



Susanne Beer, Marie-Luise Nölker, Ljubisa Markovic, Rudolf Beer

Instrumentation mit dem Mtwo-System in Abhängigkeit von der Behandlererfahrung – Eine Studie zur Reinigungsleistung



INDIZES Wurzelkanalreinigung, Wurzelkanalaufbereitung, klinische Erfahrung, Mtwo

Das Ziel dieser Studie war es, die Reinigungsleistung des Mtwo-Systems zu untersuchen. Es wurde geprüft, ob die klinische Erfahrung sowie der Zahntyp Einfluss auf die Qualität der Wurzelkanalaufbereitung haben. Dazu wurden von 60 extrahierten Zähnen jeweils 49 Wurzelkanäle von einer klinisch erfahrenen Zahnärztin und einer in der maschinellen Wurzelkanalaufbereitung unerfahrenen Studentin aufbereitet. Anhand der Parameter „Debris“ und „Smear layer“ wurde die Reinigungsleistung beurteilt und mit Hilfe von Referenzfotografien und einem fünfstufigen Scoring-System ausgewertet. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass ein klinisch erfahrener Behandler ebenso wie ein unerfahrener Behandler gute Resultate mit dem Mtwo-System erzielen kann.

Susanne Beer
Dr. med. dent.
Poliklinik für
Kieferorthopädie
Zentrum für Zahn-, Mund-
und Kieferheilkunde
Universitätsklinikum
Münster
Waldeyerstraße 30
48149 Münster
E-Mail: susab@gmx.de

Marie-Luise Nölker
Dr. med. dent.

Ljubisa Markovic
Dr. med. dent.

Rudolf Beer
Prof. Dr. med. dent.

Alle drei:
Abteilung für Zahnerhaltung
und Präventive Zahnmedizin
Fakultät für Zahn-, Mund-
und Kieferheilkunde
Private Universität Witten/
Herdecke GmbH
Alfred-Herrhausen-Straße 50
58448 Witten

Manuskript
Eingang: 12.05.2010
Annahme: 21.06.2010

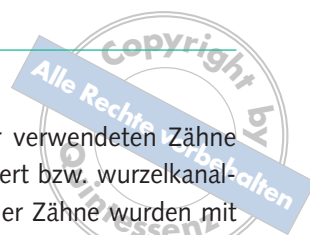
■ Einleitung

Während der Wurzelkanalinstrumentation kommt es zur Ausbildung eines Smear layers. Dieser besteht aus einer tiefen (18 bis 40 μm) und einer oberflächlichen Schicht (1 bis 2 μm), die beide nicht mit der Wurzelkanalwand verbunden sind. Der Smear layer setzt sich aus Dentinpartikeln, verbliebenen Resten vitalen oder nekrotischen Pulpagewebes, Mikroorganismen und im Kanal verbliebenen Resten der Spülflüssigkeiten zusammen¹⁻³. Aus einigen Studien wird abgeleitet, dass der Smear layer das Bakterienwachstum begünstigt, da die Anzahl der in den Tubuli verbliebenen Bakterien durch die die Tubuli verschließende Barriere nicht vermindert werden kann^{4,5}. Weiterhin erschwert die Anwesenheit des Smear layers eine Tiefenwirkung medikamentöser Einlagen^{6,7}. Die Beseitigung der Schmierschicht optimiert die Dichtigkeit einer Wurzelkanalfüllung⁷⁻⁹. Clark-Holke et al.¹⁰ weisen darauf hin, dass die Entfernung der Schmierschicht das Eindringen von Bakterien in das Wurzelkanalsystem und dessen Durchdringung verringert. Allerdings gibt es keine

einheitliche wissenschaftliche Meinung über das Belassen oder Entfernen der Schmierschicht¹¹.

Debris besteht im Gegensatz zum Smear layer aus Resten pulpalen Gewebes, Dentinchips und -partikeln, die der Wurzelkanalwand nur locker aufliegen¹². Auf rein mechanischem Weg können nicht alle Keime und der gesamte Debris beseitigt werden, insbesondere nicht aus Seitenkanälen oder Ramifikationen des apikalen Deltas¹³.

Die Wurzelkanalwände konnten weder mit konventionellen Handinstrumenten noch mit rotierenden Nickel-Titan-Systemen vollständig gesäubert werden¹⁴. Im Rahmen weiterer Studien wurde festgestellt, dass die mechanische Instrumentation alleine nicht ausreicht, das apikale Wurzelkanaldrittel suffizient aufzubereiten, und dass erst eine suffiziente Wurzelkanalspülung eine hinreichende Desinfektion des Wurzelkanalsystems bewirken soll¹²⁻¹⁶. In einer Studie von Beer¹⁷ an doppelt gekrümmten artifiziellen Wurzelkanälen zeigte sich, dass bestimmte Instrumentenquerschnitte und Konizitäten die Begradigungstendenz gekrümmter Wurzelkanäle begünstigen. Demnach scheint eine



gleichmäßig zunehmende Konizität dem originalen Wurzelkanalverlauf besser folgen zu können als eine progressiv steigende Konizität. Es zeigte sich auch, dass an der Außenkurvatur ein deutlich unregelmäßigerer Materialabtrag stattfand. In einem ähnlichen Versuchsaufbau konnte Teich¹⁸ feststellen, dass nur ProTaper in Kombination mit einer „nichtscheidenden“ ProFile dem ursprünglichen Wurzelkanalverlauf gut folgen konnte. Von Kugler und Beer¹⁹ wurde die Wurzelkanalanatomie nach der Präparation mit manuell verwendeten Stahlfeilen und den Nickel-Titan-Systemen ProFile, GT-Rotary, FlexMaster und ProTaper vergleichend untersucht. Signifikant größere Abweichungen von der originären Kanal-anatomie konnten nach der Präparation mit Stahlfeilen verzeichnet werden. Die auffallend besten Ergebnisse innerhalb der Nickel-Titan-Systeme wurden mit ProFile und GT-Rotary erzielt, die abgeflachte Schneidekanten besitzen. In einer Studie von Veltri et al.²⁰ wurden Mtwo und Hero-Shaper untersucht. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass die Wurzelkanalform im apikalen Bereich mit beiden Systemen sehr gut beibehalten werden konnte.

Die maschinelle Wurzelkanalinstrumentation mit Nickel-Titan-Systemen ist auch von unerfahrenen Studenten nach einer Einarbeitungsphase gut erlern- und umsetzbar und kann zu sicheren und guten Ergebnissen führen. Im Vergleich zu einem klinisch sehr erfahrenen Behandler konnten aber nicht immer gleichwertige Ergebnisse erzielt werden. Es wurde jedoch betont, dass nach einigen wenigen Aufbereitungszyklen stets ein Lernerfolg zu verzeichnen war¹⁷⁻¹⁹.

In der vorliegenden Studie sollte deshalb überprüft werden, ob die Kriterien „Erfahrenheit des Behandlers“ und „Zahntyp“ bei der Aufbereitung mit dem auf einem Hedström-Feilendesign basierenden Mtwo-System einen Einfluss auf die Reinigungsleistung ausüben. Hierzu wurde die Oberfläche des Wurzelkanals anhand der Bewertungskriterien „Debris“ und „Smear layer“ untersucht^{12,21}.

■ Material und Methode

Für diese In-vitro-Studie wurden 60 extrahierte menschliche Zähne verwendet. Alle Zähne wurden nach der Extraktion in Wasser aufbewahrt und während bzw. nach der Aufbereitung in einer Thymol-Kochsalz-Lösung (0,1 % Thymol in 0,9%iger NaCl-

Lösung) gelagert. Keiner der verwendeten Zähne war zuvor bereits instrumentiert bzw. wurzelkanalgefüllt worden. Die Kronen der Zähne wurden mit einem Diamantschleifkörper entfernt und die Durchgängigkeit der Wurzelkanäle mit Hilfe einer K-Feile der ISO-Größe 10 überprüft. Anschließend wurde von jedem einzelnen Zahn eine Röntgenmessaufnahme mit einer K-Feile der ISO-Größe 15 angefertigt. Zur Präparation der Wurzelkanäle wurde in dieser Studie das maschinelle Wurzelkanalaufbereitungssystem Mtwo verwendet (VDW, München). Die Aufbereitung erfolgte entsprechend der Anatomie des zu bearbeitenden Wurzelkanals und in der Single-length-Technik. Jeder Wurzelkanal wurde von der ersten Feile bis zur erwünschten Erweiterung in voller Arbeitslänge instrumentiert. Für die Wurzelkanalaufbereitung wurden die vier Grundgrößen verwendet, sodass sich die Arbeitsfolge von ISO 10 mit Taper .04 über ISO 15 mit Taper .05, ISO 20 mit Taper .06 bis ISO 25 mit Taper .06 ergab.

Zunächst wurden die 60 Zähne in sechs Gruppen mit jeweils zehn Zähnen, die nach Zahntyp sortiert waren, unterteilt. Diese Gruppen wiederum wurden in zwei Untergruppen A und B zu je fünf Zähnen gegliedert. Die Zähne der Gruppe A wurden durch eine in der maschinellen Wurzelkanalaufbereitung ungewohnte Studierende aufbereitet; die Zähne der Gruppe B wurden von einer erfahrenen Zahnärztin instrumentiert. Vor Beginn der Versuchsreihe erfolgte für die Studierende eine Einführung in die Arbeitsweise mit dem maschinell betriebenen Nickel-Titan-System Mtwo; außerdem wurden das Aufbereitungsprinzip und die Instrumentenfolge erklärt. Es wurde drucklos nach dem Prinzip des „circumferential filing“ und der Wurzelkanalanatomie angepasst instrumentiert. Vor bzw. nach jedem Instrument wurde mit 3 ml 5%iger Natriumhypochloritlösung gespült. Der Austausch von Feilen erfolgte nach der Instrumentierung von drei Kanälen. Es waren 103 Wurzelkanäle aufzubereiten.

Nach der Präparation der Wurzelkanäle wurden mit einem Diamantschleifkörper Sollbruchstellen in Form von parallel zum Wurzelkanal verlaufenden Rinnen gefräst und die Wurzeln längs getrennt. Nach der Spaltung der Zähne verringerte sich die Anzahl aufgrund von Zersplitterungen von ursprünglich 103 auf 98 beurteilbare Wurzelkanäle, also 49 pro Behandler. Die Wurzelhälften wurden getrocknet,



mittels Leit-C-Haftmasse auf REM-Trägern (Bal-Tec, Balzer, Liechtenstein) fixiert und mit einer Gold-Palladium-Legierung von 10 nm bedampft (SCD 050; Bal-Tec, Balzer, Liechtenstein).

Die anschließende Begutachtung der instrumentierten Wurzelkanalhälften erfolgte mit dem Rasterelektronenmikroskop XL 30 FEG (Philips, Eindhoven, Niederlande). Von jedem Präparat wurden Übersichtsaufnahmen mit 15facher Vergrößerung angefertigt. Für die genauere Analyse wurden anschließend von jedem Wurzelkanaldrittel (koronal, medial und apikal) jeweils eine 100fache und eine 500fache Vergrößerungsaufnahme erstellt. Die Präparate wurden anhand der Einstufungsmethode von Hülsmann et al.¹² nach Debris und Smear layer bewertet.

■ Debris

Es wurde eine 100fache Vergrößerung gewählt, um den auf der Wurzelkanaloberfläche verbliebenen Debris zu betrachten. Folgende Kriterien wurden der Bewertung zugrunde gelegt:

- Score 1: saubere Kanalwand, nur vereinzelt kleine Auflagerungen
- Score 2: wenige kleine Ansammlungen von Debris
- Score 3: zahlreiche Debrisansammlungen, die weniger als 50 % der Oberfläche bedecken
- Score 4: Debrisansammlungen, die mehr als 50 % der Oberfläche bedecken
- Score 5: Der Wurzelkanal ist vollständig oder weitestgehend von Debris bedeckt.

■ Smear layer

Die Begutachtung des Smear layers erfolgte mit einer 500fachen Vergrößerung. Die Kriterien für die Beurteilung des Smear layers stellten sich wie folgt dar:

- Score 1: kein Smear layer; überwiegend offene Dentintubuli
- Score 2: kleine Bezirke mit dünnem Smear layer; einige offene Dentintubuli
- Score 3: homogener Smear layer auf der gesamten Wurzelkanalwand; nur sehr wenige offene Dentintubuli
- Score 4: dichter Smear layer auf der gesamten Kanalwand; alle Dentintubuli sind verblockt
- Score 5: dichter, inhomogener Smear layer auf der gesamten Kanalwand.

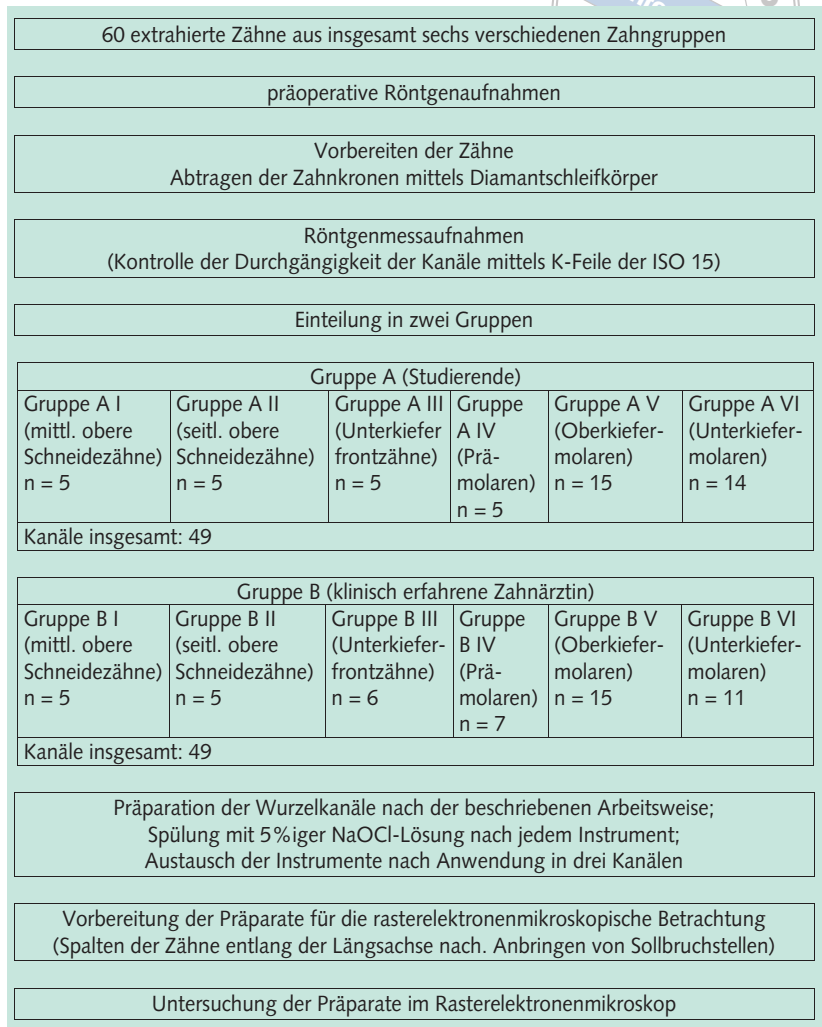


Abb. 1 Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus.

Der gesamte Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 zusammenfassend dargestellt.

Zum Vergleich zweier unabhängiger Stichproben wurde der Mann-Whitney-U-Test gewählt, da bei den Scores von einer nicht vorhandenen Normalverteilung ausgegangen werden musste. Der Kruskal-Wallis-Test wurde beim Vergleich von mehr als zwei Stichproben verwendet. Zum Vergleich von mehr als zwei abhängigen Stichproben kam der Friedman-Test zur Anwendung. Das Signifikanzniveau lag jeweils bei p = 0,05.

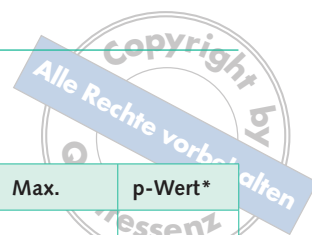


Tabelle 1 Deskription des Debris-Scores in Abhängigkeit von der Lokalisation

Zahngruppe	Lokalisation	N	Mittel	SDA	Min.	25-%- Perz.	Median	75-%- Perz.	Max.	p-Wert*
I	koronal	10	2,1	1,4	1,0	1,0	1,5	3,0	5,0	0,276
	medial	10	3,4	1,5	1,0	2,0	4,0	5,0	5,0	
	apikal	10	2,6	1,3	1,0	1,0	3,0	4,0	4,0	
II	koronal	10	2,0	1,3	1,0	1,0	1,5	3,0	5,0	0,564
	medial	10	2,5	1,3	1,0	2,0	2,0	3,0	5,0	
	apikal	10	2,5	1,2	1,0	2,0	2,5	3,0	5,0	
III	koronal	10	1,8	0,9	1,0	1,0	1,5	3,0	3,0	0,398
	medial	10	2,4	1,5	1,0	1,0	2,0	4,0	5,0	
	apikal	10	2,1	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0	
IV	koronal	11	2,3	0,8	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	0,072
	medial	11	1,5	0,7	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	
	apikal	11	1,7	0,9	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	
V	koronal	29	1,8	0,8	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	< 0,001
	medial	29	2,8	1,4	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	
	apikal	29	2,6	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	4,0	
VI	koronal	23	2,1	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0	0,118
	medial	23	2,4	1,1	1,0	2,0	2,0	3,0	5,0	
	apikal	23	2,9	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	

*p-Wert des Friedman-Tests

SDA = Standardabweichung

Erläuterung der Gruppennamen und dazugehörigen Zahntypen: I = mittlere obere Schneidezähne; II = seitliche obere Schneidezähne; III = Unterkieferfrontzähne; IV = Prämolaren; V = Oberkiefermolaren; VI = Unterkiefermolaren

■ Ergebnisse

Von 98 Wurzelkanälen waren ein Kanal gar nicht und vier Kanäle nur teilweise beurteilbar. Bei der Versuchsreihe kam es während der Aufbereitung seitens der erfahrenen Zahnärztin in einem stark gekrümmten Wurzelkanal ($> 33^\circ$) zu einem Instrumentenbruch einer ISO-25-Feile.

■ Sauberkeit der Wurzelkanaloberflächen: Debris

In den koronalen Wurzelkanalabschnitten ergaben sich nach dem Kruskal-Wallis-Test keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,574$). Bei den Unterkieferfrontzähnen waren koronal zu 60 % eine saubere

Kanalwand und nur vereinzelt kleine Auflagerungen zu finden (Score 1). Dies wurde bei den Prämolaren nur zu 17 % ermittelt. Bei den mittleren und seitlichen oberen Schneidezähnen waren die Kanäle im koronalen Wurzelkanalabschnitt zu jeweils 10 % vollständig von Debris bedeckt (Score 5). Es konnte zu jeweils 47 % Score 1 gemessen werden (Abb. 2).

Die Scores der mittleren Wurzelkanalabschnitte der Präparate waren für den Parameter „Debris“ bei den Zahngruppen signifikant unterschiedlich ($p = 0,013$). Die besten Werte im mittleren Kanalabschnitt wurden in der Prämolarengruppe erzielt. Bei den Oberkiefermolaren betrug der Median 3. In der prozentualen Darstellung wird dies mit 30 % Score 3 deutlich. Bei den Prämolaren konnte zu 63 % eine saubere Kanalwand mit nur vereinzelt Auflager-

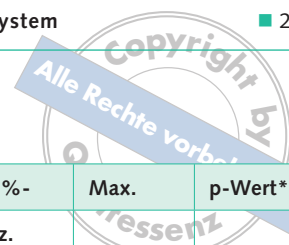


Tabelle 2 Deskription des Smear-layer-Scores in Abhängigkeit von der Lokalisation

Zahngruppe	Lokalisation	N	Mittel	SDA	Min.	25-%- Perz.	Median	75-%- Perz.	Max.	p-Wert*
I	koronal	10	3,4	0,8	2,0	3,0	3,0	4,0	5,0	0,762
	medial	10	3,2	1,4	1,0	2,0	3,0	5,0	5,0	
	apikal	10	3,3	0,8	2,0	3,0	3,0	4,0	5,0	
II	koronal	10	2,7	0,5	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	0,024
	medial	10	3,0	1,1	1,0	3,0	3,0	3,0	5,0	
	apikal	10	3,7	0,9	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	
III	koronal	10	2,7	0,5	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	0,004
	medial	10	3,5	0,8	2,0	3,0	3,5	4,0	5,0	
	apikal	10	3,8	0,6	3,0	3,0	4,0	4,0	5,0	
IV	koronal	11	3,1	0,7	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0	0,039
	medial	11	3,2	0,9	1,0	3,0	3,0	4,0	4,0	
	apikal	11	3,6	0,8	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	
V	koronal	29	3,1	0,6	2,0	3,0	3,0	3,0	4,0	0,014
	medial	29	3,1	1,0	1,0	3,0	3,0	4,0	5,0	
	apikal	29	3,6	0,9	2,0	3,0	3,0	4,0	5,0	
VI	koronal	23	3,2	0,6	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0	0,632
	medial	23	3,3	1,0	1,0	3,0	3,0	4,0	5,0	
	apikal	23	3,3	0,7	2,0	3,0	3,0	4,0	5,0	

*p-Wert des Friedman-Tests

SDA = Standardabweichung

Erläuterung der Gruppennamen und dazugehörigen Zahntypen: I = mittlere obere Schneidezähne; II = seitliche obere Schneidezähne; III = Unterkieferfronzzähne; IV = Prämolaren; V = Oberkiefermolaren; VI = Unterkiefermolaren

rungen (Score 1) sowie kein Score 4 oder 5 bestimmt werden. Score 2 lag zu 25 % und Score 3 zu 7 % vor. Bei den mittleren oberen Schneidezähnen hingegen wurde nur zu 10 % Score 1, aber zu 30 % Score 4 und zu 33 % Score 5 gemessen (Abb. 3).

Für die Debrisansammlungen in den apikalen Wurzelkanalabschnitten waren die Scores nicht signifikant unterschiedlich ($p = 0,0849$). Bei den untersuchten Prämolaren konnten zu 53 % eine saubere Wurzelkanalwand und nur vereinzelt kleine Auflagerungen festgestellt werden (Score 1). Im Vergleich dazu konnte dieser nur bei 4 % der Unterkiefermolaren gemessen werden. Der Median betrug hier 3. Bei den mittleren oberen Schneidezähnen zeigten sich zu 28 % Score 1 und 3 und zu 33 % Score 4; der Median betrug 3 (Abb. 4).

In Tabelle 1 sind die deskriptiven Kenngrößen des Qualitätsscores in Abhängigkeit von der Lokalisation für den Parameter „Debris“ aufgelistet. Hoch signifikante Unterschiede bezüglich der Debrisansammlungen zwischen den koronalen und medialen Wurzelkanalabschnitten konnten nur bei den Oberkiefermolaren festgestellt werden ($p < 0,001$). Die Werte der mittleren Wurzelkanaldrittel waren signifikant höher als die der koronalen. Im Vergleich zu den apikalen Wurzelkanalabschnitten waren statistisch keine signifikanten Unterschiede zu ermitteln (s. Tab. 1).

Insgesamt ist für den Parameter „Debris“ keine Regelmäßigkeit erkennbar. Bei den übrigen Zahngruppen konnte kein Unterschied zwischen den drei Abschnitten festgestellt werden ($p > 0,07$).

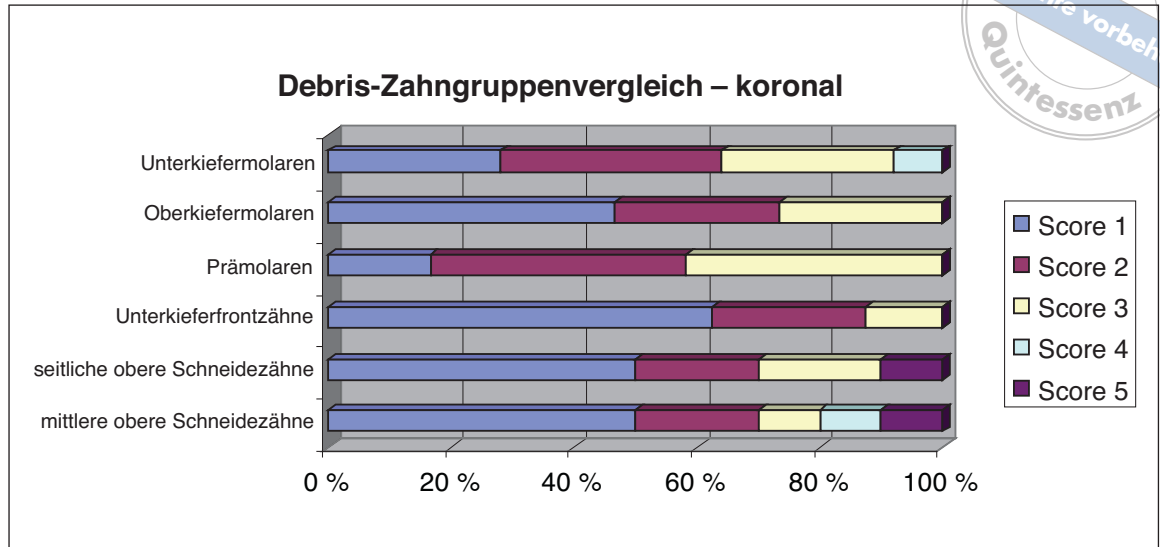


Abb. 2 Vergleich der Zahngruppen für den Parameter „Debris“ im koronalen Wurzelkanalabschnitt.

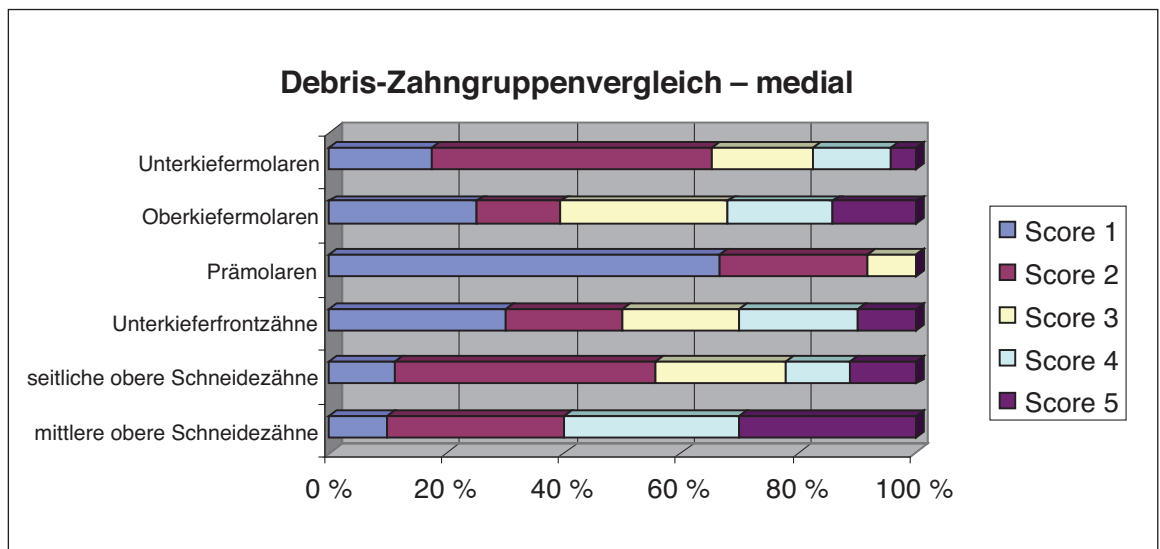


Abb. 3 Vergleich der Zahngruppen für den Parameter „Debris“ im mittleren Wurzelkanalabschnitt.

■ Sauberkeit der Wurzelkanaloberflächen: Smear layer

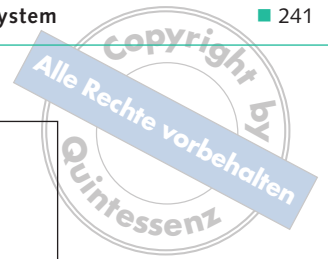
Beim Vergleich der sechs Zahngruppen wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test für das Vorhandensein des Smear layers im koronalen Bereich keine signifikanten Unterschiede berechnet ($p = 0,112$) (Abb. 5).

Bei den oberen mittleren Schneidezähnen und bei den Unterkieferfrontzähnen lag der maximal gemessene Wert jeweils bei Score 3, wohingegen in den anderen Gruppen jeweils mindestens zu 23 % Score 4 oder mehr vorhanden war.

Für den mittleren Wurzelkanalabschnitt konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Reinigungsleistung errechnet werden ($p = 0,911$).

Für die Prämolaren betrug der höchste ermittelte Wert 4. Bei den übrigen Zahngruppen konnte zu jeweils mindestens 5 % ein dichter, inhomogener Smear layer auf der gesamten Wurzelkanalwand festgestellt werden (Score 5). Bei allen Gruppen wurden zu wenigstens 10 % gar kein Smear layer sowie überwiegend offene Dentintubuli gefunden (Score 1) (Abb. 6).

Beim Vergleich der sechs Zahngruppen wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test für das Vorhandensein des Smear layers im koronalen Bereich keine signifikanten Unterschiede berechnet ($p = 0,457$). Bei der Betrachtung apikaler Wurzelkanalbereiche fällt auf, dass in keiner Gruppe eine saubere Kanalwand vorlag (Score 1). Der beste Wert betrug in allen Gruppen



Debris-Zahngruppenvergleich – apikal

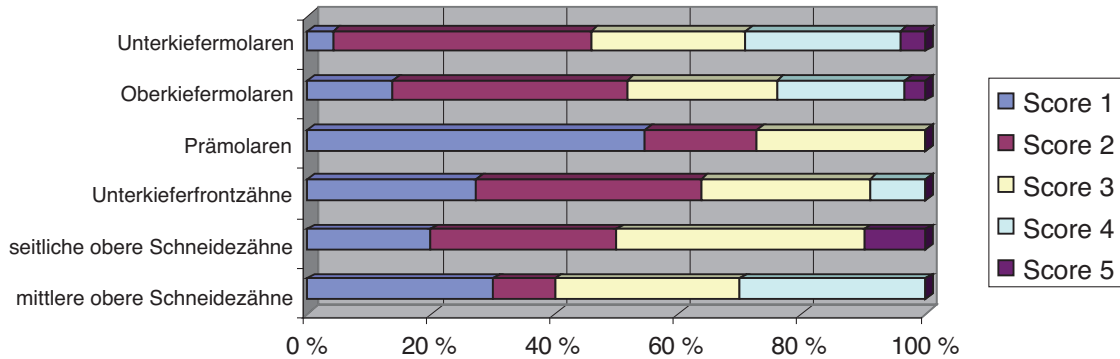


Abb. 4 Vergleich der Zahngruppen für den Parameter „Debris“ im apikalen Wurzelkanalabschnitt.

Smear-layer-Zahngruppenvergleich – koronal

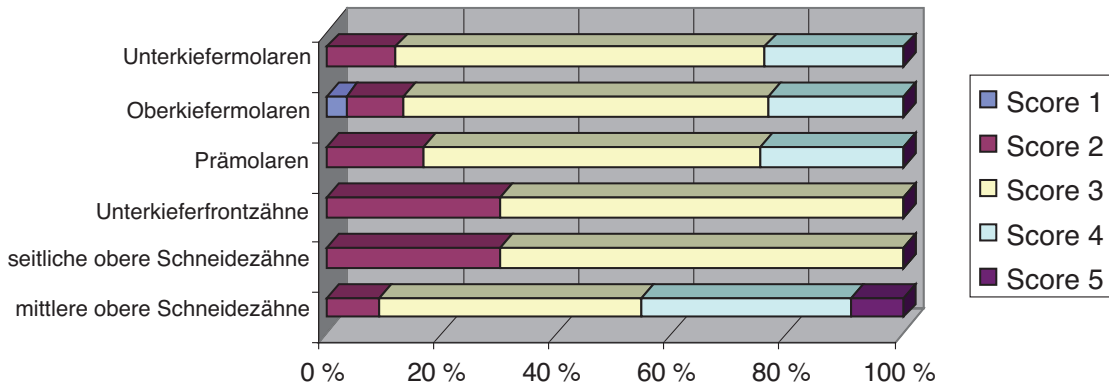


Abb. 5 Vergleich der Zahngruppen für den Parameter „Smear layer“ im koronalen Wurzelkanalabschnitt.

Smear-layer-Zahngruppenvergleich – medial

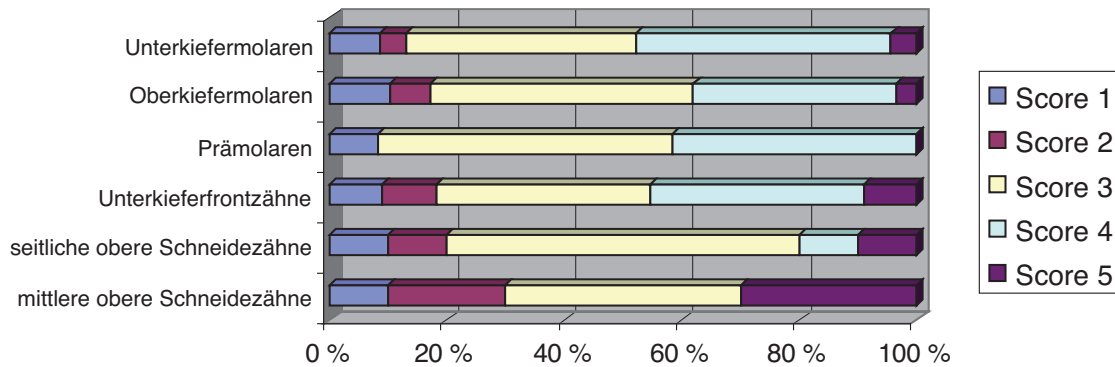


Abb. 6 Vergleich der Zahngruppen für den Parameter „Smear layer“ im medialen Wurzelkanalabschnitt.

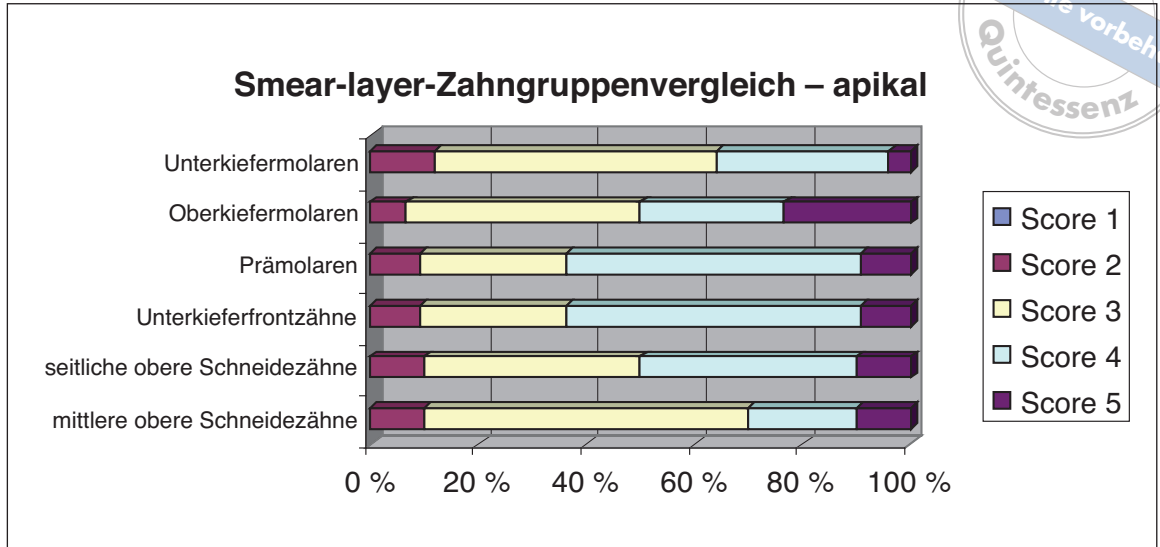


Abb. 7 Vergleich der Zahngruppen für den Parameter „Smear layer“ im apikalen Wurzelkanalabschnitt.

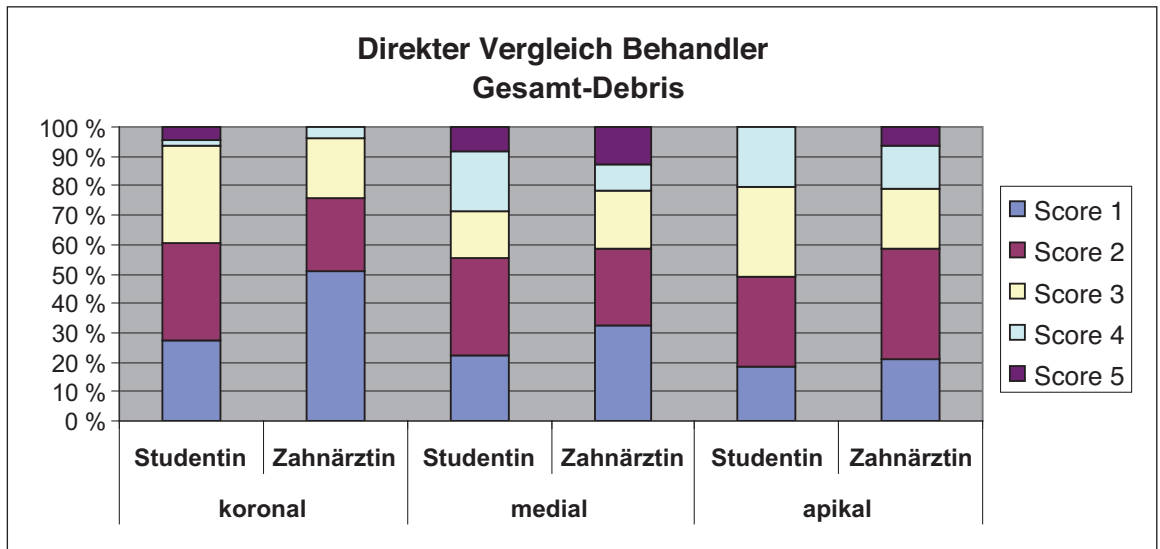


Abb. 8 Darstellung der Sauberkeit (Debris) in Abhängigkeit von der klinischen Erfahrung (gesamt).

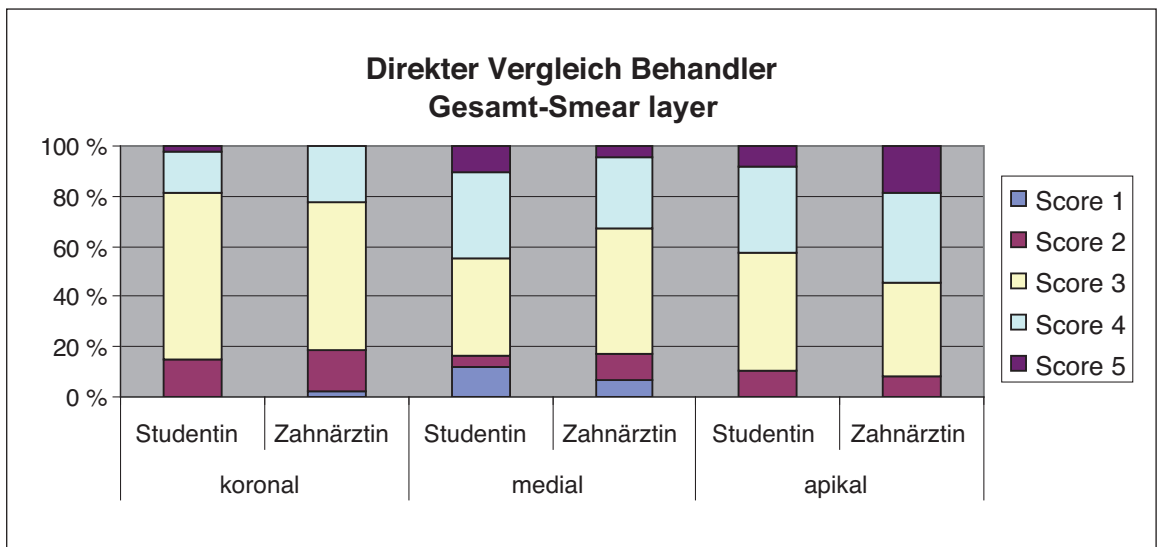


Abb. 9 Darstellung der Sauberkeit (Smear layer) in Abhängigkeit von der klinischen Erfahrung (gesamt).



Score 2, der zwischen 6 % (bei den Oberkiefermolaren) und 12 % (bei den Unterkiefermolaren) lag. Bei den oberen mittleren Schneidezähnen überwog Score 3 mit 63 %. Ein dichter, inhomogener Smear layer auf der gesamten Kanalwand wurde bei den Oberkiefermolaren mit 23 % verzeichnet (Abb. 7). Die Unterkiefermolaren wiesen dagegen nur zu 5 % Score 5 auf.

In der Tabelle 2 sind die deskriptiven Kenngrößen des Smear-layer-Scores in Abhängigkeit von der Lokalisation aufgelistet. Es wurden nur die Scores der Zähne berücksichtigt, für die Beurteilungen zu allen drei Lokalisationen vorlagen.

Der statistische Test ergab für die Reinigungsleistung in den drei Wurzelkanalabschnitten der seitlichen oberen Schneidezähne, der Unterkieferfrontzähne, der Prämolaren und der Oberkiefermolaren signifikante Unterschiede ($p < 0,039$). Die Werte der apikalen Abschnitte waren am höchsten, die der koronalen am niedrigsten. Zwischen den drei Wurzelkanalabschnitten waren bei den Unterkiefermolaren und den mittleren oberen Schneidezähnen keine signifikanten Unterschiede nachweisbar ($p > 0,632$).

In der Gesamtbetrachtung lässt sich für den Parameter „Smear layer“ nach Aufbereitung durch das Mtwo-System eine Verschlechterung der Reinigungsleistung von koronal nach apikal feststellen.

■ Abhängigkeit der Reinigungswirkung von der klinischen Erfahrung

Mit dem Mann-Whitney-U-Test wurden beim Vergleich der Behandlerinnen für den koronalen Wurzelkanalabschnitt signifikante Unterschiede nachgewiesen ($p = 0,022$). Die von der Studentin bearbeiteten Präparate zeigten im koronalen Wurzelkanalabschnitt signifikant höhere Scores. So erreichte die Studentin nur zu 27 % eine saubere Wurzelkanalwand, wohingegen die klinisch erfahrene Zahnärztin dies zu 50 % erzielte (Abb. 8). Bei der unerfahrenen Studentin war zudem der koronale Wurzelkanalabschnitt zu 7 % vollständig oder weitestgehend mit Debris bedeckt. Für die medialen und apikalen Wurzelkanalabschnitte wurden keine signifikanten Unterschiede ermittelt.

Insgesamt fanden sich durchschnittlich nur wenige kleine Ansammlungen von Debris bei beiden Behandlerinnen. In den medialen ($p = 0,467$) und

apikalen ($p = 0,635$) Wurzelkanalabschnitten war eine vergleichbare Reinigungsleistung feststellbar. Bei den übrigen Lokalisationen und Zahntypen wurden keine signifikanten Unterschiede ermittelt.

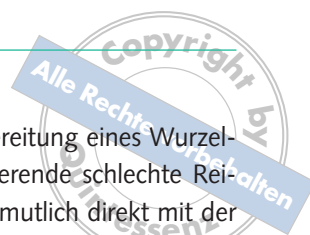
Zusammenfassend wird für den Parameter „Smear layer“ im Vergleich der Behandlerinnen festgestellt, dass durchweg keine signifikanten Unterschiede zu finden waren ($p > 0,18$). Im Durchschnitt lag bei allen Präparaten nach der Aufbereitung entweder durch die Studierende oder durch die klinisch erfahrene Zahnärztin ein Smear layer mit nur wenigen offenen Dentintubuli vor (Abb. 9).

■ Diskussion

Im Bereich der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung von Wurzelkanaloberflächen nach Aufbereitung mit Nickel-Titan-Systemen wurden in den letzten Jahren zahlreiche Studien durchgeführt^{12,14,16,21-28}. Biewald²² untersuchte das Nickel-Titan-System Alpha. Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen für das Mtwo-System wurde beim Debridement eine Verschlechterung nach apikal festgestellt. In Übereinstimmung mit der vorliegenden Studie wurde koronal und medial signifikant weniger Smear layer gefunden. Zu den gleichen Ergebnissen wie Biewald kam auch Hatami¹³ in einer Untersuchung des Alpha-Systems mit gleicher Spüllösung (5 % NaOCl).

In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass das Mtwo-System auf der Basis von Hedström-Feilen im Vergleich zum K-Feilen-basierten Alpha-System beim Debridement bessere Ergebnisse erzielte und für den Parameter „Smear layer“ gleichwertige Resultate lieferte. Kiene et al.²⁹ verglichen die Reinigungsfähigkeit der Nickel-Titan-Systeme ProFile, GT-Rotary, FlexMaster und ProTaper. Die Ergebnisse zeigten, dass Instrumente mit U-förmigem Querschnitt und „radial lands“ (ProFile und GT-Rotary) bei der Entfernung von Debris bessere Ergebnisse erzielten als die Systeme mit konvexem Querschnitt und scharfen Schneidekanten (FlexMaster und ProTaper). Die Ergebnisse für FlexMaster und ProTaper sind mit den Resultaten der vorliegenden Studie vergleichbar.

Die festgestellte Tendenz der abnehmenden Reinigungswirkung nach apikal konnte dagegen für



die vorliegende Studie mit dem Mtwo-System nur für den Parameter „Smear layer“ bestätigt werden. Beim Vergleich der vorliegenden mit den oben genannten Untersuchungen ist erkennbar, dass sich die hier ermittelten Ergebnisse insgesamt in einem höheren Score-Bereich bewegen. Für die Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass in den Studien von Kiene et al.²⁹ 15%iges EDTA als Gleitmittel verwendet wurde, was die Entfernung des Smear layer begünstigte.

In den Vergleichsstudien von Schäfer et al.^{14,16,30} sind nach apikal schlechtere Resultate zu erkennen. In einer vergleichenden Untersuchung konnte mit dem Vierkantsystem RaCe signifikant besser Debris entfernt werden als mit dem Dreikantsystem ProTaper¹⁶. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stimmen mit den RaCe-Ergebnissen überein. Gambarini und Laszkiewicz²⁴ ermittelten dagegen analog zu den vorliegenden Ergebnissen mit dem U-förmigen GT-Rotary-System für Debris keine Unterschiede zwischen dem koronalen und dem apikalen Wurzelkanaldrittel; für den Parameter „Smear layer“ fanden sie jedoch signifikante Unterschiede zwischen den drei Regionen. Übereinstimmend ordneten auch Schäfer et al.¹⁶ das Mtwo-System den Ergebnissen von RaCe und ProTaper zu. In einer Studie von Schäfer et al.³⁰ wurde mit Mtwo-Instrumenten im Vergleich zu K3 und RaCe eine bessere Debrisentfernung erzielt. Auch konnten sie keinen Unterschied bei der Entfernung des Smear layers mit den unterschiedlichen Aufbereitungssystemen ermitteln³⁰, was sich auch hier bestätigte.

Eine unzureichende Aufbereitung eines Wurzelkanals und die daraus resultierende schlechte Reinigungswirkung korreliert vermutlich direkt mit der Feilengeometrie¹⁴. Beim Mtwo-System handelt es sich um Feilen mit zwei scharfen Schneidekanten und S-förmigem Querschnitt. Dieser soll bei gleichzeitig geringem Wandkontakt eine hohe Flexibilität gewährleisten. Im Zusammenhang mit „circumferential filing“ lässt sich ein hoher Dentinabtrag auch in apikalen Bereichen erzielen. Mtwo-Feilen besitzen einen großen Spanraum, wodurch der Abtransport des Dentins gesichert ist. Bei der Wurzelkanalaufbereitung mit dem Mtwo-System wurden unabhängig von der Behandlererfahrung im apikalen Wurzelkanalabschnitt analoge Ergebnisse erzielt. Gleiches stellte auch Biewald²² bei ihrer Untersuchung für die Alpha-Feile fest. Diese Ergebnisse stehen jedoch nicht im Einklang mit den Resultaten einer Untersuchung des Alpha-Systems von Beer et al.^{17,21} an artifizialen Kanälen. Der Endodontologe erzielte hier im apikalen Bereich signifikant bessere Ergebnisse als die unerfahrene Studierende.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ein in der maschinellen Wurzelkanalaufbereitung unerfahrener Behandler mit dem Mtwo-System gute Ergebnisse erzielen kann. Die vorliegende Studie zeigt auch, dass nach einer relativ kurzen Einarbeitungsphase ein sehr guter Lernerfolg zu verzeichnen ist, was für Nickel-Titan-Aufbereitungssysteme auch in anderen Studien bestätigt werden konnte^{17,18,21,29,31}.

■ Literatur

- Grandini S, Balleri P, Ferrari M. Evaluation of Glyde File Prep in combination with sodium hypochlorite as a root canal irrigant. *J Endod* 2002;28:300-303.
- Koçkapan C. Die Bedeutung der Schmierschicht bei der Wurzelkanalbehandlung – Eine Übersicht. *Endodontie* 1995;4:33-48.
- West JD, Roane JB, Goerig AC. Cleaning and shaping the root canal system. In: Cohen S, Burns RC (eds). *Pathways of the Pulp*. 6th ed. St. Louis: Mosby, 1994.
- Brännström M. Smear layer: Pathological and treatment considerations. *Oper Dent* 1984;3:35-42.
- Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical part of curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;79:492-496.
- Kennedy WA, Walker WA, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endod* 1986;12:21-27.
- Saunders WP, Saunders EM. The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha root fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J* 1992;25:245-249.
- Behrend GD, Cutler CW, Gutmann JL. An in-vitro study of smear layer removal and microbial leakage along root canal fillings. *Int Endod J* 1996;29:99-107.
- Petschelt A, Stumpf B, Raab W. Dichtigkeit von Wurzelfüllungen mit und ohne Schmierschicht („smear layer“). *Dtsch Zahnärztl Z* 1987;42:743-746.
- Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of smear layer. *J Dent* 2003;31:275-281.
- Moss HD, Allemang JD, Johnson JD. Philosophies and practices regarding the management of the endodontic smear layer: results from two surveys. *J Endod* 2001;27:537-539.
- Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod* 1997;23:301-306.
- Hatami A. Die kombinierte Anwendung verschiedener Wurzelkanalspülungen nach Aufbereitung mit dem Alpha-System. *Med Diss*, Witten, 2008.
- Schäfer E, Zapke K. A comparative scanning electron microscopic investigation of the efficacy of manual and au-

- tomated instrumentation of root canals. *J Endod* 2000;26:660-664.
15. Schäfer E, Schlingemann R. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile – Part 2. Cleaning effectiveness and instrumentation results in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2003;36:208-217.
 16. Schäfer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2004;37:229-238.
 17. Beer S. Vergleichende Bewertung der Wurzelkanalaufbereitung mit dem Nickel-Titan-System Alpha. *Med Diss, Witten, 2007.*
 18. Teich MC. Vergleichende Untersuchung an doppelt gekrümmten Wurzelkanälen. *Med Diss, Witten, 2007.*
 19. Kugler S, Beer R. Vergleichende Bewertung der Wurzelkanalaufbereitung mit unterschiedlichen Nickel-Titan-Systemen in Abhängigkeit von der Behandlungserfahrung. *Zahnärztl Welt / Reform* 2004;113:561-568.
 20. Veltri M, Mollo A, Mantovani L, Pini P, Balleri P, Grandini S. A comparative study of Endoflare-Hero Shaper and Mtwo NiTi instruments in the preparation of curved root canals. *Int Endod J* 2005;38:610-616.
 21. Beer S, Hatami A, Beer R. Die kombinierte Anwendung verschiedener Wurzelkanalspülungen nach Aufbereitung mit der Alpha-Feile. *Endodontie Journal* 2008;3:16-25.
 22. Biewald D. Die Reinigung der Wurzelkanaloberfläche mit dem Alpha-System in Abhängigkeit vom Zahntyp und von der Behandlungserfahrung. *Med Diss, Witten, 2006.*
 23. Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S, Breschi L, Malagnino V, Prati C. SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2004;37:832-839.
 24. Gambarini G, Laszkiewicz J. A scanning electron microscopic study of debris and smear layer remaining following use of GT rotary instruments. *Int Endod J* 2002;35:422-427.
 25. Hatami A, Beer R. Desinfektion des Wurzelkanals. Allgemeine Anforderungen an Medikamente und Spüllösungen. *Endodontie Journal* 2007;2:28-34.
 26. Hülsmann M, Gressmann G, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2003;36:358-366.
 27. Hülsmann M, Herbst U, Schäfers F. Comparative study of root canal preparation using LightSpeed and Quantec SC rotary nickel titan instruments. *Int Endod J* 2003;36:748-756.
 28. Paqué F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2005;38:8-16.
 29. Kiene JC, Beer R, Gängler P. Oberflächenmorphologie der Wurzelkanalwand nach maschineller Aufbereitung gekrümmter Wurzelkanäle mit verschiedenen NiTi-Systemen – Eine REM-Studie. *Endodontie* 2004;13:121-131.
 30. Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2006;39:203-212.
 31. Markovic L, Eggerath J, Kiene J, Kugler S, Stelzner R, Beer R, Gängler P. Vergleichende Untersuchungen zur Charakterisierung der FlexMaster-Feile. *Zahnärztl Welt / Reform* 2005;114:317-324.



Instrumentation with the Mtwo System Depending on the Clinical Experience – A Study on Cleaning Capacity

KEYWORDS *Root canal cleanliness, root canal preparation, clinical experience, Mtwo*

The main objective of this study was to examine the quality of root canal preparation of the Mtwo system in correlation with the clinical experience of the operator and the tooth type. For the analysis 49 root canals taken from 60 extracted teeth were prepared by a clinically experienced dentist and further 49 root canals were prepared by a clinically inexperienced dental student. Cleanliness of the root canal walls was examined under scanning electron microscopy using 5-score indices for debris and smear layer. The findings of this study show that both a clinically experienced operator as well as a clinically unexperienced operator can achieve good results with the Mtwo system.