

Clinical Evaluation of a New Technique for Interdental Enamel Reduction

Klinische Untersuchung einer neuen Technik zur approximalen Schmelzreduktion

Mei Zhong¹, Paul-Georg Jost-Brinkmann², Markus Zellmann³, Susann Zellmann³, Ralf J. Radlanski⁴

Abstract: In orthodontics, reduction of tooth-size by grinding interproximal surfaces (stripping) of teeth is a common procedure. In order to achieve perfectly smooth surfaces, clinicians have carefully tested various methods and progressively improved this therapeutic procedure.

In this in-vivo study we used scanning electron microscopy (SEM) to evaluate the morphologic effect of a 3-step technique using an oscillating perforated diamond-coated disc for enamel reduction and 2 Sof-Lex XT discs for polishing. This technique was applied in 32 patients with an average age of 15.5 years. A total of 296 interproximal surfaces was treated and replicas were produced for scanning electron microscopy evaluation.

The scanning electron microscopy investigations demonstrated that more than 90% of the reproximated surfaces were very well or well polished, resulting in polished enamel surfaces smoother than untreated enamel. This technique proved to be clinically expedient as it finished each interproximal surface within about 2.2 minutes. At the same time, it was demonstrated to be safe and comfortable for the patient, eliminating the need for lip or cheek protectors and making injuries unlikely.

Key Words: Oscillating enamel reduction · Enamel polishing · Enamel roughness · Stripping · Space gaining

Zusammenfassung: Zahngrößenreduktion durch Beschleifen der Approximalflächen (Strippen) ist ein in der Kieferorthopädie gebräuchliches Verfahren. In dem Bemühen, perfekt glatte Schmelzoberflächen zu erzielen, wurden bereits etliche Methoden gründlich untersucht und immer wieder verbessert.

In der vorliegenden In-vivo-Studie wurde mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) das morphologische Ergebnis eines Verfahrens untersucht, bei dem die Schmelzreduktion mit einer oszillierenden perforierten Diamantscheibe erfolgte und die nachfolgende Politur mit zwei Sof-Lex-XT-Scheiben geschah. Diese Technik wurde bei 32 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 15,5 Jahren angewendet. Insgesamt wurden 296 Approximalflächen behandelt und anschließend Replikas für die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung angefertigt.

Die rasterelektronenmikroskopischen Befunde zeigten, dass mehr als 90% der bearbeiteten Approximalflächen gut oder sehr gut poliert waren; der polierte Schmelz war somit glatter als unbehandelte Zahnoberflächen. Das untersuchte Verfahren erforderte pro Approximalfläche einen Zeitaufwand von 2,2 Minuten und erwies sich somit als klinisch praktikabel. Gleichzeitig war es sicher und komfortabel für den Patienten, indem es Lippenretractoren überflüssig machte und das Verletzungsrisiko trotzdem sehr klein war.

Schlüsselwörter: Oszillierende Schmelzreduktion · Schmelzpolitur · Schmelzrauigkeit · Strippen · Platzgewinnung

¹ Department of Dentistry, Jinan University, Guangzhou, Guangdong, P. R. China,

² Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, University Clinic Charité, Humboldt University, Berlin, Germany,

³ Private orthodontic practice, Berlin, Germany,

⁴ Department of Oral Structural Biology, Benjamin Franklin University Hospital, Free University, Berlin, Germany.

Submitted: 27 Dec 1999.

Accepted: 24 May 2000.

In recent years, many orthodontic specialists have focused their interest increasingly on non-extraction therapy [1, 8, 17, 18]. Among the numerous methods for gaining space, interproximal enamel reduction (IER; "stripping") has been widely accepted by clinicians and researchers. It offers an attractive alternative to extraction therapy because it significantly reduces treatment time [22] and allows transverse arch dimension and anterior inclinations to be maintained. The main indications are elimination of tooth-size discrepancies between upper and lower arch [3], the treatment of mild or moderate crowding [17, 18], and prevention of relapse [4, 6, 23].

Interproximal enamel reduction has been carefully tested and progressively improved. Numerous researchers have focused not only on orthodontic aspects but also on the cariogenic and periodontal implications associated with this procedure. Some studies have indicated that changes in the integrity of the enamel may be predisposing factors for caries and periodontal disease [2, 15]. Many authors agree that the tooth surface after initial grinding is rougher than the original enamel, resulting in a significant increase in plaque accumulation [11, 15, 17]. Different mechanical polishing techniques have been advocated for making the tooth surface smoother [9, 10, 15]. In contrast, Joseph et al. [11] proposed a combined mechanochemical technique. Sealing the interproximal area with a sealant resin after etching was also advocated [19], but this procedure was never widely applied due to the difficulty of guaranteeing a dry working field while sealing and to the potential cytotoxicity of the sealant [21]. Other investigations focused on polishing the ground surfaces [9, 10, 14, 15, 24]. Radlanski et al. [15] reported that, even under in-vitro conditions, it was not possible to produce a furrow-free enamel surface with manual polishing strips. However, Hein et al. [10] demonstrated that perfectly smooth surfaces could be achieved within 180 seconds by polishing with Sof-Lex discs or strips mounted in a motor-driven handpiece.

In a previous investigation using scanning electron microscopy (SEM) to evaluate the morphologic effects of different enamel stripping techniques and of various polishing procedures in vitro, we obtained a satisfactory result by using oscillating perforated diamond-coated discs for stripping and 2 Sof-Lex XT discs for polishing [24].

In the present study we investigated in vivo the interproximal surface roughness and the patients' subjective ratings of treatment with this 3-step method.

Patients and Methods

Thirty-two patients (17 male, 15 female) undergoing orthodontic treatment with either the conventional straight wire or the lingual technique and requiring tooth size reduction according to the above-stated indications were enrolled in this investigation. The average age was 15.5 years with a range of 12 to 27 years. The total number of tooth surfaces undergoing interproximal enamel reduction was 296 (260 interproximal tooth surfaces of incisors and canines and 36 posterior tooth surfaces). The treated interproximal surfaces were neither carious nor filled.

In der jüngeren Vergangenheit ist die Nichtextraktionstherapie für viele Kieferorthopäden zunehmend in den Mittelpunkt ihres Interesses gerückt [1, 8, 17, 18]. Unter den zahlreichen Methoden zur Platzbeschaffung ist die approximale Schmelzreduktion (ASR, „Strippen“) durch Kliniker und Forscher weitgehend akzeptiert. Die approximale Schmelzreduktion bietet eine attraktive Alternative zur Extraktionstherapie, da sie die Behandlungszeit signifikant reduziert [22] und es erlaubt, die transversale Zahnbogendimension sowie die Schneidezahnachsenstellung beizubehalten. Die Hauptindikationen sind das Beseitigen von Zahngrößendiskrepanzen zwischen Ober- und Unterkiefer [3], das Behandeln geringer bis moderater Engstände [17, 18] und die Rezidivprophylaxe [4, 6, 23].

Die approximale Schmelzreduktion wurde gründlich untersucht und zunehmend verbessert. Zahlreiche Untersucher haben sich nicht nur auf die kieferorthopädischen Aspekte konzentriert, sondern auch studiert, ob die approximale Schmelzreduktion einen Einfluss auf das Kariesrisiko und die parodontale Gesundheit hat. Einige Arbeiten weisen darauf hin, dass Veränderungen der Schmelzintegrität prädisponierende Faktoren für Karies und Parodontopathien sein können [2, 15]. Viele Autoren stimmen darin überein, dass die Schmelzoberfläche durch das Abtragen des Schmelzes aufgeraut wird und somit signifikant mehr Plaque akkumuliert [11, 15, 17].

Um die Schmelzoberfläche zu glätten, wurden daher verschiedene mechanische Polierverfahren propagiert [9, 10, 15]. Im Gegensatz dazu empfahlen Joseph et al. [11] eine kombinierte mechanisch-chemische Technik. Ferner wurde vorgeschlagen, die Approximalflächen nach Schmelzätzung mit einem Versiegler zu behandeln [19], aber dieses Prozedere fand niemals weite Verbreitung, da es schwierig ist, das Arbeitsfeld ausreichend trocken zu halten; zudem stehen die Versiegler im Verdacht, zytotoxisch zu sein [21]. Andere Untersucher konzentrierten sich auf das Polieren der beschliffenen Zahnoberflächen [9, 10, 14, 15, 24]. Radlanski et al. [15] berichteten, dass es mit von Hand angewendeten Polierstreifen selbst unter In-vitro-Bedingungen nicht möglich war, Schmelzoberflächen zu erzeugen, die frei von Furchen waren. Dagegen konnten Hein et al. [10] zeigen, dass es mit motorgetriebenen Polierscheiben oder -streifen binnen 180 Sekunden gelingt, perfekt polierte Zahnoberflächen zu schaffen.

In einer früheren rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung verglichen wir verschiedene Schmelzabtrags- und -poliermethoden bezüglich der resultierenden Rauigkeit [24]. Befriedigende Polierergebnisse ergaben sich mit oszillierenden perforierten Diamantscheiben zum Schmelzabtrag und nachfolgender Glättung mit zwei Sof-Lex-XT-Scheiben [24].

In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir in vivo die approximale Schmelzrauigkeit und die Bewertung dieses dreistufigen Vorgehens durch die Patienten.

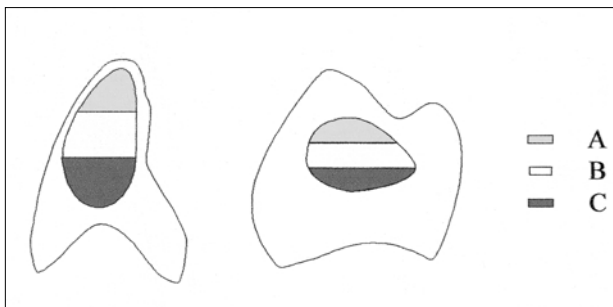
Patienten und Methode

32 Patienten (17 männlich, 15 weiblich), die zum Zeitpunkt der Untersuchung mit konventioneller Straight-Wire- oder Lingualechnik behandelt wurden, nahmen an dieser Studie teil. Alle

Before stripping, the amount of space needed for the arch was calculated or determined by means of an ideal set-up. The amount of enamel to be removed from each tooth surface was then decided. The mesiodistal width of each tooth was measured with a sliding digital caliper and recorded. The instruments used in this investigation for interproximal enamel reduction and polishing were described in our previous in-vitro study [24].

Enamel reduction was first undertaken with a perforated diamond-coated disc (Komet, grain size <30 µm; Brasseler, Lemgo, Germany) mounted in an oscillating handpiece (Model no. 962A-H [prototype], W & H, Austria), using a Sirona S motor (Siemens, Bensheim, Germany) operated at speed setting 4. The maximum amount of enamel removed from incisors, lower canines and the mesial surface of upper canines was 0.3 mm per interproximal surface and from premolars, molars and the distal surface of upper canines 0.6 mm. The ground enamel surfaces were then polished with Sof-Lex XT fine and ultrafine discs (Model no. 2382F and 2382SF, 3M Unitek, Monrovia, CA, USA) at 200 to 400 rpm, each disc being used for at least 40 seconds with adequate water spray. The time required for stripping and polishing respectively was recorded with a stop watch and documented.

When the ground surfaces had been polished, replicas were taken for investigation by scanning electron microscopy. For this purpose, organic surface debris was removed with 5% hypochloride, and the tooth was then rinsed with distilled water and dried with compressed air. Impressions were taken with an injection-type vinyl polysiloxane material (President Plus Jet light body, Coltène, Altstätten, Switzerland). The impressions were rinsed with alcohol, then cast in epoxy resin (Stycast, Grace Specialty Polymers, Grace N. V., Belgium), and the replicas were subsequently sputter-coated with gold for 2 minutes at 25 mA. The polished interproximal area was divided with a pencil marking into 3 zones (Figure 1) of identical vertical dimensions prior to evaluation in a scanning electron microscope (Leica, Cambridge Instruments, Berlin, Germany) at 25 kV. Each interproximal enamel reduction-treated surface was compared with 3 different standards (Figures 2 to 4) and untreated enamel (Figure 5) and subsequently assigned to polishing quality grade 1, 2 or 3. All scanning electron microscopy evaluations were performed by 1 single investigator. Each zone was assessed according to the most poorly polished area. Fisher's exact test (SPSS 8.0 for Windows) was used to analyze any differences between the results of anterior teeth and those of posterior teeth.



benötigten entsprechend den vorstehend aufgeführten Indikationen zur approximalen Schmelzreduktion eine Zahngrößenreduktion. Das Durchschnittsalter lag bei 15,5 Jahren und schwankte zwischen zwölf und 27 Jahren. Die Gesamtzahl der mit approximaler Schmelzreduktion behandelten Zahnflächen betrug 296 (260 Approximalflächen im Frontzahn- und 36 im Seitenzahnbereich). Die behandelten Approximalflächen waren weder kariös noch gefüllt.

Vor der approximalen Schmelzreduktion wurde der erforderliche Platzbedarf errechnet oder anhand eines idealen Setups bestimmt. Anschließend wurde für jede Zahnfläche festgelegt, wie viel Schmelz entfernt werden sollte. Die mesiodistale Zahnbreite aller Zähne wurde mit einer digitalen Schieblehre gemessen und notiert. Die zur Schmelzreduktion und -politur verwendeten Instrumente wurden bereits in unserer früheren In-vitro-Studie beschrieben [24].

Zunächst wurde bei Geschwindigkeitseinstellung 4 an einem Sirona-S-Motor (Siemens, Bensheim, Deutschland), mit einer diamantierten Wabenscheibe (Komet, Korngröße <30 µm, Brasseler, Lemgo, Deutschland) in einem oszillierenden Handstück (Modell Nr. 962A-H [Prototyp], W & H, Österreich) die Schmelzreduktion vorgenommen. An Schneidezähnen, unteren Eckzähnen sowie den Mesialflächen oberer Eckzähne wurden pro Approximalfläche maximal 0,3 mm Schmelz abgetragen, während an Prämolaren, Molaren und den Distalflächen oberer Eckzähne bis zu 0,6 mm entfernt wurden. Die beschliffenen Schmelzoberflächen wurden nachfolgend mit Sof-Lex-XT-Scheiben fein und superfein (Model Nr. 2382F und 2382SF, 3M Unitek, Monrovia, CA, USA) bei 200 bis 400 Umdrehungen pro Minute poliert. Die Politur erfolgte unter ausreichender Wasserkühlung für mindestens 40 Sekunden je Scheibe. Mit einer Stoppuhr wurde die für Schmelzabtrag und -politur erforderliche Zeit bestimmt und jeweils protokolliert.

Nach dem Polieren der beschliffenen Schmelzoberflächen wurden für die rasterelektronenmikroskopische Bewertung Replikas angefertigt. Dazu wurden organische Verunreinigungen mit 5%igem Hypochlorid entfernt und der Zahn anschließend mit destilliertem Wasser gespült sowie mit Druckluft getrocknet. Sodann wurden die Zähne mit einem dünn fließenden Silikonmaterial (President Plus Jet light body, Coltène AG, Altstätten, Schweiz) abgeformt. Die Abdrücke wurden mit Alkohol gereinigt sowie anschließend mit einem Epoxyharz (Stycast, Grace Specialty Polymers, Grace N. V., Belgien) ausgegossen. Schließlich wurden die Replikas bei 25 mA für zwei Minuten mit Gold bedampft.

Die polierte Approximalfläche wurde in drei Zonen gleicher vertikaler Dimension eingeteilt (Abbildung 1). Die Grenzen zwischen den einzelnen Zonen wurden mit einem Bleistift mar-

Figure 1. The interproximal enamel reduction-treated tooth surface was divided into 3 zones: A = incisal (occlusal) third, B = middle third, C = cervical third.

Abbildung 1. Die mit approximaler Schmelzreduktion behandelten Approximalflächen wurden in drei Zonen eingeteilt: Zone A = inzissales (okklusales) Drittel, Zone B = mittleres Drittel, Zone C = zervikales Drittel.

After impressions had been taken, the polished tooth surfaces were fluoridated and the patients were asked to describe subjectively the degree of discomfort felt during the interproximal enamel reduction procedure on a scale from 1 to 10. Grade 1

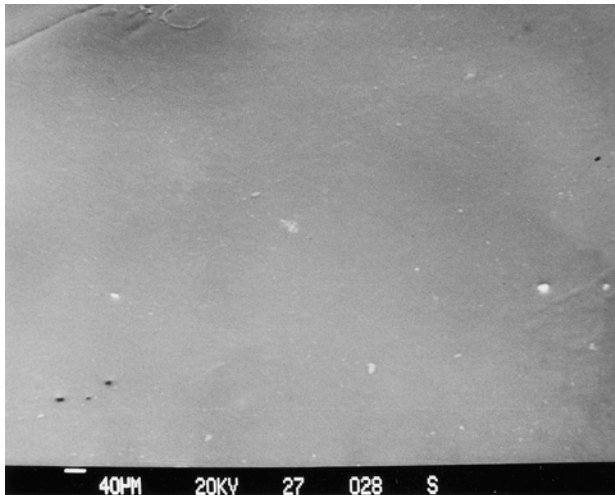


Figure 2. Surface quality after polishing – grade 1 (very good): perfectly polished enamel surface with no furrows. Scanning electron micrograph.

Abbildung 2. Oberflächenqualität nach sehr guter Politur – Grad 1: Perfekt polierte Schmelzoberfläche ohne erkennbare Riefen. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.

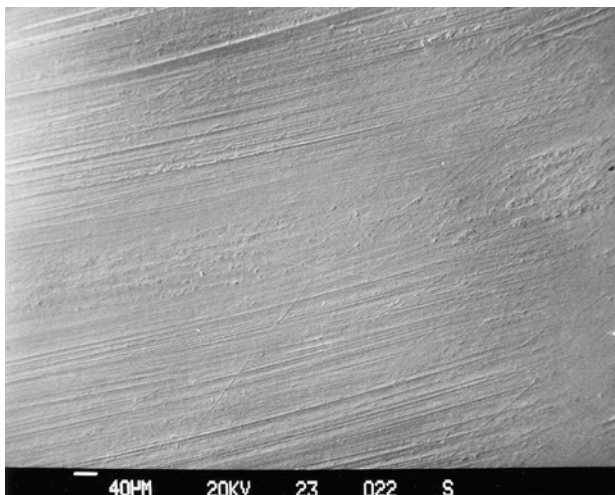


Figure 4. Surface quality after polishing – grade 3 (moderate): enamel surface rougher than Grade 2, with most furrows remaining though somewhat leveled by the polishing. Scanning electron micrograph.

Abbildung 4. Oberflächenqualität nach mäßiger Politur – Grad 3: Die Schmelzoberfläche ist rauer als bei Grad 2. Die meisten Riefen sind noch vorhanden, wenngleich durch das Polieren etwas nivelliert. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.

kiert, bevor die Proben im Rasterelektronenmikroskop (Leica, Cambridge Instruments GmbH, Berlin, Deutschland) bei 25 kV untersucht wurden. Jede mit approximaler Schmelzreduktion behandelte Zahnfläche wurde mit drei Referenzbildern (Abbil-

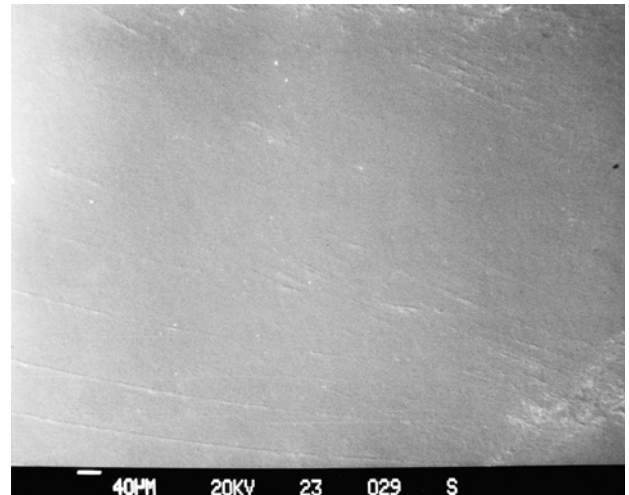


Figure 3. Surface quality after polishing – grade 2 (good): well polished enamel surface showing minor furrows alternating with very well polished areas. The polished surface is smoother than untreated enamel (see Figure 5). Scanning electron micrograph.

Abbildung 3. Oberflächenqualität nach guter Politur – Grad 2: Gut polierte Schmelzoberfläche, bei der kleinere Riefen mit sehr gut polierten Arealen wechseln. Der polierte Schmelz ist glatter als unbehandelte Schmelz (siehe Abbildung 5). Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.

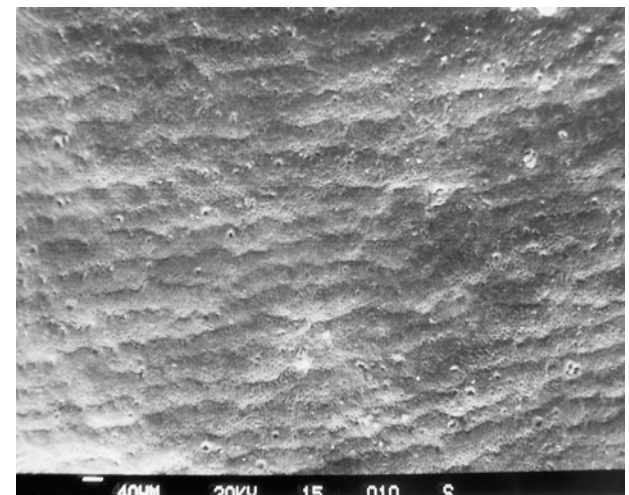


Figure 5. Untreated enamel surface. Scanning electron micrograph.

Abbildung 5. Unbehandelte Schmelzoberfläche. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.

represented no discomfort at all, and grade 10 great discomfort. The patients were also asked if they would prefer a local anesthetic when treated with this technique again.

Results

The scanning electron microscopy evaluation of surface quality after interproximal enamel reduction is shown in Table 1. More than 90% of all surfaces were polished either well (grade 2) or very well (grade 1).

There were no significant differences between roughness of anterior teeth and that of posterior teeth (zone A: $p = 0.645$, zone B: $p = 0.122$, zone C: $p = 0.445$).

The vast majority of patients felt very little discomfort, if any (Table 2).

None of the patients requested an anesthetic if interproximal enamel reduction was to be repeated.

The mean time needed for enamel reduction was 29.8 seconds per surface, and the mean time required per polishing disc (including disc-changing time) for each surface was 51.5 seconds.

Discussion

In this in-vivo study, we used a perforated diamond-coated disc with $< 30 \mu\text{m}$ grain size for enamel reduction and 2 Sof-Lex XT discs (fine and ultrafine) for polishing. The results revealed that more than 90% of all surfaces treated by interproximal enamel reduction were well or very well polished, resulting in enamel markedly smoother than untreated tooth surfaces. Even the remaining, less perfectly polished surfaces (grade 3) were no more plaque retentive than untreated enamel. This confirms our earlier findings in vitro [24] and dispenses with a sealant [19]. This satisfactory result, combined with the application of fluoride to the polished enamel surfaces [16], should relieve the clinician of any apprehension about inducing a carious environment in areas treated by interproximal enamel reduction.

Instead of being limited to the lower incisor region, interproximal enamel reduction has been extended posteriorly into buccal areas which are certainly at greater risk of developing caries. In this study, we found no significant difference between areas treated by interproximal enamel reduction of anterior teeth and of posterior teeth with respect to polishing quality.

dungen 2 bis 4) verglichen, die zu der Bewertung Politurgrad 1, 2 oder 3 führten. Zusätzlich diente unbehandelter Schmelz (Abbildung 5) als Vergleich. Alle rasterelektronenmikroskopischen Befunde wurden durch dieselbe Untersucherin erhoben. Für die Beurteilung jeder Schmelzzone wurde der am schlechtesten polierte Bereich bewertet. Um Unterschiede zwischen Front- und Seitenzähnen zu analysieren, wurde Fishers Exact-Test (SPSS 8.0 für Windows) verwendet.

Nach Abformen der polierten Zähne wurden die Approximalfächen fluoridiert und die Patienten gebeten, den Grad ihrer subjektiven Missempfindungen durch die approximale Schmelzreduktion auf einer Skala zwischen 1 und 10 anzugeben. Dabei bedeutete Grad 1 „überhaupt nicht unangenehm“ und Grad 10 „sehr unangenehm“. Die Patienten wurden ferner gefragt, ob sie eine Lokalanästhesie wünschten, falls eine erneute approximale Schmelzreduktion nötig sei.

Ergebnisse

Die Resultate der rasterelektronenmikroskopischen Oberflächenbewertung gibt Tabelle 1 wieder. Mehr als 90% aller Oberflächen waren entweder gut (Grad 2) oder sehr gut (Grad 1) poliert.

Die Rauheit von Front- und Seitenzähnen unterschied sich nicht signifikant (Zone A: $p = 0,645$, Zone B: $p = 0,122$, Zone C: $p = 0,445$).

Die überwiegende Zahl der Studienteilnehmer empfand die approximale Schmelzreduktion als nicht bis kaum unangenehm (Tabelle 2).

Kein Patient wünschte sich für eine zukünftige approximale Schmelzreduktion eine Lokalanästhesie.

Der durchschnittliche Zeitbedarf für den Schmelzabtrag pro Approximalfäche betrug 29,8 Sekunden. Die nachfolgende Polierdauer lag pro Scheibe bei 51,5 Sekunden; darin ist die Zeit für den Instrumentenwechsel enthalten.

Diskussion

In der vorliegenden In-vivo-Studie verwendeten wir für den Schmelzabtrag diamantierte Wabenscheiben mit $< 30 \mu\text{m}$ Korngröße und für das Polieren zwei Sof-Lex-XT-Scheiben (fein und superfein). Die Ergebnisse zeigen, dass über 90% der

Enamel smoothness	Zone A		Zone B		Zone C	
	Surfaces	%	Surfaces	%	Surfaces	%
Grade 1	258	87.2	279	94.3	223	75.3
Grade 2	26	8.7	16	5.4	56	19.0
Grade 3	12	4.1	1	0.3	17	5.7
Total	296	100	296	100	296	100

Table 1. Scanning electron microscopy results in percent of areas treated by interproximal enamel reduction.

Tabelle 1. Rasterelektronenmikroskopische Befunde in % aller mit approximaler Schmelzreduktion behandelten Zahnflächen.

Grade	Number of cases	%
1	15	46.88
2	6	8.75
3	5	15.63
4	2	6.25
5	3	9.37
6-10	1	3.12
Total	32	100

Table 2. Patient's perception of interproximal enamel reduction.

Tabelle 2. Wahrnehmung der approximalen Schmelzreduktion durch die Patienten.

Since public opinion currently tends to resist extraction therapy and as overexpansion is unstable, interproximal enamel reduction offers an alternative for patients with mild to moderate crowding. According to Fillion [9], up to 0.3 mm of enamel per interproximal surface can be removed from upper anterior teeth, 0.6 mm from upper posterior teeth, 0.2 mm from lower anterior teeth, and 0.6 mm from the mesial and distal surfaces of lower posterior teeth. Sheridan [17] reported that approximately 6.4 mm of space could be created by removing enamel from the "8 buccal contacts", while Stroud et al. [20] stated that 9.8 mm might be expected in the same situation. More than 11 mm of space might even be expected to be gained in 5% of patients by grinding off 50% of the interproximal enamel, an amount considered by various authors to be acceptable [7, 13, 17].

The rougher the surface resulting from enamel reduction, the more difficult it is to achieve a perfectly smooth surface by polishing. Consequently, the finer the grain size used for removing enamel, the easier and less time-consuming is the subsequent polishing [10]. In this study, the furrows resulting from grinding were minimized by using a diamond-coated disc with a grain size of < 30 µm.

Special attention should be paid to the cervical region during polishing. The polishing disc should be moved continuously over the entire ground tooth surface while being cervically tipped towards the ground surface to ensure that the whole area is polished. The abrasive side of the Sof-Lex XT disc must face the handpiece and be pressed against the tooth to allow proper polishing of the interproximal surface. In this study we obviously focused rather too much on the cervical region at the expense of the incisal/occlusal third of the ground surface which, due to its easy access, should usually be polished best. The fact that the cervical aspects were not polished better may be due to the relatively small size of the Sof-Lex XT discs. Larger-diameter Sof-Lex XT discs could be expected to reach the cervical areas more easily and therefore to produce even better results. Because the surface structure of the Sof-Lex XT discs changes considerably within 60 seconds of use, a new set of discs should be used for each interproximal surface to ensure an ideal polishing effect [12].

If an interproximal enamel reduction technique is to be widely accepted, it must not place excessive strain on the patient. Although various instruments have been advocated for dental reproximation [10, 15, 17, 18, 23], few authors have suggested

mit approximaler Schmelzreduktion behandelten Schmelzflächen gut oder sehr gut poliert waren, sodass die resultierenden Oberflächen deutlich glatter waren als unbehandelter Schmelz. Aber selbst die übrigen, weniger perfekt polierten Areale (Grad 3) waren immer noch weniger plaqueretentiv als natürlicher Schmelz. Dies bestätigt die Ergebnisse unserer früheren In-vitro-Studie [24] und macht das Applizieren eines Versieglers [19] überflüssig. Somit sind Befürchtungen, dass die approximale Schmelzreduktion das Kariesrisiko erhöht, unangebracht, zumal die polierten Schmelzflächen fluoridiert werden [16].

Statt auf die Unterkieferschnidezähne beschränkt zu sein, wird die approximale Schmelzreduktion inzwischen auch an Seitenzähnen vorgenommen, deren Risiko, Karies zu entwickeln, sicher höher ist. Im Hinblick auf das Poliererergebnis fanden wir jedoch bei den mit approximaler Schmelzreduktion behandelten Zahnflächen keine Unterschiede zwischen Front- und Seitenzähnen.

Da die öffentliche Meinung gegenwärtig eher gegen Extraktionstherapie eingestellt ist und eine Überexpansion instabil ist, bietet die approximale Schmelzreduktion eine Alternative für Patienten mit geringem oder moderatem Engstand. Nach Fillion [9] können an oberen Frontzähnen pro Approximalfläche maximal 0,3 mm Schmelz abgetragen werden, an oberen Seitenzähnen sind es 0,6 mm, für untere Frontzähne 0,2 mm und bei Unterkieferseitenzähnen 0,6 mm. Sheridan [17] berichtete, dass etwa 6,4 mm Platz gewonnen werden können, wenn eine approximale Schmelzreduktion an den acht seitlichen Approximalkontakten vorgenommen wird. Dagegen gaben Stroud et al. [20] an, dass bei dem gleichen Vorgehen sogar 9,8 mm Platzgewinn möglich sind. Verschiedene Autoren halten es für akzeptabel, bis zu 50% des natürlichen Schmelzmantels zu entfernen [7, 13, 17]. Daraus ergibt sich bei 5% aller Patienten sogar ein Platzgewinn bis zu 11 mm.

Je rauer die beim Abtragen des Schmelzes erzeugte Oberfläche ist, desto schwieriger ist es, nachfolgend eine perfekt glatt polierte Zahnoberfläche zu erzielen. Folglich ist die Politur umso einfacher und schneller, je feiner die Korngröße des Diamantschleifers ist, der zum Abtragen des Schmelzes verwendet wird [10]. In der vorliegenden Studie wurden die beim Abtragen erzeugten Riefen minimiert, indem Diamantscheiben mit < 30 µm Korngröße verwendet wurden.

Besondere Aufmerksamkeit sollte beim Polieren der Zervikalregion geschenkt werden. Dazu sollte die Polierscheibe im Zervikalbereich auf den Zahn zu gekippt sein und in kontinuierlichen Bewegungen über die gesamte zu polierende Zahnfläche geführt werden. Die abrasive Seite der Sof-Lex-XT-Scheiben sollte zur Politur der Approximalflächen dem Winkelstück zugewandt aufgesteckt und bestmöglich gegen den Zahn gedrückt werden. In der vorliegenden Arbeit wurde das Bearbeiten der zervikalerebenen Flächen offenbar etwas zu Lasten der

means of avoiding damage to the gingiva and other soft tissues [5]. Hein et al. [10] saw one disadvantage in that diamond-coated strips used for enamel reduction might easily be jammed between 2 neighboring teeth, a very painful experience for the patient. In our study, the diamond-coated disc oscillated in the handpiece at moderate speed and at an angle of about 60° [24], making injuries unlikely and eliminating the need for lip and cheek protectors. We observed no soft tissue lesions during the procedure, apart from minor papillary incisions resulting from the disc moving in cervical direction beyond the contact point. Even in these cases, however, no patient complained; on the contrary, 81% of all patients selected grade 1 to 3 on a discomfort scale ranging from 1 to 10, and none reported having felt any pain.

The oscillating action of the diamond-coated disc makes tongue and cheek protectors superfluous, and the many perforations in the disc enhance visualization. Visual as well as geometric access can be further improved by using disc segments instead of full 360° discs.

The duration of polishing is one of the factors determining the roughness of the polished surface. Longer polishing times have been proven to make for better results [10, 24], but efficiency is also important to the clinician. Taking about 30 seconds for enamel reduction and a further 51.5 seconds per disc for polishing (i. e. 2 minutes and 12 seconds overall per interproximal surface including disc-changing time), this 3-step interproximal enamel reduction procedure can be carried out at any time during treatment with no discomfort to the patient.

It should be pointed out that, when the contact point is not accessible with instruments because of poor axial inclination or rotations, separating elastics should be applied before enamel reduction to obtain an open field of operation and to provide visual access to the interproximal area. In some cases it may be necessary to straighten the teeth orthodontically before initiating interproximal enamel reduction.

Clinical Conclusions

Given the current emphasis on non-extraction treatment in orthodontics, interproximal enamel reduction is a technique that can provide extra space with all teeth being retained. Interproximal enamel reduction should, however, be performed only after careful evaluation of the quantity of enamel that can be removed without detrimental effects. Using oscillating perforated diamond-coated discs for enamel reduction and fine and ultrafine Sof-Lex XT discs for polishing produces enamel surfaces that are smoother than untreated enamel. This 3-step technique is also clinically expedient as each interproximal surface was finished in about 2.2 minutes. At the same time, it also proved to be safe and comfortable for the patient and to eliminate the need for lip and cheek protectors.

Acknowledgements: The authors wish to thank Mrs. A. Kähler and Mrs. B. Scheidereiter for their expert technical assistance in processing the scanning electron microscopy specimens and Gebr. Brasseler and the W & H company for providing the diamond-coated discs and the oscillating handpiece, respectively.

inzisalen/okklusalen Bereiche übertrieben. Jedenfalls gab es trotz der schwierigeren Zugänglichkeit mehr perfekt polierte mittlere Zahnflächen als inzisale/okklusale. Dass die zervikalen Zahnflächen nicht besser poliert waren, mag mit dem relativ geringen Durchmesser der Sof-Lex-XT-Scheiben zusammenhängen. Die zervikalen Bereiche ließen sich mit Sof-Lex-XT-Scheiben von größerem Durchmesser leichter erreichen, sodass noch bessere Polierergebnisse zu erwarten wären. Da sich die Oberflächenstruktur der Sof-Lex-XT-Scheiben binnen 60 Sekunden Anwendung erheblich verändert, sollten, um stets einen optimalen Poliereffekt zu erreichen, für jede Approximalfläche neue Polierscheiben verwendet werden [12].

Damit eine Methode zur approximalen Schmelzreduktion in hohem Maße akzeptiert wird, darf sie für die Patienten nicht zu belastend sein. Unterschiedlichste Instrumente wurden zur approximalen Schmelzbearbeitung empfohlen [10, 15, 17, 18, 23], aber nur wenige Autoren haben methodische Empfehlungen zum Vermeiden von Verletzungen der Gingiva und anderer Weichteile gegeben [5]. Hein et al. [10] erwähnten als Nachteil, dass sich Diamantstreifen, die zur Schmelzreduktion eingesetzt werden, leicht zwischen den Nachbarzähnen verklemmen, was für den Patienten sehr schmerzhaft ist. In unserer Untersuchung wurden diamantierte Scheiben verwendet, die bei moderater Geschwindigkeit in einem Winkel von etwa 60° oszillierten [24] und dadurch Weichteilverletzungen unwahrscheinlich machten, sodass Lippen- und Wangenretraktoren überflüssig waren. Wir fanden keine Verletzungen, ausgenommen geringe Inzisionen der Papillen, die entstehen, wenn die Scheiben über den Kontakt hinaus nach zervikal bewegt werden. Aber selbst in diesen Fällen beklagte sich keiner der Patienten. Im Gegenteil, 81% wählten Grad 1 bis 3 auf einer bis 10 reichenden Skala zur Beschreibung der mit der approximalen Schmelzreduktion verbundenen Unannehmlichkeiten. Niemand gab an, Schmerz gespürt zu haben.

Durch die oszillierende Arbeitsweise der diamantierten Wabenscheiben werden nicht nur Zungen- und Wangenschutz überflüssig, sondern durch die vielen Perforationen der Scheibe wird auch die Sicht deutlich verbessert. Der visuelle wie auch der geometrische Zugang werden nochmals wesentlich gesteigert, sofern statt vollständiger Scheiben nur Scheibensegmente verwendet werden.

Unter anderem wird die Rauigkeit einer polierten Oberfläche durch die Dauer der Bearbeitung bestimmt. Erwiesenermaßen führen längere Polierzeiten zu besseren Ergebnissen [10, 24], aber für den Kliniker ist auch Effizienz wichtig. Mit einem Zeitaufwand von nur etwa 30 Sekunden für den Schmelzabtrag und weiteren 51,5 Sekunden pro Polierscheibe (macht insgesamt zwei Minuten und zwölf Sekunden pro Approximalfläche inklusive Scheibenwechsel) kann dieses dreistufige Verfahren der approximalen Schmelzreduktion jederzeit im Verlauf einer Behandlung durchgeführt werden, ohne von den Patienten als unangenehm empfunden zu werden.

Es ist wichtig zu erwähnen, dass bei Zähnen, bei denen der Kontaktpunkt infolge von Zahnkipnungen oder -rotationen nicht zugänglich ist, zunächst Separiergummis getragen werden müssen, um die Approximalflächen visuell und instrumentell zugänglich zu machen. In einigen Fällen ist es sogar erforder-

References

1. Alexander RG, Sinclair PM, Goates LJ. Differential diagnosis and treatment planning for the adult. *Am J Orthod* 1986;89:95–112.
2. Arends J, Christofferson J. The nature of early carious lesions in enamel. *J Dent Res* 1986;65:2–11.
3. Ballard ML. Asymmetry in tooth size: a factor in the etiology, diagnosis and treatment of malocclusion. *Angle Orthod* 1944;14:67–70.
4. Bennett JC, McLaughlin RP. Betrachtungen zur Kronenform der Schneidezähne bei der kieferorthopädischen Behandlung. *Inf Orthod Kieferorthop* 1997;29:255–66.
5. Bennett JC, McLaughlin RP. Orthodontic management of the dentition with the preadjusted appliance. Oxford: Isis Medical Media Ltd., 1997.
6. Betteridge MA. The effects of interdental stripping on the labial segments evaluated one year out of retention. *Br J Orthod* 1981;8:193–7.
7. Boese LR. Fiberotomy and reproximation without lower retention, nine years in retrospect. *Angle Orthod* 1980;50:88–97, 169–78.
8. Dibbets JNH, van der Weele LTH. Orthodontic treatment in relation to symptoms attributed to dysfunction of temporomandibular joint: a 10-year report of the University of Groningen study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;91:193–9.
9. Fillion D. Vor- und Nachteile der approximalen Schmelzreduktion. *Inf Orthod Kieferorthop* 1995;27:64–90.
10. Hein C, Jost-Brinkmann P-G, Schillai G. Oberflächenbeschaffenheit des Schmelzes nach approximalem Beschleifen – Rasterelektronenmikroskopische Beurteilung unterschiedlicher Polierverfahren. *Fortschr Kieferorthop* 1990;51:327–35.
11. Joseph VP, Rossouw PE, Basson NJ. Orthodontic microabrasive reproximation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;102:351–9.
12. Jost-Brinkmann P-G, Otani H, Nakata M. Surface condition of primary teeth after approximal grinding and polishing. *J Clin Pediatr Dent* 1991;16:41–5.
13. Peck H, Peck S. Reproximation (enamel stripping) as an essential orthodontic treatment ingredient. St. Louis: Mosby, 1975.
14. Piacentini C, Sfondrini G. A scanning electron microscopy comparison of enamel polishing methods after air-rotor stripping. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:57–63.
15. Radlanski RJ, Jäger A, Schweska R, et al. Plaque accumulations caused by interdental stripping. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;94:416–20.
16. Rogers GA, Wagner MJ. Protection of stripped enamel surfaces with topical fluoride applications. *Am J Orthod* 1985;56:551–9.
17. Sheridan JJ. Air-rotor stripping. *J Clin Orthod* 1985;19:43–59.
18. Sheridan JJ. Air-rotor stripping update. *J Clin Orthod* 1987;21:781–8.
19. Sheridan JJ, LeDoux PM. Air-rotor stripping and proximal sealants – an SEM evaluation. *J Clin Orthod* 1989;23:790–4.
20. Stroud JL, English J, Buschang PH. Enamel thickness of the posterior dentition: its implications for nonextraction treatment. *Angle Orthod* 1998;68:141–6.
21. Tell RT, Sydiskis RJ, Isaacs RD, et al. Long-term cytotoxicity of orthodontic direct-bonding adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:419–22.
22. Winter WW. The artistry of tooth reshaping for beauty and to gain space. *Lancet* 1990;3:1–4.
23. Zachrisson BU. On excellence in finishing, Part 2. *J Clin Orthod* 1986;20:536–56.
24. Zhong M, Jost-Brinkmann P-G, Radlanski RJ, et al. SEM evaluation of a new technique for interdental stripping. *J Clin Orthod* 1999;33:286–92.

derlich, die Zähne vor der approximalen Schmelzreduktion zunächst orthodontisch zu bewegen.

Klinische Schlussfolgerungen

Angesichts des gegenwärtigen Trends zu Nichtextraktionsbehandlungen bietet die approximale Schmelzreduktion eine Möglichkeit, unter Erhaltung aller Zähne Platz zu gewinnen. Aber eine approximale Schmelzreduktion sollte nur nach gründlicher Untersuchung der Schmelzdicke vorgenommen werden, die zeigt, wie viel Schmelz entfernt werden kann, ohne Schäden zu verursachen. Mit einer diamantierten oszillierenden Wabenscheibe zur Schmelzreduktion und feinen sowie superfeinen Sof-Lex-XT-Scheiben zum Polieren werden Schmelzoberflächen erzeugt, die glatter sind als unbehandelter Schmelz. Dieses dreistufige Verfahren ist auch klinisch praktikabel, da der Zeitaufwand je Approximalfläche bei nur etwa 2,2 Minuten liegt. Gleichzeitig erwies sich dieses Vorgehen als komfortabel und sicher für den Patienten, sodass auf Lippen- und Wangenretractoren verzichtet werden kann.

Danksagungen: Die Autoren danken Frau A. Kähler und Frau B. Scheidreiter für ihre versierte technische Hilfe bei den rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen sowie den Firmen Gebr. Brasse-ler und W & H für die Bereitstellung der diamantierten Wabenscheiben und des oszillierenden Winkelstücks.

23. Zachrisson BU. On excellence in finishing, Part 2. *J Clin Orthod* 1986;20:536–56.

24. Zhong M, Jost-Brinkmann P-G, Radlanski RJ, et al. SEM evaluation of a new technique for interdental stripping. *J Clin Orthod* 1999;33:286–92.

Address for Correspondence:

Priv.-Doz. Dr. Paul-Georg Jost-Brinkmann, Abteilung für Kieferorthopädie und Orthodontie, Zentrum für Zahnmedizin, Universitätsklinikum Charité, Medizinische Fakultät der Humboldt-Universität, Augustenburger Platz 1, D-13353 Berlin, Germany, Phone (+49/30) 450-62512, Fax -62911, e-mail: paul-g.jost-brinkmann@charite.de