



Gabriel Krastl, Andreas Filippi

Optische Vergrößerungshilfen im Rahmen periradikulärer Chirurgie



Gabriel Krastl
OA Dr. med. dent.
Klinik für Parodontologie,
Endodontologie und
Kariologie, Universitätskliniken
für Zahnmedizin der
Universität Basel
Hebelstraße 3
CH-4056 Basel
E-Mail: Gabriel.krastl
@unibas.ch

Andreas Filippi
Prof. Dr. med. dent.
Klinik für Zahnärztliche
Chirurgie, Radiologie,
Mund- und Kieferheilkunde
Universitätskliniken für
Zahnmedizin der Universität
Basel
Hebelstraße 3
CH-4056 Basel
E-Mail: Andreas.filippi
@unibas.ch

Bitte richten Sie Ihre
Korrespondenz an
Herrn OA Dr. Gabriel Krastl.

INDIZES Periradikuläre Chirurgie, Wurzelspitzenresektion, Lupenbrille, Operationsmikroskop, Endoskop

Will man im Rahmen der periradikulären Chirurgie mikrochirurgische Techniken zum Einsatz bringen, sind Vergrößerungshilfen unverzichtbar. Der vorliegende Artikel beleuchtet die Möglichkeiten und Grenzen verschiedener optischer Vergrößerungshilfen zur Unterstützung der periradikulären Diagnostik und Therapie.

■ Einleitung

War die zahnerhaltende Chirurgie (Synonym: chirurgische Zahnerhaltung) über fast ein Jahrhundert eine gerne in Anspruch genommene, letzte Alternative zum definitiven Zahnverlust, bieten sich heute weitere Optionen der Versorgung an. In diesem „Verdrängungswettbewerb“ wird auch oft mit Erfolgsraten argumentiert, die scheinbar die Überlegenheit von Implantaten gegenüber der Endodontie¹ und der periradikulären Chirurgie belegen. In den letzten Jahren hat sich insbesondere durch mit Implantaten verbundene Einschränkungen in ästhetisch kritischen Bereichen eine gewisse Ernüchterung in der Implantologie breit gemacht. Durch die gleichzeitige Verbesserung der technischen Möglichkeiten und die damit einhergehenden gesteigerten Erfolgsraten der periradikulären Chirurgie findet dieser Teil der zahnerhaltenden Chirurgie wie auch die Zahntransplantation wieder stärkere Beachtung.

Der vorliegende Artikel beschäftigt sich mit dem Aspekt der optischen Vergrößerung und beleuchtet nicht die einzelnen Schritte des operativen Vorge-

hens. Diese können der aktuellen Literatur entnommen werden²⁻¹².

■ Ziele der Wurzelspitzenresektion

Die Wurzelspitzenresektion ist eine endodontisch-chirurgische Behandlung, die das Spektrum zahnerhaltender Therapien erweitert. Nach den aktuellen Qualitätsrichtlinien der Europäischen Gesellschaft für Endodontologie ist das Ziel einer Wurzelspitzenresektion „die Entfernung des Wurzelteils, der nicht desinfiziert und/oder mit einem Wurzelkanalfüllmaterial obturiert werden konnte und dessen Inhalt möglicherweise eine Entzündung verursachte oder unterhielt“¹³. Ferner sollen die Voraussetzungen für eine retrograde Präparation mit anschließendem bakteriendichten Verschluss geschaffen werden. Ein bakteriendichter Verschluss bedeutet nicht nur, dass die Hauptwurzelkanäle retrograd obturiert werden, sondern auch, dass eventuelle weitere Kommunikationswege zwischen dem zumeist infizierten Wurzelkanal und dem periapikalen Gewebe auf Höhe der

Resektionsfläche erkannt und ebenfalls versiegelt werden. Dies trifft beispielsweise für einen Isthmus oder auch für akzessorische Wurzelkanäle zu.

Neben dem Verschluss des oftmals infizierten Wurzelkanalsystems eliminiert die Wurzelspitzenresektion auch weitere Ursachen die – in selteneren Fällen – für die Persistenz einer periapikalen Läsion verantwortlich sein können, wie extraradikuläre Infektionen, so genannte echte Zysten oder entzündungsinduzierende Fremdmaterialien.

■ Mikrochirurgische Operationsprinzipien

Die Einführung mikrochirurgischer Operationsprinzipien in die periradikuläre Chirurgie hat in den letzten 10 bis 15 Jahren die Wurzelspitzenresektion deutlich optimiert^{2,14-19} (Tab. 1).

Insbesondere das Instrumentarium für die retrograde Präparation konnte durch die Entwicklung von Schall- und Ultraschallspitzen bei gleichzeitigem Verzicht auf (Mikrokopf-)Winkelstücke deutlich verkleinert und durch mögliche Mehrfachabwinkelung optimiert werden. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die retrograde Kavität tatsächlich dem ursprünglichen Verlauf des Wurzelkanals folgt.

Die erforderliche Ausdehnung der Osteotomiehöhle kann deutlich verkleinert werden (Durchmesser < 5 mm). Auch ist ein Abschrägen der Wurzelspitze beim Absetzen nicht mehr erforderlich, was die Zahl exponierter Dentinkanälchen und somit das Rezidivrisiko reduziert^{17,20-23}.

Spezielle Lappendesigns, wie beispielsweise der Papillenerhaltungslappen²⁴ oder die Tunneltechnik²⁵, stellen optimale Voraussetzungen für den Erhalt des parodontalen Attachmentlevels dar und verhindern das Auftreten postoperativer Gingivarezessionen.

■ Wesentliche chirurgische Arbeitsschritte und optische Vergrößerung

Nicht alle Arbeitsschritte im Ablauf eines periradikulären Eingriffs erfordern zwingend eine optische Vergrößerung (Abb. 1). Für Lokalanästhesie, Schnittführung sowie Mobilisation des Mukoperiostlappens ist oftmals keine optische Vergrößerung erforderlich. Für die chirurgische Darstellung und das Absetzen der Wurzelspitze sowie die anschließende Kürettage ist eine optische Vergrößerung hilfreich, aber nicht zwingend erforderlich. Nicht selten kann ohnehin erst nach der Entfernung von häufig gut vaskularisiertem und somit deutlich blutendem periapikalen Granulationsgewebe eine genaue Inspektion erfolgen. Für diese Inspektion der Resektionsfläche sind optische Vergrößerungshilfen unverzichtbar (Abb. 2). Kaum sichtbare Längsfrakturen, zusätzliche Wurzelkanäle, Isthmen, Undichtigkeiten einer orthograden Wurzelkanalfüllung und Seitenkanäle müssen zur Vermeidung eines Rezidivs erkannt und behandelt werden. Das Anfärben der Resektionsfläche mit 1 bis 2 % Methylblau macht organische Strukturen sichtbar und vereinfacht die Diagnostik deutlich²⁶. Für die anschließende retrograde Präparation und deren Kontrolle ist ebenfalls eine optische Vergrößerung unabdingbar. Das Spülen und Trocknen der retrograden Kavität sowie gegebenenfalls das Entfernen des Smear layers wird unter optischer Vergrößerung besser kontrollierbar. Gleiches gilt für die Applikation des retrograden Füllungsmaterials. Die zuverlässige Kontrolle der retrograden Füllung vor und nach dem Entfernen von Füllungsüberschüssen setzt wiederum Vergrößerungshilfen voraus. Das Spülen der knöchernen Kavität und der Wundverschluss benötigen keine optische Vergrößerung, mit Ausnahme spezieller Schnittführungen (z. B. Papilla-Base-Incision), die sehr feines Nahtmaterial erfordern¹⁴.

Tabelle 1 Gegenüberstellung der traditionellen und mikrochirurgischen Technik bei der Wurzelspitzenresektion

Traditionelle Technik	Mikrochirurgie
Größere Osteotomie	kleinere Osteotomie
Größerer Verlust der bukkalen Knochenlamelle	minimaler Verlust der bukkalen Knochenlamelle
Großer Resektionswinkel: 30 bis 45°	kleiner Resektionswinkel: 0 bis 10°
Freilegung vieler Dentintubuli	Freilegung weniger Dentintubuli
Übersehen der lingualen Wurzelspitze möglich	einfache Identifikation der Wurzelspitzen
Linguale Perforation der Wurzel möglich	Risiko für linguale Perforation minimiert

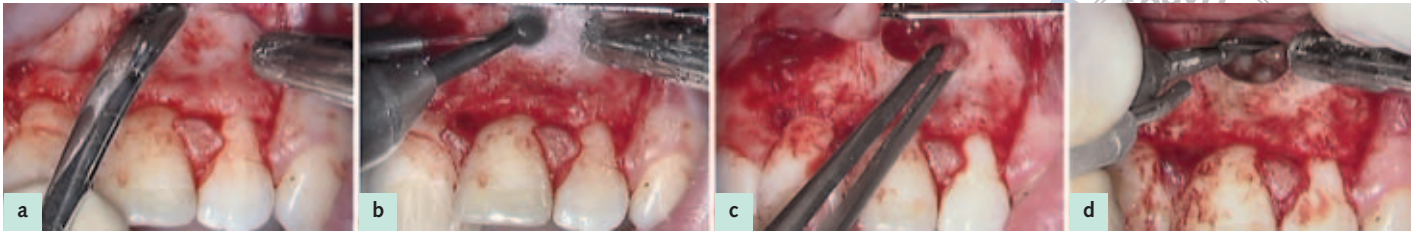


Abb. 1a bis d Operationsschritte im Rahmen einer Wurzelspitzenresektion, die ohne oder mit einfachen Vergrößerungshilfen durchgeführt werden können. **a** Mobilisation des Mukoperiostlappens; **b** Darstellung der Wurzelspitze; **c** Apikale Kürettage; **d** Absetzen der Wurzelspitze.

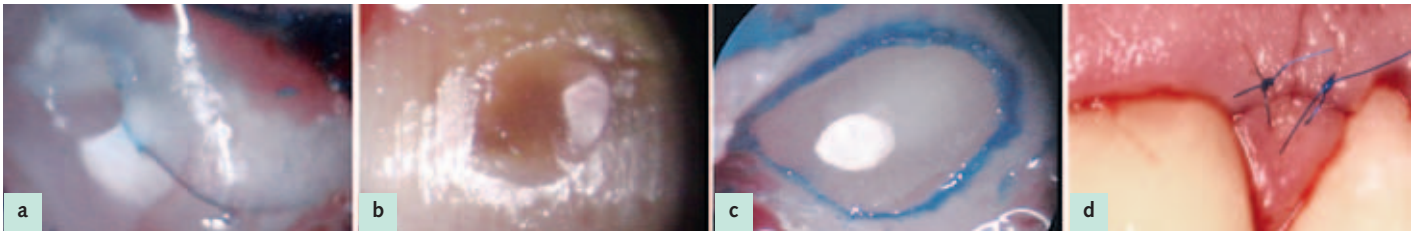


Abb. 2a bis d Operationsschritte im Rahmen einer Wurzelspitzenresektion, die eine optische Vergrößerung erfordern. **a** Inspektion der Resektionsfläche; durch Anfärben mit 2%iger Methylenblaulösung lässt sich ein Riss darstellen; **b** Kontrolle der retrograden Präparation; **c** Kontrolle der retrograden Füllung; **d** Mikrochirurgische Papillennaht mit 7-0 Fäden.



Abb. 3 Einfache Lupenbrille (Galilei'sches System) mit LED-Beleuchtung.



Abb. 4 Prismenlupenbrille (Kepler'sches System; 4,3fache Vergrößerung) mit Xenon-Beleuchtung.

■ Lupenbrille, Operationsmikroskop oder Endoskop?

Lupenbrillen sind in Zahnarztpraxen die am weitesten verbreiteten optischen Vergrößerungshilfen. Meist werden Lupenbrillen mit einer Vergrößerung zwischen zweifach und dreieinhalbfach verwendet. Operationsmikroskope sind vor allem in endodontologisch ausgerichteten Zahnarztpraxen und Kliniken zu finden, Endoskope für die intraorale Anwendung fast ausschließlich in oralchirurgischen Kliniken. Ein-

fache Lupenbrillen (Galilei'sche Systeme; Abb. 3) mit üblicher Vergrößerung um den Faktor 2 bis 3 bieten keine ausreichende Möglichkeit, die oben genannten Strukturen auf der Resektionsfläche gut zu erkennen und sind daher für eine zuverlässige periradikuläre Diagnostik und Therapie nicht ausreichend; sie können maximal zur groben Orientierung hilfreich sein. Etwas bessere Voraussetzungen bieten Prismenlupen (Kepler'sche Systeme) (Abb. 4), unter der Voraussetzung, dass eine adäquate Ausleuchtung mit einer integrierten LED- oder Faseroptik-Beleuchtung

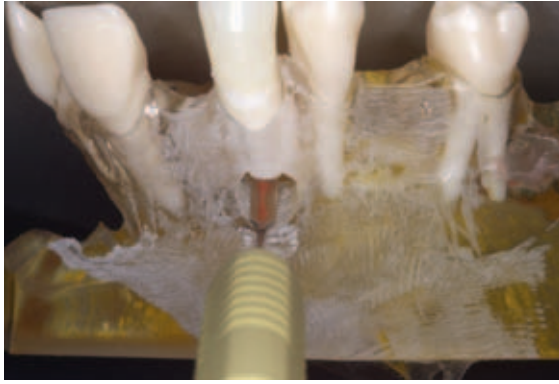


Abb. 5 Spiegelansicht einer retrograden Kavität im Rahmen einer am Modell durchgeführten Wurzelspitzenresektion: Die Darstellung entspricht der mit einer Lupe mit 4,3facher Vergrößerung.



Abb. 6 Operationsmikroskop mit Ausstattung zur Dokumentation mittels digitalem Fotoapparat sowie mit digitaler Videokamera und Schnittleinheit.

vorliegt. Hochwertige Systeme erlauben dabei eine nahezu koaxiale – und damit weitgehend schattenfreie – Ausleuchtung des Operationsfeldes. Mit zunehmender Vergrößerung nehmen – basierend auf physikalisch-optischen Gesetzmäßigkeiten – Schärfentiefe, die Größe des Gesichtsfeldes sowie die Lichtstärke ab²⁷, was den sinnvollen Vergrößerungsbereich auf etwa drei- bis fünffach limitiert (Abb. 5).

Das Operationsmikroskop (Abb. 6), erstmals 1921 von Nysten bei einer Hals-Nasen-Ohrenärztlichen Operation eingesetzt, konnte sich schnell in vielen Bereichen der Medizin etablieren und wird seit 15 bis 20 Jahren auch in der Endodontie angewandt^{18,28}. Es bietet im Vergleich zur Arbeit mit bloßem Auge oder mit Lupe folgende *Vorteile*²⁹:

- schattenfreie Ausleuchtung des Operationsfeldes
- variable Vergrößerung
- erhöhte Präzision
- ständige Vergrößerung sämtlicher Therapie-schritte
- Dokumentation durch Video-/Fotokamera
- aufrechte Sitzposition des Behandlers.

Erst durch die Einführung des Operationsmikroskops konnte sich die periradikuläre Chirurgie zur Mikrochirurgie entwickeln². Diagnostik und Therapie unter dem Operationsmikroskop sind in endodontologisch orientierten Zahnarztpraxen etabliert^{18,30,31}. Vergrößerungen bis Faktor 30 (Abb. 7a bis d) und teilweise auch 40 sind möglich. Da während der Behandlung die Augen des Zahnarztes durch das Okular auf das Operationsgebiet gerichtet sind, müssen sowohl der Einsatz als auch das Anreichen von Instrumenten im

Team geübt werden. Da der Zahnarzt den Patienten während der Behandlung nicht mehr beobachten kann (Gesichtsfarbe, Augen, kalter Schweiß), muss diese Aufgabe an eine Assistentin delegiert werden. Auch darf sich der Patient, insbesondere bei starken Vergrößerungen, nicht bewegen, da sonst sofort das Betrachtungsfeld verschoben ist.

Die heute geforderte horizontale Resektion der Wurzelspitze ohne vestibuläre Abschrägung verhindert eine direkte Aufsicht auf die Resektionsfläche, was den Einsatz von so genannten Mikrosiegeln erforderlich macht (Abb. 8). In Verbindung mit einer leistungsfähigen Xenonbeleuchtung bietet das Operationsmikroskop auch ideale Voraussetzungen für die Dokumentation der Behandlung, die bei entsprechender Ausstattung als Video oder auch als hochauflösendes Foto festgehalten werden kann.

In den 1960er Jahren wurde die moderne Endoskopie durch Hopkins in die Medizin eingeführt und ist heute nicht mehr wegzudenken³². Dadurch konnten Diagnostik und Therapie in den Bereichen Laparoskopie, Neurochirurgie, Gynäkologie, Urologie, Gefäßchirurgie, Arthroskopie, Hals-Nasen-Ohrenheilkunde etc. weiterentwickelt werden. Ohnishi setzte 1975 als Erster das Endoskop in der Zahnmedizin ein, um eine Kiefergelenkarthroskopie durchzuführen³³. Später erleichterte das Endoskop die Diagnostik der Kieferhöhle. In anderen Bereichen der Zahnmedizin konnte sich seine Anwendung bisher nicht etablieren, wobei die Endodontie bzw. periradikuläre Chirurgie eine Ausnahme darstellt³⁴⁻⁴¹. Der Einsatz des Endoskops für die periradikuläre Chirurgie lässt eine direkte Diagnostik ohne den Einsatz von



Abb. 7a Fünffache Vergrößerung.



Abb. 7b Siebeneinhalbfache Vergrößerung.

Abb. 7a bis d
Darstellung von
Neoapex und retrogra-
der Kavität nach
Wurzelspitzenresektion
am Modell unter dem
Operationsmikroskop
mit Hilfe eines
Mikrospiegels.



Abb. 7c Fünfzehnfache Vergrößerung.



Abb. 7d Dreißigfache Vergrößerung.

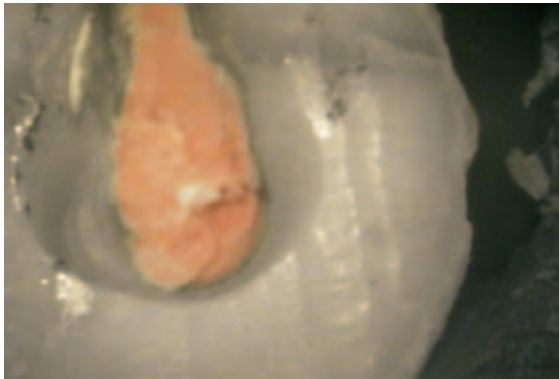
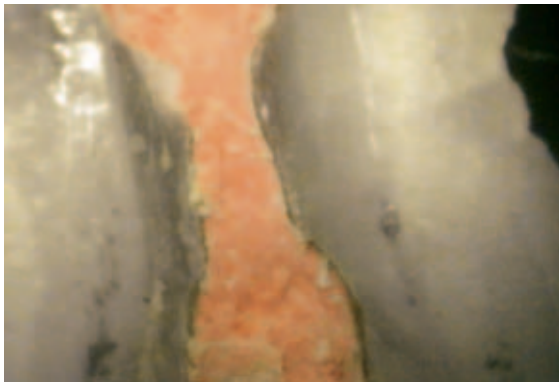
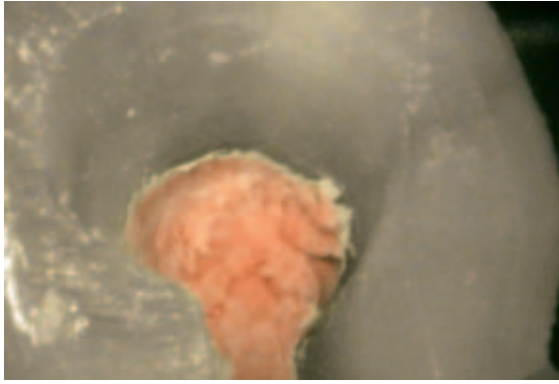
Mikrospiegeln zu³⁵. Die Vergrößerung ist im Vergleich zum Operationsmikroskop um ein Vielfaches stärker, was die Voraussetzungen für eine optimierte Diagnostik und Therapie weiter verbessert. Der Vergrößerungsfaktor wird nicht – wie beim Operationsmikroskop – durch das optische System bestimmt, sondern durch den Abstand zwischen Endoskop und Objekt: Vergrößerungen um den Faktor 100 oder 150 (bei Betrachtung auf einem Bildschirm) sind problemlos möglich (Abb. 9a bis c). Die Möglichkeiten für eine akkurate Diagnostik von Mikrostrukturen auf der Resektionsfläche sind daher mit denen eines Rasterelektronenmikroskops vergleichbar⁴².

An den Universitätskliniken für Zahnmedizin der Universität Basel wird ein Tele-Otoskop mit Hopkins-Optik (70° und 3 mm Durchmesser) eingesetzt (Karl Storz, Tuttlingen) (Abb. 10 und 11). Über ein Glasfaserlichtkabel wird das für die Optik benötigte



Abb. 8 Einsatz eines Mikrospiegels zur Darstellung der retrograden Kavitätenpräparation (Foto mit freundlicher Genehmigung von Dr. H. Hecker, Basel).

Abb. 9a bis c Endoskopische Aufnahme der bereits in den Abbildungen 5 und 7 wiedergegebenen Situation. Der Vergrößerungsfaktor ist abhängig vom Abstand zum Objekt und liegt für die hier präsentierten Aufnahmen zwischen 80 und 100.



Licht von einer Kaltlichtquelle (Xenon Nova, Karl Storz, Tuttlingen) zugeführt. Die gesamte Endoskopieseinheit besteht aus vier Komponenten: dem Teleskop mit Kamerakopf, der Lichtquelle, einer Videokamera (TELECSM-SL) und einem Monitor (Medical Monitor, Fa. Sony, Japan; Abb. 12). Alle Komponenten sind auf einem fahrbaren Stufengestell montiert und lassen sich im Operationssaal frei positionieren. Aus Sterilitätsgründen wird das Kamerakabel einschließlich Kamerakopf in einen sterilen Plastikschlauch verpackt und mit der sterilen Optik verbunden. Das zuführende Lichtkabel und die Optik selbst sind sterilisierbar (auch autoklavierbar bis 134°C). Für einen möglichen Einsatz in der Praxis existieren auch mobile All-in-one-Lösungen, die den größten Teil der technischen Ausstattung in einem kompakten Gehäuse vereinen (Abb. 13). Das Endoskop wird mit der Hand gehalten, sodass der zitterfreie Umgang geübt werden muss (Abb. 14).

Vorteile des Endoskops gegenüber dem Operationsmikroskop sind:

- flexibles System
- rasche Modifikation des Betrachtungswinkels
- direkte Aufsicht (nicht über Mikrospiegel) auf die Resektionsfläche, auch bei minimalinvasiven operativen Zugangskavitäten
- kürzere Lernkurve
- weitgehende Unabhängigkeit von Patientenbewegungen
- kleine Apparaturdimension (für Patienten weniger einschüchternd)
- sehr gute Beleuchtung und Vergrößerung.



Abb. 10 Hopkins-Endoskop für die Wurzelspitzenresektion (Durchmesser 3 mm, Länge 10 cm, 70°-Optik).

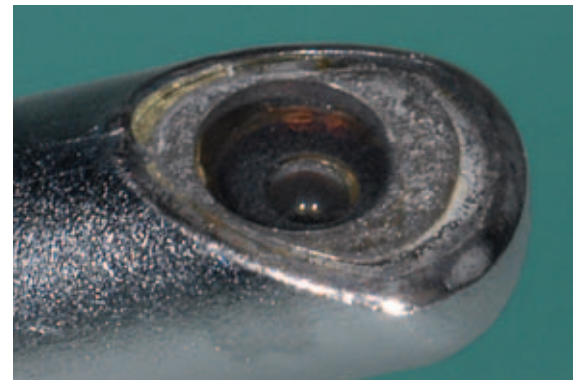


Abb. 11 Endoskopkopf (70°-Optik, Durchmesser 3 mm).



Abb. 12 Endoskopieeinheit, bestehend aus Endoskop mit Kamerakopf, Lichtquelle, Videokamera und Monitor (ab ca. 6.000,- € für eine Standard-Analoglösung; auch digitale und HDTV-Konfiguration möglich).



Abb. 13 Endoskopieeinheit. All-in-one-Lösung (Tele Pac, Fa. Storz, ca. 9.000,- bis 10.000,- €).



Abb. 14 Einsatz des Endoskops im Rahmen eines periradikulären Eingriffs.

Die Dokumentation erfolgt auf Film; daraus entnommene Einzelbilder sind zwar auf die Auflösung des Videosignals begrenzt, was sich aufgrund des hohen Vergrößerungsfaktors aber nicht negativ auf die Darstellung der Strukturen auswirkt.

Im Vergleich zu Operationsmikroskopen oder Lupenbrillen ist die Darstellung zunächst zweidimensional; die räumliche Orientierung kann jedoch durch Bewegungen bzw. leichtes Rotieren des Endoskops erreicht werden. Bedingt durch die Nähe zum Objekt können sich Verschmutzungen der Linse durch Blut oder sterile Kochsalzlösung negativ auf die Bildqualität auswirken²⁷. Während mit dem Operationsmikroskop der gesamte Eingriff unter Sichtkontrolle erfolgen kann, wird das Endoskop eher zur Kontrolle relevanter Arbeitsschritte eingesetzt. Vor diesem Hintergrund ist das Endoskop nach Meinung mancher Autoren²⁷ kein vollständiger Ersatz des Mikroskops, sondern eher als sinnvolle Ergänzung dessen bzw. einer stärker vergrößernden Lupenbrille mit integriertem Licht zu sehen. Andererseits hat sich der alleinige Einsatz des Endoskops bei der periradikulären Chirurgie an manchen Zentren bewährt.

Bei sachgerechtem Vorgehen und adäquater Blutstillung bietet das Endoskop gerade in schwer einsehbaren Bereichen (Molarengbiet) mehr Sicherheit.

■ Erfolgsraten

Die Effizienz einer Wurzelspitzenresektion als zahn-erhaltender Eingriff ist in der Literatur eindeutig belegt. Eine vollständige Heilung (unauffällige radiologische Befunde am Neopex und klinische Symptomfreiheit) ist in 37 bis 91 % der Fälle zu erwarten.

Eine detaillierte aktuelle Übersicht ist bei Friedman⁴³ zu finden. Wird allein die Funktionsfähigkeit des Zahns bei Symptombefreiheit als Erfolgsparameter berücksichtigt, liegt der Prozentsatz erhaltener Zähne trotz fehlender oder unvollständiger röntgenologischer Ausheilung bei 80 bis 94 %⁴³.

Die Prognose wird durch eine Vielzahl prä- und intraoperativer Faktoren beeinflusst⁴⁴. Hierzu gehört auch die Verwendung von Vergrößerungshilfen. Zwar fehlen vergleichende Studien mit hohem Evidenzgrad, die die Überlegenheit endochirurgischer Maßnahmen unter Zuhilfenahme des Operationsmikroskops oder des Endoskops eindeutig belegen, jedoch erleichtern sie die meisten diagnostischen und therapeutischen Schritte im Rahmen des operativen Eingriffs⁴³.

Bisher wurden drei kontrollierte prospektive klinische Studien zur endoskopisch kontrollierten Wurzelspitzenresektion veröffentlicht⁴⁵⁻⁴⁷. Die Einjahreserfolgsraten dieser drei Untersuchungen betragen zwischen 88,9 % und 94,9 %. Der Vergleich der Erfolgsraten endoskopisch kontrollierter Eingriffe mit Operationen ohne Einsatz optischer Vergrößerungshilfen (88,9 % vs. 75,4 %)⁴⁷ beziehungsweise von Eingriffen unter Benutzung eines Endoskops oder einer Lupenbrille (94,9 % vs. 90,6 %)⁴⁶ gaben bei gleichem Operationsprotokoll Hinweise auf Unterschiede in Bezug auf die Prognose.

■ Schlussfolgerung

Seitdem die Wurzelspitzenresektion sich nicht mehr auf das alleinige Absetzen der „erkrankten“ Wurzelspitze beschränkt und die biologischen Grundlagen bei der Indikationsstellung und der Therapie berücksichtigt werden, hat sich auch der technische Aufwand dieser Behandlung deutlich erhöht.

Bei richtiger Indikationsstellung und konsequenter Umsetzung konservativer endodontischer Maßnahmen ist selbst im Rahmen der Revisionsbehandlung ein hoher Prozentsatz an Zähnen mit apikaler Parodontitis erfolgreich therapierbar. Vor diesem Hintergrund kommt die moderne Endochirurgie zunehmend in schwierigen Fällen zum Einsatz, wenn die Möglichkeiten der nichtchirurgischen Therapie ausgeschöpft sind.

Bei Anwendung mikrochirurgischer Techniken in der periradikulären Diagnostik und Therapie sind

Vergrößerungshilfen erforderlich. Prismenlupen mit Vergrößerungen von dreieinhalb- bis fünffach und entsprechender Beleuchtung stellen eine einfache und verhältnismäßig günstige Kompromisslösung mit Einschränkungen dar. Operationsmikroskope haben sich in endodontologischen Spezialpraxen als Standard etabliert. Neben der sehr guten Bildqualität bieten sie die Möglichkeit der Dokumentation als Video oder Foto. Neben der einfachen Handhabung ist der größte Vorteil des Endoskops sein Vergrößerungsfaktor, der mit anderen Hilfsmitteln unerreichbar ist. In spezialisierten Zentren hat sich der Einsatz gerade in schwierigen Situationen bewährt.

■ Literatur

1. Weiger R. Erfolgsaussichten einer Wurzelkanalbehandlung. *Quintessenz* 2005;56:1055-1064.
2. Kim S. Principles of endodontic microsurgery. *Dent Clin North Am* 1997;41:481-497.
3. Velvart P, Peters C, Peters O. Soft tissue management: flap design, incision, tissue elevation, and tissue retraction. *Endodontic Topics* 2005;11:78-97.
4. Stropko J, Doyon G, Gutmann J. Root-end management: resection, cavity preparation, and material placement. *Endodontic Topics* 2005;11:131-151.
5. Hoskinson A. Hard tissue management: osseous access, curettage, biopsy and root isolation. *Endodontic Topics* 2005;11:98-113.
6. Chong BS, Pitt Ford T. Root-end filling materials: rationale and tissue response. *Endodontic Topics* 2005;11:114-130.
7. Hargreaves K, Khan A. Surgical preparation: anesthesia and hemostasis. *Endodontic Topics* 2005;11:32-55.
8. Von Arx T. Periradikuläre Chirurgie. Teil II. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2001;111:981-992.
9. Von Arx T. Periradikuläre Chirurgie. Teil I. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2001;111:579-590.
10. Carrotte P. Surgical endodontics. *Br Dent J* 2005;198:71-79.
11. Lambrecht JT, Filippi A. Zahnerhaltende Chirurgie. In Lambrecht (Hrsg). *Zahnärztliche Operationen*. Berlin: Quintessenz, 2007.
12. Kim S, Pecora G, Rubinstein A. *Color Atlas of Microsurgery in Endodontics*. Oxford: Elsevier, 2001.
13. Qualitätsrichtlinien endodontischer Behandlung. Konsenspapier der Europäischen Gesellschaft für Endodontologie. *Endodontie* 2006;15:387-401.
14. Velvart P, Peters C. Soft tissue management in endodontic surgery. *J Endod* 2005;31:4-16.
15. Peters LB, Wesselink PR. Soft tissue management in endodontic surgery. *Dent Clin North Am* 1997;41:513-528.
16. Kim S, Rethnam S. Hemostasis in endodontic microsurgery. *Dent Clin North Am* 1997;41:499-511.
17. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod* 2006;32:601-623.
18. Carr GB. Microscopes in endodontics. *J Calif Dent Assoc* 1992;20:55-61.
19. Carr GB. Ultrasonic root end preparation. *Dent Clin North Am* 1997;41:541-554.
20. Gagliani M, Taschieri S, Molinari R. Ultrasonic root-end preparation: influence of cutting angle on the apical seal. *J Endod* 1998;24:726-730.

21. Gilheany PA, Figdor D, Tyas MJ. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. *J Endod* 1994;20:22-26.
22. Tidmarsh BG, Arrowsmith MG. Dentinal tubules at the root ends of apicected teeth: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 1989;22:184-189.
23. Tsesis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique. *J Endod* 2006;32:412-416.
24. Velvart P. Papilla base incision: a new approach to recession-free healing of the interdental papilla after endodontic surgery. *Int Endod J* 2002;35:453-460.
25. Harrison JW, Jurosky KA. Wound healing in the tissues of the periodontium following periradicular surgery. I. The incisional wound. *J Endod* 1991;17:425-435.
26. Cambuzzi JV, Marshall FJ, Pappin JB. Methylene blue dye: an aid to endodontic surgery. *J Endod* 1985;11:311-314.
27. Rubinstein R. Magnification and illumination in apical surgery. *Endodontic Topics* 2005;11:56-77.
28. Rubinstein R. Endodontic microsurgery and the surgical operating microscope. *Compend Contin Educ Dent* 1997;18:659-664,666,668.
29. Velvart P. Das Operationsmikroskop – Neue Dimension in der Endodontie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1996;106:356-367.
30. Arnold M. Das Dentalmikroskop – Grundlage für bewährte und neue Verfahren bei der Wurzelkanalbehandlung. *Endodontie* 2007;16:105-114.
31. Pecora G, Andreana S. Use of dental operating microscope in endodontic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;75:751-758.
32. Taschieri S, Del FM, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Use of a surgical microscope and endoscope to maximize the success of periradicular surgery. *Pract Proced Aesthet Dent* 2006;18:193-198.
33. Goss AN, Bosanquet AG. Temporomandibular joint arthroscopy. *J Oral Maxillofac Surg* 1986;44:614-617.
34. Bahcall J, Barss J. Orascope visualization technique for conventional and surgical endodontics. *Int Endod J* 2003;36:441-447.
35. Bahcall JK, DiFiore PM, Poulakidas TK. An endoscopic technique for endodontic surgery. *J Endod* 1999;25:132-135.
36. Bahcall JK, Barss JT. Endodontic therapy using orascope visualization. An update. *Dent Today* 2003;22:95-98.
37. Detsch SG, Cunningham WT, Langloss JM. Endoscopy as an aid to endodontic diagnosis. *J Endod* 1979;5:60-62.
38. Marshall GW, Lipsey MR, Heuer MA, Kot C, Smarz R, Epstein M. An endodontic fiber endoscope for viewing instrumented root canals. *J Endod* 1981;7:85-88.
39. Shulman BB, Leung A. Endoscopic surgery: an alternative technique. *Dent Today* 1996;15:42,44-42,45.
40. Von Arx T, Hunenbart S, Buser D. Die Endoskopie in der endodontischen Chirurgie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2001;111:1302-1310.
41. Von Arx T, Hunenbart S, Buser D. Endoscope- and video-assisted endodontic surgery. *Quintessence Int* 2002;33:255-259.
42. Von Arx T, Montagne D, Zwinggi C, Lussi A. Diagnostic accuracy of endoscopy in periradicular surgery – a comparison with scanning electron microscopy. *Int Endod J* 2003;36:691-699.
43. Friedman S. The prognosis and expected outcome of apical surgery. *Endodontic Topics* 2005;11:219-262.
44. Friedman S. Treatment outcome and prognosis of endodontic therapy. In: Ørstavik D, Pitt Ford TR (eds.). *Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis*. Oxford: Blackwell Science, 1998.
45. Filippi A, Meier ML, Lambrecht JT. Endoskopische Wurzelspitzenresektion – eine klinisch-prospektive Studie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2006;116:12-17.
46. Taschieri S, Del Fabbro FM, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery using 2 different magnification devices: preliminary results of a randomized controlled study. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64:235-242.
47. Von Arx T, Frei C, Bornstein MM. Periradikuläre Chirurgie mit und ohne Endoskopie: eine klinisch-prospektive Vergleichsstudie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2003;113:860-865.

Magnification Aids in Periapical Surgery

KEYWORDS *Periapical surgery, apicoectomy, loupe, surgical operating microscope, endoscope*

By introduction of microsurgery to surgical endodontics, magnification became more relevant. The purpose of this article is to compare both the possibilities and limitations of different magnification aids in periapical surgery.