbeitsweise (bei Wasserkühlung und Drehfrequenz 450 000 min⁻¹)

Versuch	Arbeitsweise	Temp. Erhöhung Grad C	Rest-Erwärmung sec.
7	konstant 30 sec.	6	2
8	tupfend	1,5	1
11	konstant 2 min.	11,5	2

Tab. V. Histologische Ergebnisse

Versuch	Histolog. Gradierung	Temperatur Grad C
3	1,6	6
4	1,8	12,5
6	3	17,6
8	1	1,5
9	1,3 lok. Brandmarke	1,2
10	2,6	7,6

Ergebnisse und Diskussion

1. Einfluß der Drehfrequenz (Tab. 2)

Bei einer Präparation ohne jegliche Kühlung ist eine deutliche Abhängigkeit der maximalen intrapulparen Temperatur von der Drehfrequenz festzustellen, ebenfalls bei der luftgekühlten Präparation mit dem Mikromotor. Die Turbine mit ungleich höherer Drehfrequenz liegt jedoch mit 7,6° C Temperaturerhöhung vergleichsweise niedrig. Dies kann auf den bei der Turbine normalerweise geringeren Arbeitsdruck zurückgeführt werden. Die vorliegenden Ergebnisse entsprechen den klinischen Erfahrungen sowie den physikalischen Gesetzen der Reibungswärme.

2. Einfluß der Kühlung (Tab. 3)

Bei einer Drehfrequenz von 40 000 min⁻¹ hatte Luft keine meßbare Kühlwirkung. Diese ist bei 450 000 min⁻¹ zwar effektiver, — Temperaturreduktion von 10 °C

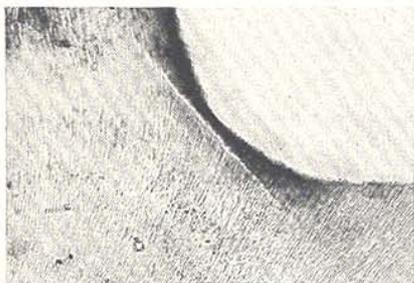


Abb. 2. Mikromotor, Drehfrequenz ca. 40000 min^{-1} , Luftkühlung, Rosenbohrer. Befund: Verbrennungsgrad 2 (Vergr. 100 x).



Abb. 3. Mikromotor, Drehfrequenz ca. 120 000 min^{-1} , Luftkühlung, Rosenbohrer, Befund: Verbrennungsgrad 3 (Vergr. 100 x).



Abb. 4. Turbine, Drehfrequenz ca. 450 000 min^{-1} , Wasserkühlung, diamant. Zylinder. Befund: lokalisierte Brandmarke (Vergr. 100 x).

gegenüber keiner Kühlung — es wird jedoch immer noch eine Temperaturerhöhung um $7,6^\circ\text{C}$ gemessen. Hinzu kommt eine Dauer der Resterwärmung von 15 sec., d. h. daß das Dentin derart aufgeheizt wurde, daß die Temperatur nach Ende des Schleifens weiter anstieg.

Wasserkühlung führt jeweils bei 120 000 min^{-1} und 450 000 min^{-1} zu einer erheblichen Reduktion der Temperaturerhöhung, jedoch werden auch hier Absolutwerte von $4,6^\circ\text{C}$ zw. 6°C gemessen.

Es wird bisweilen in der Literatur Luftkühlung bei höchsttourigen Arbeiten als ausreichend erachtet (1, 24, 25, 26, 28, 29), jedoch gilt als anerkannt, daß nur eine ausreichende Wasserkühlung vor Pulpaschäden schützen kann (Lit. bei 12 und 21).

Auch die vorliegenden Ergebnisse zeigen eine vergleichsweise bessere Kühlwirkung von Wasser gegenüber Luft.

3. Einfluß der Arbeitsweise (Tab. 4)

Eine gute Wasserkühlung allein ist jedoch für eine atraumatische Präparation nicht ausreichend, vielmehr ist auch die Arbeitsweise von Bedeutung. Der Schleifkörper darf nicht konstant über längere Zeit an den Zahn gedrückt werden, weil dies zu einer allmählichen Aufheizung führt. Tuffendes Arbeiten dagegen ruft nur eine geringe Temperaturerhöhung hervor. Auch dies deckt sich mit den klinischen Erfahrungen und der allgemeinen Lehrmeinung.

4. Einfluß des verwandten Schleifkörpers (Tab. 5).

Zwischen dem kugelförmigen und dem zylinderförmigen Diamanten konnte bei der intrapulpären Temperaturmessung kein Unterschied beobachtet werden.

5. Einfluß der Präparation

Da Tangential- und Stufenpräparation am gleichen Zahn durchgeführt wurden, konnte die intrapulpäre Temperaturmessung zum Vergleich beider Präparationsmethoden nicht herangezogen werden. Die histologische Auswertung ergab jedoch einen Verbrennungsgrad von 1 (keine oder unsichere Reaktion) bei der Tangentialpräparation gegenüber 2 (mäßige aber deutliche Reaktion) bei der Stufenpräparation. Die meist schlechtere Kühlung am Frontteil des Zylinders kann dafür verantwortlich gemacht werden.



Abb. 5. Turbine, Drehfrequenz ca. 450 000 min^{-1} , Luftkühlung, diamant. Zylinder. Befund: Verbrennungsgrad 3 (Vergr. 100 x).

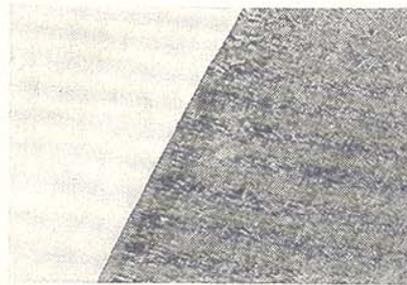


Abb. 6. Turbine, Drehfrequenz ca. 450 000 min^{-1} , Wasserkühlung, Tangentialpräparation. Befund: Verbrennungsgrad 1 (Vergr. 100 x).



Abb. 7. Turbine, Drehfrequenz ca. 450 000 min^{-1} , Wasserkühlung, Stufenpräparation. Befund: lokalisierte Brandmarke (Vergr. 250 x).

6. Korrelation zwischen histologischen Ergebnissen und Temperaturmessung

Der Korrelationskoeffizient zwischen intrapulpärer Temperaturmessung und histologischer Gradierung beträgt 0,835 und ist bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant von 0 verschieden. In den Abb. 2–7 sind die histologischen Bilder der entsprechenden Versuche

dargestellt. In einem Fall wurde nur eine geringe intrapulpare Temperaturerhöhung gemessen, auf den histologischen Präparaten findet man hingegen deutliche Brandmarken (Versuch 9). Lokalisierte Verbrennungen, z. B. durch schlecht eingestellten Spray, können mit der intrapulparen Temperaturmessung nicht erfaßt werden. Dies scheint jedoch nicht am verwendeten Gerät sondern an der Methode der indirekten (d. h. nicht am Ort der eigentlichen Wärmeentwicklung) und der integralen, — über den ganzen Zahn gehenden — Temperaturmessung zu liegen. Nur durch eine entsprechend eingestellte Wasserkühlung kann das ganze Instrument richtig erfaßt und ausreichend gekühlt werden (14, 15).

7. Beurteilung des Meßgerätes

Die bei der intrapulparen Temperaturmessung erhaltenen Ergebnisse decken sich sowohl mit den Angaben in der Literatur als auch mit der klinischen Erfahrung. Ebenso konnte eine weitgehende Übereinstimmung mit der histologischen Auswertung erzielt werden. Eine Ausnahme stellen lokalisierte Brandmarken dar, die mit dem Meßgerät nicht erfaßt werden konnten.

Die intrapulpare Temperaturmessung zur Erfassung von Überhitzungen bei der Präparation eines Zahnes ist schon mehrfach angewandt worden (2, 4, 7, 8, 10, 17, 18, 19, 24, 27, 28). Bei diesem Verfahren wird jedoch nicht die Wärmeentwicklung am Dentin, d. h. am Ort der Schädigung, sondern in der Pulpa gemessen (27). Bei schon verkohltem Dentin soll die intrapulpare Temperaturerhöhung nicht mehr als 1° C betragen (8). Diese Aussage deckt sich nicht mit unseren Ergebnissen.

Das untersuchte Gerät erwies sich — mit einer Ausnahme — als zuverlässig in seiner Aussage. Sein methodischer Vorteil gegenüber der histologischen Aufarbeitung liegt in der kontinuierlichen Temperaturmessung während des gesamten Präparationsvorganges. Das histologische Bild gibt nur eine Momentaufnahme des Endzustandes wieder.

Die geeignete Methode der Erfassung einer Traumatisierung durch die Prä-

paration besteht in der histologischen Kontrolle der Pulpa.

Diese Methode scheidet jedoch in der Studentenausbildung und als Selbstkontrolle für atraumatisches Präparieren aus naheliegenden Gründen aus. Auch eine histologische Untersuchung in-vitro bearbeiteter Zähne ist sehr mühevoll.

Somit erscheint die Verwendung des untersuchten Gerätes in der Studentenausbildung sinnvoll. Einschränkend muß jedoch bemerkt werden, daß auf Grund der indirekten Messung der Temperaturerhöhung lokale Brandmarken nicht erfaßt werden können. Außerdem müssen die durch verschiedene Farben gekennzeichneten Bereiche (grün: 0–5° C; gelb: 5–15° C; rot: 15–20° C) geändert werden, da bereits bei einer Temperaturerhöhung um 4–6 °C Verbrennungen im Dentin zu beobachten sind. Man muß annehmen, daß die Temperaturen am Schleifkörper (s. histol. Präparate) wesentlich höher lagen und vitales Gewebe in Form der Odontoblastenfortsätze geschädigt wurde. Bei dieser Meßanordnung sollte jede Temperaturerhöhung von 3° C als gefährdend angesehen werden.

Literatur:

1. Aplin, A. W., Cantwell, K. R. and Manny, V. R.: Effect of coolants on temperature rise resulting from cavity preparation. — J. dent. Res. 38, 761 (1959).
2. Aplin, A. W., Sorenson, F. M. and Cantwell, K. R.: Method for measuring temperature changes in the tooth during restorative procedures. — J. dent. Res. 42, 925–933 (1963).
3. Barker, J. N.: Reaction of the pulp to various filling materials and clinical procedures. — Aust. dent. J. 46, 226–232 (1942).
4. Bhaskar, S. N. and Lilly, G. E.: Intrapulpal temperature during cavity preparation. — J. dent. Res. 44, 644–647 (1965).
5. Brännström, M.: Dentinal and pulpal response. — VI. Some experiments with heat and pressure illustrating the movement of odontoblasts into the dentinal tubules. — Oral. Surg. 15, 203–212 (1962).
6. Cavalli-Storza, L.: Biometrie. — Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1970, p. 80.
7. Fuhr, K.: Zusammenfassende Darstellung unserer Erfahrungen mit den Schnellstlaufgeräten. — Zahnärztl. Welt, 63, 244–248 (1962).
8. Harnett, J. and Smith, W.: The production of heat in the dental pulp by use of the air turbine. — J. Amer. dent. Ass. 63, 210–214 (1961).
9. Henning, G. und Przetak, Ch.: Der Prep-Trainer — thermische Kontrolle im Pulparaum. Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 204–206 (1975).
10. Jarby, S.: On temperature measurements in teeth in vitro and in vivo. — Odont. T. 66, 421–471 (1958).

11. Klötzer, W. T.: Tierexperimentelle Prüfung von Materialien und Methoden der Kronen- und Brückenprothetik. — Habil.-Schrift, Tübingen 1971.

12. Klötzer, W. T. und Langeland, K.: Tierexperimentelle Prüfung von Materialien und Methoden der Kronen- und Brückenprothetik. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 83, 163 (1973).

13. Langeland, K.: Tissue changes in the dental pulp. — Odont. T. 65, 239–386 (1957).

14. Langeland, K.: Pulp reactions to cavity preparation and to burns in the dentin. — A preliminary report. — Odont. T. 68, 463–470 (1960).

15. Langeland, K.: Tissue changes incident to cavity preparation. An evaluation of some dental engines. — Acta odont. scand. 19, 397–430 (1961).

16. Langeland, K. and Langeland, L. K.: Cutting procedures with minimized trauma. — J. Amer. dent. Ass. 76, 911–1005 (1968).

17. Lisanti, V. F. and Zander, H. A.: Thermal injury to normal dog teeth; in vivo measurement of pulp temperature increases and their effect on the pulp tissue. — J. dent. Res. 31, 548–558 (1952).

18. Nyborg, H. and Brännström, M.: Pulp reaction to heat. — J. prosth. Dent. 19, 605–162 (1968).

19. Perreault, J. G., Massler, M. and Schour, I.: Reaction of odontoblasts to medicaments placed in cavity preparations in rat incisors. — J. Amer. dent. Ass. 52, 533–554 (1956).

20. Peyton, F. A.: Temperature rise in teeth developed by rotating instruments. — J. Amer. dent. Ass. 50, 629–632 (1955).

21. Rieth, P.: Präparation und Pulpa. — Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 695–704 (1969).

22. Romeis, B.: Mikroskopische Technik — R. Oldenbourg-Verlag, Berlin-Wien 1968, p. 368.

23. Schuchard, A. and Watkins, C. E.: Temperature response to increased rotational speeds. — J. prosth. Dent. 11, 313–317 (1961).

24. Schuchard, A.: Pulpal response to 16.000 rpm using air coolant. — J. Calif. dent. Ass. 38, 26–31 (1962).

25. Schuchard, A. and Watkins, C. E.: Pulpal response at conventional and ultra-high-speeds, using air coolant. — J. Calif. dent. Ass. 37, 391–395 (1963).

26. Schuchard, A. and Watkins, C. E.: Thermal and histologic response to high-speed and ultra-high-speed cutting in tooth structure. — J. Amer. dent. Ass. 71, 1451–1458 (1965).

27. Stanley, H. R.: Pulpal response to dental technique and materials. — Dent. Clin. N. Amer. 15, 115–126 (1971).

28. Stüben, J. und Hoppe, W. F.: Experimentelle Untersuchungen über die Temperaturveränderungen in der Zahnhartsubstanz beim höchsttourigen Bohren und Schleifen. — Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 477–486 (1962).

29. Stüben, J. und Hoppe, W. F.: Experimentelle Untersuchungen über Veränderungen der Pulpa nach normal- und höchsttourigem Bohren und Schleifen. — Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 602–611 (1964).

30. Tylman, S. D., Spence, J. M., Weiss, M. B. and Massler, M.: Pulpal damage and extra-coronal and intracoronal preparation. J. dent. Res. 37, 984 (1958).

Anschrift der Verfasser:

Dr. G. Schmalz, Dr. J. Rotgans, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Tübingen — Abteilung für Zahnerhaltung — Osiander Straße 2–8, 7400 Tübingen.