

Aus dem Department für Interdisziplinäre Zahnmedizin und Technologie
Der Donau-Universität
Krems, Österreich

„Das Patency Konzept“

Masterthesis

zur Erlangung des akademischen Grades
„Master of Science Endodontie“ (MSc)

vorgelegt:

2010

von:

Dr. med. dent. Julia Basel, München

Prüfer: Dr. Priv. Doz. Dr. Thomas Wrbas

Meiner Familie gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
2. DEFINITION DES BEGRIFFS „PATENCY“	3
3. ZIEL DER LITERATURRECHERCHE	5
4. MATERIAL UND METHODE	6
5. ERGEBNISSE	8
5.1 In-vitro Studien	8
5.1.1 Kondensationsspannungen am offenen Foramen	8
5.1.2 Über das Foramen extrudiertes Material	9
5.1.3 Transportation am Foramen	10
5.1.4 Desinfektion der Patency-Feile	11
5.2 In-vivo Studie	12
5.2.1 Periapikale Heilung	12
6. DISKUSSION	13
6.1 Kondensationsspannungen am offenen Foramen	13
6.2 Über das Foramen extrudiertes Material	14
6.3 Transportation am Foramen	17
6.4 Desinfektion der Patency-Feile	18
6.5 Periapikale Heilung	19
7. SCHLUSSFOLGERUNG	23
8. ZUSAMMENFASSUNG/SUMMARY	24
9. LITERATURVERZEICHNIS	26
10. DANKSAGUNG	33
11. LEBENS LAUF	34
12. EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG	35

1. Einleitung

Die endodontische Therapie erfolgt am vitalen und nekrotischen Pulpagewebe eines Zahnes mit dem Ziel, diesen in seiner Funktion und Ästhetik für den Patienten zu erhalten. Obwohl der Erfolg der Behandlung von vielen Faktoren abhängig ist, ist die instrumentelle Aufbereitung des Wurzelkanals wohl für das Endergebnis einer der ausschlaggebendsten (GROSSMANN 1970, SCHILDER 1974).

Schon 1931 erwähnte GROVE die Aufbereitung gerade der apikalen Region des Wurzelkanals als einen besonders wichtigen Schritt. Die Bedeutung der letzten Millimeter des Kanals für Reinigung und Obturation wird von mehreren Autoren (SPANGBERG 2001, COHEN et al. 2006) beschrieben und von SIMON (1994) als "the critical zone for instrumentation" bezeichnet. Bis heute sind sich die Wissenschaftler nicht einig bis wohin der Wurzelkanal apikal aufbereitet und abgefüllt werden soll. In der Literatur wird von vielen die apikale Konstriktion als bevorzugter Endpunkt der Aufbereitung beurteilt (KUTTLER 1955, RICUCCI 1998, RICUCCI & LANGELAND 1998, WU et al. 2000). Vergleichende histologische Untersuchungen und CT Scans haben aber gezeigt, dass in 50% der Fälle eine apikale Konstriktion nicht vorhanden oder nicht immer einfach zu identifizieren ist (DUMMER et al. 1984, SIMON 1994). Dem Anspruch Langelands diesen Punkt rein mit taktilem Geschick und Röntgenbildanalyse zu erfassen, ist deshalb schwer gerecht zu werden (RICUCCI 1998). Wenn vorhanden, liegt der anatomische Apex in der Regel zwischen 0.5 und 2.0 mm vom radiologischen Apex entfernt (KUTTLER 1955).

Um das periapikale Gewebe nicht zu stören, wird bei vitalen und nekrotischen Zähnen die Aufbereitung bis kurz vor den Apex favorisiert. (SCHAEFFER et al. 2005). Andere Autoren schlagen vor bei devitalen Zähnen den Einbezug des Zementkanals in die Präparation (SOUZA 1998) oder postulieren wie SCHILDER (1974) unabhängig des bakteriellen Status deren Termination am radiologischen Apex. FLANDERS (2002) empfiehlt die Aufbereitung des Kanals in jedem Falle auf ganzer Länge, daß heißt bis dorthin, wo die innere

EINLEITUNG

apikale Kanalwand auf die äußere Wurzeloberfläche trifft. Moderne Apexlokatoren ermöglichen heutzutage elektronisch Kanallängen auf ca. 0.5 mm zu bestimmen und sie reagieren sobald die Feile periapikales Gewebe berührt (HÖR et al. 2004).

Während des Aufbereitungsvorganges koronal des Apex werden in der Regel Dentinchips und Fragmente des apikalen Pulpengewebes im Foramen kompaktiert (AL-OMARI et al. 1995, RUDDLE 2001). Das kann zur apikalen Verblockung, Verlust der Arbeitslänge, Stufenpräparation und Perforation führen (SOUZA 2006). Die wiederholte Penetration des apikalen Foramens mit einer feinen Feile soll diese Blockade lösen und den oben genannten Komplikationen vorbeugen (GOLBERG & MASSONE 2002, IZU et al. 2004, TINAZ et al. 2005). Dieses so genannte „Patency Konzept“ wurde 1989 von BUCHANAN vorgestellt und wird seitdem kontrovers diskutiert.

Die Befürworter dieses Konzepts sehen darin den einzigen Weg das biologische und mechanische Ziel der Therapie, nämlich die Reinigung des gesamten Wurzelkanalsystems, zu ermöglichen und gleichzeitig die Gefahr von Aufbereitungsfehlern wie Perforation, Stufen zu minimieren (BUCHANAN 1989, FLANDERS 2002, SOUZA 2006). Die Gegner befürchten damit unter anderem das periapikale Gewebe mechanisch unnötig zu traumatisieren und zusätzlich infiziertes Material und Mikroorganismen über das Foramen hinaus zu transportieren (RICUCCI & LANGELAND 1998).

2. Definition des Begriffs „Patency“

Thesaurus führt als erste Erklärung des Begriffs Patency: “the openness (lack of obstruction) of a bodily passage or duct”. Das online Deutsch-Englisch Wörterbuch Leo übersetzt Patency mit dem Wort Durchgängigkeit.

In der Endodontie ist damit die Durchgängigkeit des apikalen Foramen gemeint. Patency wird als Terminus technicus auch in der deutschen Fachliteratur und Fachsprache geführt. Das physiologische Foramen, auch Konstriktion genannt ist die engste Stelle im Wurzelkanal und bezeichnet die Zement-Dentin Grenze. In diesem auch als endodontischen Apex bezeichneten Bereich geht das Pulpagewebe in ein apikales Mischgewebe, bestehend aus Pulpagewebe und periodontalem Bindegewebe über. Im letzten Abschnitt erweitert sich der Wurzelkanal dann trichterförmig zum Foramen apicale (KRETER & PANTKE 1979) (Abb.1).

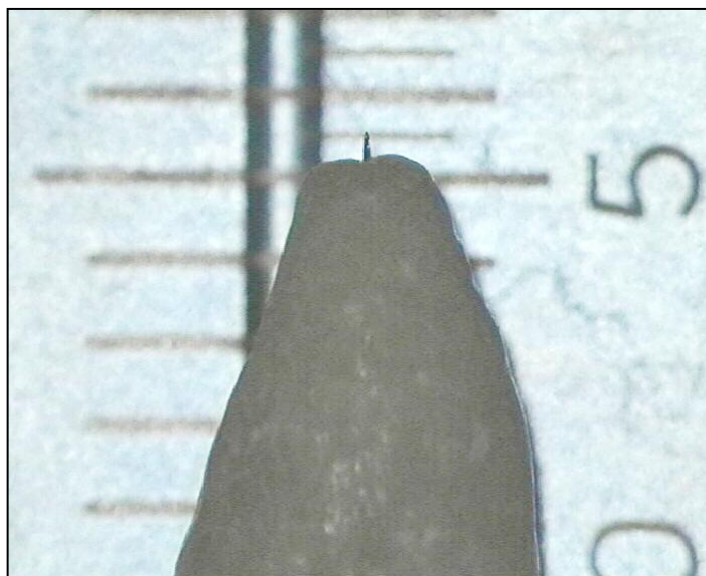


Abb.1: Patency-Feile im Wurzelkanal I

DEFINITION DES BEGRIFFS „PATENCY“

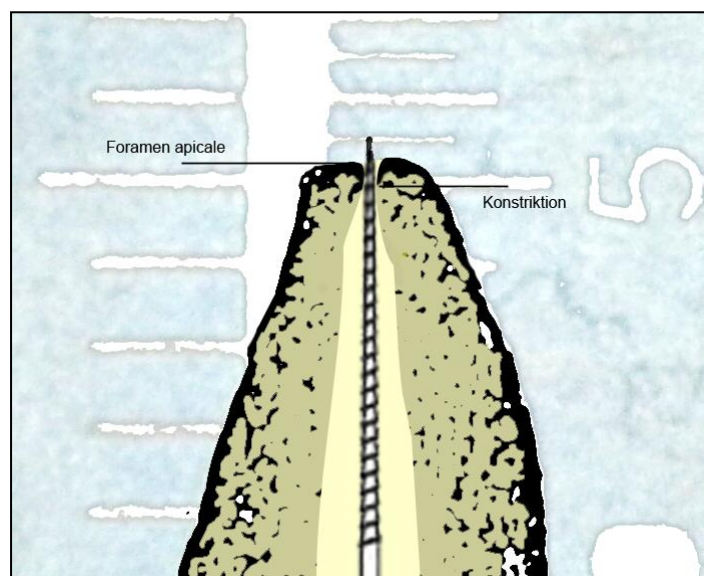


Abb.2: Patency-Feile im Wurzelkanal II

Im offiziellen endodontologischen Lexikon der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung (2000) findet man folgenden Eintrag zur Patency-Feile: "Feilen kleiner ISO-Größen (ISO 10 oder kleiner) sollen bei einigen WK-Aufbereitungen drucklos eine geringe Strecke über die apikale Konstriktion geschoben werden, zur Kontrolle, ob der apikale WK-Bereich mit Dentinspänen verblockt ist."

Dieses Konzept wurde zum ersten Mal von BUCHANAN (1989) beschrieben, der das Vorgehen noch etwas genauer erklärt. Dabei empfiehlt er eine kleine flexible K-Feile etwa 0.5-1.0 mm während der Aufbreitung immer wieder über die apikale Konstriktion hinauszuschieben um das Foramen offen (patent) zu halten ohne es aber zu weiten und zusätzlich einen Austausch der Spülflüssigkeiten am Apex über die Feile zu ermöglichen (Abb.2). Klemmt die # 15 soll auf kleinere Größen zurückgegriffen werden. Damit soll die Akkumulation von Geweberesten und Dentinspäne verhindert sowie das Auftreten von Perforationen, Stufen und der Verlust der Arbeitslänge vermieden werden. In der Literatur finden sich Angaben zur Größe der Patency-Feile zwischen # 10 und # 20 (CAILLETAEU & MULLANEY 1997).

3. Ziel der Literaturrecherche

Die Diskussionen über das „Patency Konzept“ sind oft wenig wissenschaftlich begründet und geprägt von den persönlichen Ansichten und Erfahrungen der Autoren. Die Anzahl der wissenschaftlichen Studien ist bis heute gering.

Die folgende Literaturübersicht soll einen Überblick über den derzeit wissenschaftlichen Stand und die vorhandenen Studien zum Thema Patency geben um abschließend die Kontroversen zu diskutieren.

Folgenden Fragen wurde dabei nachgegangen:

1. Kann die Patencytechnik Aufbereitungsfehler, wie Transportation, Arbeitslängenverlust und Stufenpräparation verhindern?
2. Wird der Extrusion von Debris, sowie Überstopfung von Guttapercha über den Apex durch Anwendung der Patencytechnik Vorschub geleistet?
3. Wie sind die Auswirkungen auf den Periapex und die Langzeiterfolge der Therapie nach Patency?

4. Material und Methode

Aufgrund der vorhandenen Kontroversen zum Thema Patency lag das Augenmerk darauf eine Übersicht über die evidenzbasierten Forschungsergebnisse zu geben und diese vorzustellen.

Die Literaturrecherche fand in einem Zeitraum von März 2008 und bis Dezember 2009 statt. Die computergestützte Datenbank der National Library of Medicine Medline wurde dabei nach folgenden Schlagwörtern durchsucht: patency, patency endodontics, patency root canal, patency file. Auch die Cochrane Library und Google Scholar wurden nach den erwähnten Begriffen befragt, erbrachten aber entweder keine Ergebnisse oder dieselben, wie Medline.

Die Literaturrecherche wurde zunächst auf breiter Basis angelegt ohne Einschränkung auf das Erscheinungsjahr. Für den Begriff Patency alleine wurden 25637 Ergebnisse angezeigt, so dass nur die Ergebnisse der kombinierten Schlagwörter zu einem Datenpool von 47 Veröffentlichungen korreliert wurden. Aus dieser Sammlung wurden dann 11 Publikationen extrahiert, die hauptsächlich und ausschließlich Aspekte der Patency behandeln.

Unter den 11 Arbeiten wiederum befanden sich 3 Abhandlungen zur Patency (FLANDERS 2002, MOUNCE 2005, SOUZA 2006), 1 Umfrage (CAILLETEAU & MULLANEY 1997), 6 in-vitro Studien (GIMLIN et al. 1986, LAMBRIANIDIS et al. 2001, GOLDBERG & MASSONE 2002, IZU et al. 2004, TINAZ et al. 2005, TSESSIS et al. 2008) und nur eine einzige in-vivo Studie (HOLLAND et al. 2005).

Die Studien werden im Folgenden nach Themengebieten und in chronologischer Ordnung vorgestellt, deren Aussagen und Relevanz im späteren Teil der Arbeit diskutiert (Tab. 1). Bei der Recherche in zwei weiteren deutschsprachigen Datenbanken, der Literaturdatenbanken des deutschen Ärzte-Verlags und des Quintessenzverlags, wurde ein Diskussionsbeitrag zum Thema Patency gefunden (HÜLSMAN & SCHÄFER 2008).

In-vitro Studien	In-vivo Studien
<p>Gimlin et al. 1986 The effect of apical foramen patency on condensation stresses.</p>	
<p>Lambrianidis et al. 2001 The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion.</p>	
<p>Goldberg & Massone 2002 Patency file and apical transportation: an in vitro study.</p>	
<p>Izu et al. 2004 Effectiveness of sodium Hypochloride in preventing inoculation of periapical tissues with contaminated patency files.</p>	
<p>Tinaz et al. 2005 The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion.</p>	<p>Holland et al. 2005 The influence of apical patency and filling material on healing process of dogs' teeth with vital pulp after root canal therapy.</p>
<p>Tsesis et al. 2008 The effect of maintaining apical patency on canal transportation.</p>	

Tab.1: In-vivo und in-vitro Studien zur Patency

5. Ergebnisse

5.1 *In-vitro* Studien

5.1.1 Kondensationsspannungen am offenen Foramen

Die erste Studie, die sich mit dem Einfluss der Durchgängigkeit des Foramen auf die endodontische Therapie befasst, stammt von GIMLIN et al. (1986).

Hierbei wurden die Spannungen in der Guttapercha, die während der Kondensation bei geöffnetem und geschlossenem Foramen entstehen, ermittelt. Die Untersuchung wurde rein am mathematischen Modell durch Korrelation der physikalisch, mechanisch und anatomisch auftretenden Faktoren bei vertikaler Obturation mit Guttapercha durchgeführt. Es wurde angenommen, dass sich durch erhöhte Kondensationsspannungen am Apex die Adaptation der Guttapercha verbessert und damit die Abdichtung erfolgreicher ist. Die Erwartungen gingen dahin, dass dies am geschlossenen Apex eher der Fall sei. Entlang der apikalen 2mm der mathematischen Wurzelkanalmodelle wurden an 26 verschiedenen Stellen die auftretenden Spannungen gemessen.

Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Belastungen bei geschlossenem Foramen innerhalb der Guttapercha unabhängig vom Messort mehr oder weniger konstant verhalten.

Bei geöffnetem Apex hingegen kommt es zu einem extremen Spannungsanstieg im Bereich der Konstriktion. Der Unterschied zwischen den Durchschnittswerten von geschlossenem und offenem Wurzelkanalmodell war deshalb signifikant. Hingegen den Erwartungen waren die Kondensationsspannungen in der Guttapercha bei offenem Foramen gerade im letzten Kanalabschnitt deutlich höher als im Vergleichsmodell.

5.1.2 Über das Foramen extrudiertes Material

2001 beschäftigten sich LAMBRIANIDIS et al. mit der Frage, inwieweit der Erhalt der apikalen Patency Einfluss auf die Menge des über den Apex beförderten Präparationsschutts nimmt. Hierbei wurden einwurzelige Frontzähne in-vitro bis zur Konstriktion mit Stepbacktechnik aufbereitet und das über den Apex extrudierte Material gesammelt und gewogen. Die Kanäle wurden vor der Behandlung auf Patency überprüft, das Foramen dann aber während der Präparation gezielt nicht mehr penetriert. Danach wurde die Konstriktion mit einer #30 Feile, die 3 mm über den Apex hinaus geschoben wurde, erweitert.

Die Kanäle wurden nochmals in Stepbacktechnik mit einer neuen, künstlich geschaffenen Konstriktion 1,5 mm koronal der ursprünglichen Arbeitslänge präpariert. Die Menge des dabei extrudierten Materials wurde von neuem bestimmt. Wieder wurde Wert darauf gelegt, dass keine Patency-Feile zur Anwendung kam. Dabei unterscheiden sich die Mengen des gesammelten Präparationsschutts vor beziehungsweise nach Erweiterung der Konstriktion signifikant. Bei intakter Konstruktion wurde mehr Material extrudiert.

Diese Veröffentlichung nutzten LAMBRIANIDIS et al. (2001), um die Ergebnisse in Vergleich mit Voruntersuchungen zu stellen, die denselben Versuchsaufbau benutzten, jedoch mit Erhaltung der Patency während der Präparation. Wo Patency gewahrt wurde, gab es keinen signifikanten Unterschied vor und nach Vergrößerung des Foramendurchmessers.

TINAZ et al. (2005) verglichen eine manuelle und eine maschinelle Aufbereitungsmethode hinsichtlich der über den Apex verlegten Mengen an Präparationstrümmern bei nicht vorhandenem Foramen Physiologicum. Dabei wurden bei der Aufbereitung in beiden Gruppen die Apices absichtlich erweitert und jeweils zwei weitere Untergruppen mit unterschiedlichen Foraminadurchmessern (0,2 mm und 0,4 mm) geschaffen (#15 und # 30 jeweils 2 mm über Apex). Mit Hilfe des Triauto ZX wurde bis 0,5 mm vor dem Apex manuell und maschinell aufbereitet.

ERGEBNISSE

Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Unterschied in der Menge des extrudierten Materials zwischen den durchgeführten Präparationstechniken. Bei vergrößertem Foramen tendierte jedoch mehr Präparationsschutt über den Apex zu gelangen.

5.1.3 Transportation am Foramen

Die European Society of Endodontology (2001) führt in ihren Richtlinien aus, dass ein präparierter Wurzelkanal den gesamten Umfang eines unpräparierten Kanals umgeben soll, Unter dem Begriff Transportation versteht man dementsprechend jegliche unerwünschte Abweichung vom natürlichen Kanalverlauf bei der Präparation (PETERS 2004).

GOLDBERG & MASSONE (2002) gingen der Frage nach, ob eine Patency-Feile zur Transportation am apikalen Foramen führen kann. Hierbei wurden Kanäle jeweils dreimal hintereinander mit einer Patency-Feile der Größe 1mm über das Foramen hinaus penetriert. Patency-Feilen der Größen #10 bis # 25 aus Stahl, sowie NiTi Feilen #15 bis #25 wurden nacheinander in zwei verschiedenen Gruppen eingesetzt. Der Ausgangszustand der Foramina und deren Zwischenstadien nach jeder Instrumentation mit einer Feilengröße wurden fotografisch dokumentiert. Durch Projektion der einzelnen Fotos übereinander konnte dann überprüft werden, ob Transportation vorlag und wenn ja in welchem Ausmass.

In 60% der Fälle kam es zur Transportation, dabei spielte es keine Rolle welcher Feilentyp, Niti oder Stahl, verwendet wurde. In 33,3 % aller präparierten Kanäle war schon bei der Benutzung der # 10 K-Feile eine Veränderung des apikalen Foramendurchmessers zu erkennen, welche proportional zur Instrumentengröße zunahm.

TSESIS et al. (2008) befassten sich einige Jahre später mit dem Thema der Transportation. Es wurde angenommen, dass durch die kontinuierliche Entblockung des apikalen Wurzelkanalabschnitts und des Foramens mit Hilfe

ERGEBNISSE

der Patency-Feile die Transportation des Kanals und der Verlust der Arbeitslänge insgesamt geringer sind als ohne Patency während der Aufbereitung. Es wurden außerdem die Ergebnisse einer manuellen und einer maschinellen Aufbereitungsmethode verglichen, jeweils mit und ohne Erhaltung der Patency mit einer #10 K-Feile. Zur Messung der Veränderung des Kanalverlaufs wurden hier vor und während der Aufbereitung mehrere digitale Röntgenbilder aufgenommen. Diese wurden dann übereinander projiziert und an vier Referenzpunkten verglichen.

Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede. Weder zwischen den Aufbereitungsarten (manuell/ maschinell) noch mit oder ohne Verwendung einer Patency-Feile.

5.1.4 Desinfektion der Patency-Feile

Die Patency-Feile wird oft schon am Beginn der Therapie zum Katheterisieren der Kanäle eingesetzt und dann während der Aufbereitung immer wieder in Zwischenschritten über das Foramen geschoben. Hinsichtlich der Tatsache, dass dabei die Feile auf dem Weg nach apikal im noch nicht vollständig gereinigten Kanal kontaminiert wird, besteht die Gefahr einer potentiellen Verschleppung der Bakterien in den Periapex. Auf der Passage zum Foramen durchfährt die Feile in der Regel eine antibakteriell wirkende Spülflüssigkeit im Kanal.

IZU et al. (2004) haben in einer Studie die Fähigkeit von Natriumhypochlorid getestet, die Kontamination des periapikalen Gewebes über die infizierte Patency-Feile zu verhindern. Dabei wurden in einer Testgruppe mit *Streptococcus sanguis* kontaminierte Feilen durch 5,25% NaOCl gefüllte Wurzelkanäle in ein Kulturmedium geführt. In der anderen Gruppe wurden die infizierten Feilen zunächst für 10 Sekunden in 5,25 % NaOCl gelegt, bevor sie die gefüllten Kanäle passieren und ins Nährmedium eintauchten.

In beiden Versuchsgruppen konnte kein positives Bakteriumwachstum festgestellt werden. Das zeigt, dass unabhängig von der Expositionszeit der Feilen mit 5,25% NaOCL, dieses in der Lage war, die Keime abzutöten bevor

ERGEBNISSE

ein Kontakt mit dem außerhalb des Foramens liegenden Kulturmedium zustande kam.

Im Test zeigten die positiven Kontrollgruppen auch, dass ohne NaOCL im Kanal ein 100% Bakterienwachstum durch die infizierte Feile verursacht wird und kein im Kanal befindliches NaOCL ohne Stimulation nach außen diffundieren und dort antibakteriell wirken kann.

5.2 In-vivo Studie

5.2.1 Periapikale Heilung

Die einzige in-vivo Studie zu diesem Thema wurde von HOLLAND et al.(2005) an Hundezähnen durchgeführt. Dabei waren die Auswirkungen der Instrumentierung mit der Patency-Feile auf den Heilungsprozess des periapikalen Gewebes Gegenstand der Untersuchung. Nach vollständiger Aufbereitung mit und ohne Patency wurden die Zähne unter Verwendung von zwei verschiedenen Sealern mit Guttapercha abgefüllt. Auch die Auswirkungen der unterschiedlichen Abfüllmaterialien auf den Periapex sollten dokumentiert werden.

Zunächst wurden alle Zähne überinstrumentiert, um ein einziges künstliches Foramen zu schaffen, da Hundezähne apikal immer ein Delta haben. Eine Kortikosteroideinlage wurde für sieben Tage in den Kanälen belassen, damit periapikales Gewebe durch das Foramen einwachsen konnte (HOLLAND et al. 1995). Danach wurde in der einen Gruppe dieses Gewebe entfernt (Gruppe mit Patency), bei der anderen belassen (Gruppe ohne Patency) und die Zähne in lateraler Kondensation mit Guttapercha und den verschiedenen Sealern abgefüllt. Nach 60 Tagen wurden die Tiere getötet und die periapikalen Gewebe konnten histologisch nach Entzündungsparametern untersucht werden.

Die Heilung des Periapex war bei allen Proben ohne Patency besser.

6. Diskussion

6.1 Kondensationsspannungen am offenen Foramen

Das Ziel der Obturation ist es, Mikroorganismen vor dem Eindringen in den Wurzelkanal abzuhalten und dem Penetrieren von Gewebeflüssigkeit, die als Substrat für Residualbakterien dienen könnte, entgegenzuwirken. Die weitläufige Meinung besteht, dass bei gutem koronalen und apikalen Verschluss im Wurzelkanal verbliebene Bakterien ohne Konsequenzen bleiben können (DELIVANIS et al. 1978).

GIMLIN et al. (1986) zeigten, dass es bei der Obturation mit offenem Foramen zu einem Spannungsanstieg innerhalb der Guttapercha im Bereich der Konstriktion kommt. Dieser Spannungszuwachs wird mit einer Verbesserung der Verdichtung der Guttapercha und damit einem besseren Verschluss am Apex gleichgesetzt. Zu hohe Spannungen können allerdings auch zum Auftreten von Frakturen führen. Diese Komplikation ist nicht selten. MEISTER et al. (1980) untersuchten 32 vertikale Wurzelfrakturen und kamen zu dem Ergebnis, dass in 27 Fällen die Frakturen erst bei der Obturation aufgetreten sind. Deshalb raten GIMLIN et al. (1986) vom wiederholten Eröffnen des Foramens, wie bei Anwendung des Patency Konzepts, während der Präparation ab und favorisieren den uniformen Spannungszuwachs in der Guttapercha während der Obturation bei geschlossenem Foramen. Ein wichtiger Faktor bei dieser Betrachtung spielt aber auch das Vorhandensein einer apikalen Konstriktion. Wenn keine Verjüngung apikal vorhanden ist, könnte das zu einem Spannungsabfall innerhalb der Guttapercha und dadurch zur Überstopfung ins periapikale Gewebe führen.

CAILLETEAU & MULLANEY (1997) berichteten, dass in manchen amerikanischen Universitäten die Patencytechnik mit Feilengrößen bis zu # 20 gelehrt wird. Wenn das Foramen mit immer größeren Feilen penetriert wird, könnte damit auch die apikale Konstriktion iatrogen zerstört werden. Wegen der fehlenden Verjüngung des Kanals, gibt es dann nicht die

DISKUSSION

entsprechende Widerstandsform, die für eine optimale Obturationshydraulik benötigt wird, und Guttapercha kann in den Periapex gelangen (FLANDERS 2002).

6.2 Über das Foramen extrudiertes Material

LAMBRIANIDIS et al. (2001) zeigten in ihrer Studie, dass nach der Auflösung der Konstriktion mit der # 30 Feile nicht mehr, sondern weniger Dentinspäne über den Apex transportiert wurden, als wenn sie unversehrt blieb. Das scheint widersprüchlich, es gibt dafür aber mögliche Ursachen. Die erste und die zweite Aufbereitung fand auf verschiedenen Ebenen im Wurzelkanal statt, erstere näher am Foramen aipkale. Während der Präparation wurde keine Patency durchgeführt und auch nicht abschließend überprüft. Es könnte also sein, dass sich in den 2 mm Kanalabschnitt zwischen alter und neuer Präparationsebene Dentinspäne angesammelt und zur Verblockung geführt hat. Wahrscheinlicher ist es aber, dass durch Verlegung der Arbeitslänge nach koronal und die weit lumigere Präparation, das Zwischenspülen eher zu einem Abtransport der Späne nach oben, als nach apikal geführt hat.

Bei Anwendung der Patency-Feile im selben Versuchsaufbau ist kein signifikanter Unterschied bezüglich der extrudierten Dentinspannmengen festgestellt worden. Das lässt vermuten, dass entweder mit der Feile gleiche Mengen über den Apex geschoben, oder dank der Feile nach koronal transportiert wurden.

TINAZ et al. (2005) zeigten, dass bei vergrößertem Foramen und nicht vorhandener Konstriktion mehr Späne über den Apex gelangen. Im Unterschied zur Studie von LAMBRIANIDIS et al. (2001) wurde hier die Arbeitslänge nicht verändert. Es gibt bisher keine Aufbereitungsmethode, bei der keine Dentinspäne über den Apex gelangen, das haben zahlreiche Studien bewiesen (MARTIN et al. 1982, FAIRBOURN et al. 1987, MCKENDRY 1990, MYERS et al. 1991, AL-OMARI & DUMMER 1995, BEESON et al. 1998, HINRICHS et al. 1998, REDDY & HICKS 1998, FERRAZ et al. 2001). MYERS & MONTGOMERY (1991) stellten fest, dass

DISKUSSION

bei einer Präparation oberhalb vom Apex weniger Debris sowie Irrigant extrudiert werden, als foramennah. Dieses Ergebnis wird auch in anderen Studien bestätigt, wobei die Präparation 1mm oberhalb des Foramens die geringste Extrusion verursacht (MARTIN et al. 1982, BEESON et al. 1998,).

VANDEVISSE et al. (1975) zeigten, dass die Verlegung von Dentinspäne in den Periapex sehr stark von der verwendeten Menge an Spüllösung abhängt. Die Korrelation von extrudierten Span- and Irrigantmengen erscheint in der Literatur jedoch kontrovers. Manche Autoren berichten von einer positiven Korrelation (HINRICHS et al. 1998, FERRAZ et al. 2001), hingegen andere bestreiten einen Zusammenhang (MYERS & MONTGOMERY 1991).

Die meisten Studien zu diesem Thema sind aber in-vitro Studien. In der einzigen in-vivo Studie haben SALZGEBER et al. (1977) demonstriert, dass vitales Gewebe die Extrusion von Spüllösung verhindern kann, bei devitalen Zähnen hingegen kein Widerlager existiert und demzufolge Spuren der Spüllösung in bestehenden periapikalen Läsionen vorhanden sind.

Fraglich ist allerdings, ob diese natürliche Barriere des gesunden Parodonts auch nach der wiederholten Penetration und Irritation mit der Patency-Feile als solche funktioniert, oder ob diese durch Präparationsart nicht erst der Extrusion in den dann iatrogen verletzten Periapex unnötig Vorschub geleistet wird? Und ob diese Verletzung des ursprünglich gesunden und sauberen Periapex auf den Langzeiterfolg der Therapie signifikanten Einfluss nimmt? Oder der intrakanalen Reinigung Vorzug gegeben werden sollte?

Dort wo die geringsten Mengen an Debris in-vitro extrudiert wurden, hat sich in den meisten Fällen ein apikaler „Plug“ aus Dentinspäne gebildet (AL-OMARI & DUMMER 1995, BEESON et al. 1998). MYERS & MONTGOMERY (1991) fanden in 16 von 19 Fällen, in denen bis 1 mm vor dem Foramen präpariert wurde, eine apikale Verblockung durch Dentinspäne. Unter den 39 Exemplaren, die bis zum Foramen aufbereitet wurden, fanden sich nur 4 Verblockungen. Die biologischen Konsequenzen eines solchen autologen Dentinpfropfs werden in der Literatur widersprüchlich diskutiert (TRONSTAD 1978, HOLLAND et al. 1980, OSWALD & FRIEDMAN 1980, PITTS et al. 1984, BRADY et al. 1985, TORABINEJAD et al. 1985). Versuche an Tieren mit sterilen Dentinplugs zeigten zufrieden stellende Heilung am Periapex, wo

DISKUSSION

hingegen der apikale Verschluss mit infizierter Dentinspäne zu Misserfolgen führte (TRONSTAD 1978, HOLLAND et al. 1980). TRONSTAD (1978) stellte bei seinen Versuchen an Affenzähnen auch fest, dass es weniger häufig zu einer periapikalen Entzündung kam, wenn ein Dentinpfropf apikal vorhanden war. Und PETERSSON et al. (1982) hatten mit dieser Methode bei der retrospektiven periapikalen Untersuchung von menschlichen Zähnen in 92% der Fälle mit dieser Methode ein erfolgreiches Therapieergebnis vorzuweisen. Aufgrund der Tatsache, dass die Sterilität der Dentinspäne auch bei vitaler Pulpa nicht immer sicher angenommen werden und kontrolliert werden kann, bleibt die Verblockung mit autologer Dentinspäne, auch wenn diese einer Extrusion entgegenwirkt, fraglich. Sicher scheint nur, dass im apikalen Wurzelabschnitt verbliebene, infizierte Dentinchips negative Auswirkungen auf den Therapieverlauf haben (HOLLAND et al. 1980).

Die Patency-Feile kann diese Verblockung lösen, birgt aber das Risiko, mehr potentiell infiziertes Material über den Apex zu tragen. Welche Folgen das für die periapikale Heilung und den Therapieausgang haben kann, wird diskutiert. Um das Risiko einer Verschleppung von Präparationsmaterial und Mikroorganismen von koronal nach apikal so gering wie möglich zu halten, wird heutzutage die Crown-down Technik empfohlen. Damit wird der Großteil des Pulpengewebes und der Mikroflora schon nach koronal entfernt, bevor das apikale Drittel bearbeitet wird (REDDY & HICKS 1998, FERRAZ et al. 2001). Moderne Aufbereitungstechniken tendieren zu immer größer werdenden apikalen Präparationen (DALTON et al. 1998, SHUPING et al. 2000, ROLLISON et al. 2002, USMAN et al. 2004), um die Elimination allen potentiell infizierten Materials im Kanal sicherzustellen. Eine von CARD et al. (2002) durchgeführte Studie dazu zeigte, dass nur eine apikale Präparation weit über den empfohlenen Durchmesser, bakterienfreie Kanäle lieferte.

6.3 Transportation am Foramen

Von vielen Praktikern wird das Patency Konzept vor allem empfohlen, da es den typischen Aufbreitungsfehlern, wie der akzidentiellen Stufe, der Transportation des Kanalverlaufs und dem Verlust der Arbeitslänge, angeblich entgegen wirkt (FLANDERS 2002, SOUZA 2006). Diese Aufbereitungsfehler können zur ungenügenden Reinigung des Kanalsystems und am Foramen zu einer Wundvergrößerung führen (RICUCCI & LANGELAND 1998). Das wiederum kann den Behandlungserfolg gefährden. Außerdem werden dadurch dünne Kanalwandabschnitte präpariert, die zu Perforationen oder vertikalen Frakturen führen können (CRUMP & NATKIN 1970, WEINE et al. 1975).

CAILLETEAU & MULLANEY (1997) stellten fest, dass es mit zunehmender Kanalkurvatur immer schwieriger wird, den Kanalverlauf nicht durch die Aufbereitung zu verändern. Typischerweise kommt es apikal meist zu einer Überpräparation an der äußeren Kurve der Konvexität und koronal im Bereich der Konkavität hin zur Furkation zum Mehrabtrag bei mehrwurzeligen Zähnen (WILDLEY et al. 1992). FAN et al. (2000) konnten in einer Studie mit obturierten Kanälen nachweisen dass die irregulär geformten Kanäle wesentlich mehr Leakage aufwiesen, als die ohne oder nur mit geringer Transportation des Kanalverlaufs. KUTTLER & GREEN (1955) berichteten von einem natürlichen Foramendurchmesser mit Durchschnittswerten zwischen 0,55 mm und 0,65 mm.

Patency-Feilen kleiner Größen sollten theoretisch ohne Probleme solche Foramendurchmesser passiv passieren können. GOLDBERG & MASSONE (2002) zeigten aber, dass in 33,3 % aller präparierten Kanäle schon bei der Benutzung der # 10 K-Feile als Patency-Feile eine Veränderung des apikalen Foramendurchmessers zu erkennen war. Diese Veränderung verlief proportional zur verwendeten Instrumentengröße. Da das Foramen normalerweise lateral vom Apex liegt, kann man also davon ausgehen, dass immer eine einseitige Bearbeitung der Kanalwand vorliegt. unabhängig von der Feilengröße und der Art der Instrumentierung (PINEDA & KUTTLER 1972, PONCE et al. 2003).

DISKUSSION

GUTIERREZ et al. (1999) zeigten außerdem, dass es schon bei einer Penetration des Foramens mit einer # 15 K-Feile zu Zementfrakturen und Dentinchips kommen kann. Die Patencytechnik, durchgeführt mit der Feilengröße # 20, wie von CAILLETEAU & MULLANEY (1997) berichtet, scheint hinsichtlich dieser Studienergebnisse vollkommen inadäquat.

TSESIS et al. (2008) wollten zeigen, dass durch die wiederholte Schaffung der Patency, Präparationsfehlern wie Transportation und Verlust der Arbeitslänge Einhalt geboten werden kann. Die Ergebnisse lieferten keine signifikanten Verbesserungen der Aufbereitung, wenn die Patency gewahrt wurde.

Moderne Feilensysteme werden immer wieder auf die Fähigkeit getestet, dem Kanalverlauf flexibel zu folgen und ihn ohne große Formveränderung zu bearbeiten (PORTENIER et al. 1998, SHADID et al. 1998). Nur sehr geringe oder gar keine Transportation wurde dabei unter Verwendung des LightSpeed Systems festgestellt (KNOWLES et al. 1996). Um Präparationsfehler zu vermeiden, wurde auch schon eine Reinigung des Wurzelkanals nur durch Aktivierung von desinfizierenden und Gewebe auflösenden Flüssigkeiten, ohne jegliche Instrumentierung empfohlen (LUSSI et al. 1995). Leider zeigte eine durchgeführte Studie, dass mit dieser Methode nur 21 % der bearbeiteten Wurzelkanäle zufrieden stellend gereinigt werden konnten (ATTIN et al. 2002).

6.4 Desinfektion der Patency-Feile

Die Verwendung der Patencytechnik birgt die Gefahr der Verschleppung von kontaminiertem Material in den Periapex, welches dort die Wundheilung beeinträchtigen kann (RICUCCI & LANGELAND 1998).

IZU et al. (2004) zeigten in ihrer in-vitro Studie, dass unter Verwendung von 5,25% NaOCL eine Kontamination durch die Patency-Feile des unterhalb der Wurzelspitze gelegenen Nährmediums nicht stattfand. In diesem Test wurde eine kontaminierte Feile durch den bereits vollständig aufbereiteten und mit Spüllösung gefüllten Kanal geführt. Geht man davon aus, dass bei einer

DISKUSSION

Crown-down Präparation die Feile wahrscheinlich zunächst das NaOCl passiert und dann nochmals auf Gewebe trifft bevor sie in das Nährmedium, bzw. in den Periapex eintaucht, könnte das Ergebnis jedoch vor allem beim devitalen Zahn anders aussehen. Die Tatsache aber, dass alle positiven Kontrollgruppen Bakterienwachstum zeigten, bewies eindeutig, dass eine Verschleppung von Mikroorganismen in die periapikalen Gewebe über die Patency-Feile möglich ist und berücksichtigt werden muss.

USMAN et al. (2004) zeigten auch, dass durch häufiges Rekapitulieren während der Aufbereitung die Menge der nach apikal transportierten Spüllösung zunimmt. Wenn allerdings, wie in vielen Fällen ohne Durchführung der Patency eine Verblockung mit Dentinspäne apikal stattfindet, kann die Wirkung von NaOCL auch reduziert sein, oder gar neutralisiert werden. Die gesammelte Dentinspäne ist dann nicht nur potentiell infiziert, sondern verhindert auch den Kontakt der Spüllösung oder einer medizinischen Einlage mit tiefer gelegenen Kanalabschnitten (SOUZA 2006). Allerdings fördert die Rekapitulation über den Apex auch den Transport der Spülung selbst ins periapikale Gewebe.

NaOCl kann Dentin sehr gut desinfizieren (ØSTRAVIK & HAAPASALO 1990) und Gewebe auflösen (ZEHNDER et al. 2002). Es ist gleichzeitig aber auch sehr zytotoxisch (PASHLEY et al. 1985) und in der Literatur sind verschiedene Komplikationen beschrieben, die durch ein Überpressen von NaOCL in den Periapex auftreten können. Starke Schmerzen, Schwellung, Ecchymosis, Blutungen aus dem Wurzelkanal sowie länger anhaltende Parästhesien sind bekannte Begleiterscheinungen (REEH & MESSER 1989, HÜLSMAN et al. 2000, HALES et al. 2001)

6.5 Periapikale Heilung

In der einzigen in-vivo Studie zum Thema Patency haben HOLLAND et al. (2005) den Beweis erbracht, dass die Heilung der periapikalen Gewebe nach Präparation mit Patency nach 60 Tagen schlechter vorangeschritten war, als

DISKUSSION

bei Vergleichsexemplaren, die ohne Wahrung der Patency aufbereitet wurden.

In anderen Studien wurde gezeigt, dass es bei Kanälen, die mit Kalziumhydroxid oder unter Verwendung von kalziumhydroxidhaltigen Sealern mit Guttapercha abgefüllt wurden, einen besseren biologischen Verschluss durch neu geformten Zement ergab, wenn die Wurzelfüllung in Kontakt mit intaktem, periapikalen Gewebe stand (HOLLAND et al. 1978).

In diesem von HOLLAND et al. (2005) durchgeführten Test kam es wahrscheinlich zu einem schlechteren Ergebnis, da nach Verletzung der periapikalen Gewebe mit der Patency-Feile die Wurzelfüllmaterialien entweder auf einen leeren Raum oder ein Blutgerinnsel trafen und keiner gesunden Barriere. Außerdem kam es auch bei den Exemplaren mit Patency Konzept zu mehr Überstopfung. SELTZER (1999) analysierte die periapikalen Gewebe von 14 endodontisch behandelten Zähnen und fand in 8 Fällen Überstopfung vor. Von diesen acht Exemplaren zeigten 5 epitheliale Proliferation. Bei HOLLAND et al. (2005) kam es in 19 Fällen zur Überfüllung, aber nur in einem zur epithelialen Proliferation. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich in den unterschiedlich langen Beobachtungszeiträumen, die bei SELTZER (1999) deutlich länger waren. Die Studien sind auch deshalb schwer vergleichbar, da es sich bei HOLLAND et al. (2005) um modifizierte Hundezähne und bei SELTZER (1999) um humane Zähne handelte.

Es gibt zahlreiche histologische Studien mit menschlichen Zähnen, die zeigen, dass die periapikale Heilung bei vitaler Pulpa nach partieller Pulpektomie besser ist, als bei einer totalen (NYBORG & TULLIN 1965, ENGSTRÖM & SPANGBERG 1967, SELTZER et al. 1968, 1969). LANGELAND (1976) hat in seinen histologischen Studien gezeigt, dass das Pulpengewebe im apikalen Bereich, in den lateralen Kanälen, in Ramifikationen und auch beim Vorhandensein einer periapikalen Läsion, vital und nicht infiziert sein kann. Deshalb empfehlen die einen (OGUNTEBI et al. 1982, PASCON et al. 1987, RICUCCI & LANGELAND 1998) unabhängig davon, ob der Zahn vital oder devital und ob eine periapikale Läsion vorhanden ist, die Instrumentierung und Obturation bis zur Konstriktion durchzuführen und nicht darüber hinaus.

DISKUSSION

Andere Autoren wiederum gehen davon aus, dass bei einer Nekrose mit hoher Wahrscheinlichkeit auch der Zementkanal mit anaeroben Bakterien gefüllt ist und empfehlen auch in devitalen Fällen die Instrumentierung über die Konstriktion hinaus. Außerdem favorisieren sie ein offenes Foramen, so dass Spüllösungen und medikamentöse Einlagen über die Konstriktion gelangen (SOUZA 2006). Nach COHEN & BURNS (1994), bietet ein Millimeter Kanalabschnitt mit einem Durchmesser von 0,25 mm, also einem vergleichsweise schmalen Kanal, Platz für 80.000 Streptococci. PECCHIONI (1983) behauptet, dass die Instrumentierung des Periapex ein Problem darstellt und vermieden werden sollte, dass aber eine leichte Überfüllung toleriert werden kann, da die verwendeten Sealer resorbiert werden.

Langeland (LANGELAND 1967, LANGELAND 1995, RICUCCI & LANGELAND 1998) stimmt mit PECCHIONI überein, dass der Sealer resorbiert wird, zeigte aber das initial Nekrose und Entzündung periapikal mit ihm assoziiert sind. Er stellt fest, dass Medikamente und Materialien, die über den Apex gepresst wurden Zerstörung, Entzündungen und „foreign body reactions“ im Gewebe hervorrufen können (LANGELAND 1996). SWARTZ et al. (1983) befanden, dass die Wahrscheinlichkeit, dass überfüllte Kanäle zum Misserfolg führen, viermal höher ist, als bei Wurzelfüllungen, die oberhalb des radiographischen Apex liegen. SJÖRGEN et al. (1990) zeigten, dass Obturationen 0-2 mm oberhalb des radiologischen Apex zu signifikant besseren Langzeitergebnissen bei apikaler Parodontitis führten im Vergleich zu längeren Obturationen. Interessant an dieser Studie war aber auch, dass die Erfolgsaussichten bei Überstopfung in vitalen Fällen im Vergleich nicht geringer waren.

Die Extrusion von Debris und Mikroorganismen, wie bei der Anwendung des Patency Konzepts begünstigt, wird auch als Hauptverursacher der so genannten Flare-ups nach Abschluss der Behandlung beurteilt (YUSUF 1982, SELTZER & NAIRDORF 1985, SJÖRGEN et al. 1990, SIQUEIRA 2003).

Außerdem zeigten KAYAOGLU et al. (2004), dass einige Bakterienstämme resistent sind gegenüber der Körper eigenen Abwehr und dadurch die periapikale Entzündung bestehen lassen sowie den Heilungsprozess behindern können, wenn sie vom Kanal in den Periapex gelangen.

DISKUSSION

Die Überlegungen gehen auch dahin, dass unabhängig von lokalen Begleiterscheinungen durch die Verschleppung von Mikroorganismen in den Periapex ernst zu nehmende Allgemeinerkrankungen, wie Endokarditis, Gehirnabszesse oder Blutvergiftungen, vor allem bei immunsupprimierten Patienten, bedingt werden könnten (DEBELIAN et al. 1994).

7. Schlussfolgerung

Die Kontroversen bezüglich der Patency in der Literatur sind bedauerlich, da die meisten Therapievorschläge auf philosophischen Überlegungen, oder gar auf persönlichen Meinungen der Autoren beruhen, und weniger auf wissenschaftlicher Beweisführung.

Es können als Schlussfolgerungen folgende Aspekte festgehalten werden:

1. Es kommt zu einem Spannungsanstieg bei der Obturation am offenen Foramen, der das Auftreten von Frakturen oder Überstopfung begünstigen kann.
2. Am offenen Foramen ist die Extrusion von Debris in den Periapex begünstigt.
3. Die Patencytechnik stellt kein Mittel zur Verbesserung oder Erhaltung der Aufbereitungsform dar.
4. Eine Patency-Feile der Größe # 10 kann bereits zur Transportation am Foramen führen.
5. Die Patency-Feile kann in-vitro durch 5,25% NaOCL im Kanal auf dem Weg nach apikal desinfiziert werden.
6. In-vivo ist die Heilung nach Anwendung der Patency nach 2 Monaten schlechter, als bei nicht angewandter Patency.
7. Die Zahl der vorhandenen Studien, die sich auf die Durchführung der Patencytechnik beziehen, ist gering und die vorgestellten Ergebnisse raten eher von deren Durchführung ab.
8. Die Literaturübersicht hat vor allem gezeigt, dass noch großer Forschungsbedarf besteht um ein abschließendes Urteil bilden zu können.

8. Zusammenfassung/Summary

Die Patency-Feile ist definiert als eine kleine, biegsame K-Feile, die passiv durch die apikale Konstriktion geführt wird. Die Technik soll eine apikale Verblockung mit Dentinspäne aufheben und Aufbereitungsfehler, wie z.B. Transportation, Arbeitslängenverlust und Stufenpräparation verhindern.

Dieses sogenannte Patency Konzept wird unter den Endodontologen kontrovers diskutiert. Es war das Ziel dieser Literaturübersicht, einen Überblick über den derzeit wissenschaftlichen Stand und die vorhandenen Studien zum Thema Patency zu geben. Dabei sollte geprüft werden, ob die Patencytechnik tatsächlich zu einer besseren Aufbereitungsform verhilft und ob Überstopfungen sowie Irritationen des Periapex durch die Anwendung der Patency begünstigt werden.

Dafür wurden die Cochrane Library, Pubmed und zwei deutsche Datenbanken nach Publikationen zum Thema Patency durchforstet. Es wurden 6 in-vitro Studien und eine in-vivo Studie gefunden und dargestellt. Unter anderem zeigte sich, dass die Patencyfeile eine Extrusion von Debris über das Foramen begünstigt und schon bei kleinen Feilengrößen eine Transportation am Foramen stattfinden kann. Ein offenes Foramen führt zum Spannungsanstieg in der Guttapercha bei der Obturation und in-vivo fand sich im Vergleich ein schlechteres Heilungsergebnis nach Anwendung der Patencytechnik. Die Ergebnisse der Studien stellten keine signifikanten Vorteile durch die Durchführung der Patency heraus, allerdings zeigte sich auch, dass ein Mangel an wissenschaftlich begründeten Publikationen und zusätzlicher Forschungsbedarf zum Thema Patency besteht.

ZUSAMMENFASSUNG/SUMMARY

The patency file is a small flexible K-file, which passively moves through the apical constriction without widening it.

This technique is said to prevent apical blockage with dentin chips as well as numerous complications, such as transportation, loss of working length and ledging. The so called patency concept leads to controversies amongst endodontologists. The aim of this literature review was to give an update on the scientific evidence and studies concerning this subject. The purpose was to prove if the patency technique actually improves the preparation shape and if it leads to more apical extrusion and irritation of the periapical tissues. The data bases of the Cochrane Library, Pubmed and two German Providers were searched for results on patency. Six in-vitro studies and only one in-vivo study were found.

The results showed that the patency file increases the extrusion of debris and that very small file sizes can already lead to transportation at the apex. Condensation stresses in guttapercha significantly increased apically, when obturated with an open foramen. In-vivo healing results were better, when no patency was performed.

So far the studies do not suggest any particular advantage when maintaining patency. This literature review showed as well that there is still a lack of scientific evidence and that more research concerning patency is needed.

9. Literaturverzeichnis

Al-Omari MA, Dummer PM. Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. J Endod 1995; 21:154-158.

Attin T, Buchalla W, Zirkel C, Lussi A. Clinical evaluation of the cleansing properties of the noninstrumental technique for cleaning root canals. Int Endod J 2002; 35: 929-933.

Beeson TJ, Hartwell GR, Thornton JD, Gunsolley JC. Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile. 04 Taper series 29. J Endod 1998; 24: 18-22.

Bellamy R. Confine yourself to the canal. Irish Dentist 2003 July; 10-11.

Brady JE, Himel VT, Weir JC. Periapical response to an apical plug of dentin filings intentionally placed after root canal overinstrumentation. J Endod 1985; 11: 323-329

Buchanan LS. Management of the curved root canal. J Calif Dent Assoc 1989; 17: 18-27

Cailleateau JG and Mullaney TP. Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States schools. J Endod 1997; 23 : 394-396

Card SJ, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M; The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. J Endod 2002; 28: 779-783

Cohen S, Hargreaves KM. Pathways of the Pulp 9th ed. St. Louis: C.V. Mosby, 2006.

Cohen S, Burns R. Pathways of the Pulp.6th ed. St. Louis: Mosby, 1994

Crump MC, Natkin E. Relationship of broken root canal instruments to endodontic case prognosis: a clinical investigation. J Am Dent Assoc 1970; 80: 1341-1347.

Dalton BC, Ørstavik D, Phillips C, Pettiette M, Trope M. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. J Endod 1998; 24: 763-767

Debelian GJ, Olsen I, Tronstad L. Bacteremia in conjunction with endodontic therapy. Endod Dent Traumatol 1994; 11: 142-149.

Delivanis P, Tabibi A. A comparative sealability study of different retrofilling materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1978; 45: 273-281

LITERATURVERZEICHNIS

Dummer PMH, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J* 1984; 17: 192-198.

European Society of Endodontology. Undergraduate curriculum guidelines for endodontology. *Int Endod J* 2001; 34: 574-580

Engström B, Spanberg L. Wound healing after partial pulpectomy. A histological study performed on controlateral tooth pairs. *Odontologisk Tidskrift* 1967; 75: 5-18

Fairbourn DR, McWalter GM, Montgomery S. The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris. *J Endod* 1987; 13: 102-108

Fan B, Wu M-K, Wesselink P. Leakage along warm guttaperch fillings in the apical canals of curved roots. *Endod dent Traumatol* 2000; 16: 29-33

Ferraz CC, Gomes NV, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J* 2001; 34: 354-358

Flanders DH. Endodontic Patency. How to get it. How to keep it. Why is it important. *NYSDJ* 2002; 3: 30-32

Gimlin DR, Parr CH, Aguirre-Ramirez G. The effect of apical foramen patency on condensation stresses. *Endod Dent Traumatol* 1986; 2: 252-255

Goldberg F and Massone EJ. Patency file and apical transportation: an in vitro study. *J Endod* 2002; 28: 510-511

Green D. A stereo-binocular microscopic study of the root apices and surrounding areas of 100 mandibular molars: a preliminary study. *Oral Surg* 1955; 8: 1298-1304

Grossman LI. *Endodontic practice*, 7th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1970.

Grove CJ. The value of the dentinocemental junction in pulp canal surgery. *J Dent Res* 1931; 11: 466-468.

Gutierrez JH, Brizuela C, Villota E. Human teeth with periapical pathosis after overinstrumentation and overfilling of the root canals: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 1999; 32: 40-48

Hales JJ, Jackson CR, Everett AP, Moore SH. Treatment protocol for the management of sodium hypochlorite accident during endodontic therapy. *Gen Dent* 2001; 49: 278-281.

Hinrichs RE, Walker WA, Schindler WG. A comparison of apically extruded debris using handpiece-driven nickel-titanium instrument systems. *J Endod* 1998; 24: 102-106.

LITERATURVERZEICHNIS

Holland R, De Souza V, Nery MJ, de Mello W, Bernabe PFE, Otoboni Filho JA. Tissue reactions following apical plugging of the root canal with infected dentin chips. A histologic study in dogs' teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 49: 366-369

Holland R, Otoboni Filho JA, Souza V, Nery MJ, Bernabe PFE, Dezan Junior E. Calcium hydroxide and corticosteroid-antibiotic association as dressing in cases of biopulpectomy. A comparative Study in dogs' teeth. *Braz Dent J* 1998; 9: 67-76

Holland R, Sant'Anna Junior A, Souza V, Dezan Junior E, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, Nery MJ, Murata SS. The influence of apical patency and filling material on healing process of dogs' teeth with vital pulp after root canal therapy. *Braz Dent J* 2005; 16(1): 9-16

Holland R, Souza V, Nery MJ, Bernabe PFE, Mello W. Apical hard-tissue deposition in adult teeth of monkeys with use of calcium hydroxide. *Aust Dent J* 1980; 25 (4): 189-192

Holland R, Souza V, Nery MJ, Mello W, Bernabe PFE, Otoboni Filho JA. Effect of the dressing in root canal treatment with calcium hydroxide. *Rev Fac Odontol Araçatuba* 1978; 7: 39-45

Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation-literature review and case reports. *Int Endod J* 2000; 33: 186-193.

Hülsmann M, Schäfer E. Apical Patency: Fakten und Fiktionen- Mythos oder Muss? Ein Diskussionsbeitrag. *Endodontie* 2008; 17: 329-352

Izu KH, Thomas SJ, Zhang P, Izu AE, Michalek S. Effectiveness of sodium Hypochloride in preventing inoculation of periapical tissues with contaminated patency files. *J Endod* 2004; 30: 92-94.

Kayaoglu G, Ørstavik D. Virulence factors of *Enterococcus faecalis*: relationship to endodontic disease. *Grit Rev Oral Biol Med* 2004; 15: 308-320.

Knowles KI, Ibarrola JL, Christiansen RK. Assessing apical deformation and transportation following the use of LightSpeed root-canal instruments. *Int Endod J* 1996; 29: 113-117.

Kreter FW, Pantke H. Einführung in die Zahnheilkunde mit GGrenzinformationen. 1979 Berlin: Quintessenz Verlag

Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc* 1955; 50: 544-552.

Lambrianidis T, Tosounidou E, Tzoanopoulou M. The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion. *J Endod* 2001 Nov; 27: 696-8

LITERATURVERZEICHNIS

Langeland K. The histologic basis of endodontic treatment. *Dental Clinics of North America* 1967. Philadelphia and London: WB Saunders Co., 491-520
aus Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1
Literature review. *Int Endod J* 1998; 31: 384-393.

Langeland K. Pulp histology and physiology. In Cohen S and Burns RC, eds
1976 *Pathways of the Pulp*. St Louis, USA: CV Mosby, 203-290

Langeland K. Reaccion tisular a los materiales de obturación del conducto.
Guldener PHA, Langeland K, *Endodoncia*. Barcelona, 1995 Spain: Springer
Verlag Iberica, S.A., 229-42
aus Ricucci D. Apical limit of root canal
instrumentation and obturation, part 1 Literature review. *Int Endod J* 1998; 31:
384-393.

Langeland K. *Corso di Endodonzia*. Napoli, 1996, Italy: Orthocheck
aus Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1
Literature review. *Int Endod J* 1998; 31: 384-393.

Lin L, Shovlin F, Skribner J, Langeland K. Pulp biopsies from the teeth
associated with periapical radiolucencies. *J Endod* 1984; 10: 436-448.

Lussi A, Messerli L, Hotz P, Grosrey J. A new non-instrumental technique for
cleaning and filling root canals. *Int Endod J* 1995; 28: 1-6.

Martin H, Cunningham WT. The effect endosonic and hand manipulation on
the amount of root canal material extruded. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*
1982; 53: 611-613

McKendry DJ, Comparison of balanced forces, endosonic, and step back
filing instrumentation techniques: quantification of extruded apical debris. *J*
Endod 1990; 16: 24-27

Meister F, Tennyson L, Gerstein H. Diagnosis and possible causes of vertical
root fractures. *Oral Surg* 1980; 49: 243-253

Mounce R. What is apical patency and does it matter? *Compend Contin Educ*
Dent 2005 Jan; 26(1): 26-66

Myers GL, Montgomery S. A comparison of weights of debris extruded apically
by conventional filing and canal master techniques. *J Endod* 1991; 17: 275-
279

Nyborg H, Tullin B. Healing processes after vital extirpation. An experimental
study of 17 teeth. *Odontologisk Tidskrift* 1965; 73: 430

Ogubtebi B, Slee AM, Tanker JM, Langeland K. Predominant microflora
associated with human dental periapical abscesses. *J Clin Microbiol* 1982; 15:
964-966.

LITERATURVERZEICHNIS

Oswald RJ, Friedman CE. Periapical response to dentin fillings. A pilot Study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 49: 344-355

Østravik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol* 1990; 6: 142-149.

Pascon EA, Introcaso JH, Langeland K. Development of predictable periapical lesion monitored by subtraction radiography. *Endod Dent Traumatol* 1987; 3: 192-208.

Pashley EL, Birdsong NL, Bowman K, Pashley DH. Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *J Endod* 1985; 11: 525-528.

Pecchioni A. *Endodonzia-Manuale di tecnica operativa*. Milano, Italy: I.C.A. 1983; 86-104 aus Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1 Literature review. *Int Endod J* 1998; 31: 384-393

Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004; 30: 559-567

Petersson K, Hasselgran G, Petersson A, Tronstad L. Clinical experience with the use of dentin chips in pulpectomies. *Int Endo J* 1982; 15; 161-167

Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal und buccolingual roentgenographic investigation of 7.275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 32:101-110.

Pitts DL, Jones JE, Oswald RJ. A histological comparison of calcium hydroxide plugs and dentin plugs used for the control of Gutta-percha root canal filling material. *J Endod* 1984; 10: 283-293.

Ponce EH, Fernandez JA. The cemento-dentinal-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction. *J Endod* 2003; 29: 214-219.

Portenier I, Lutz F, Barbakow F. Preparation of the apical part of the root canal by Lightspeed and step-back techniques. *Int Endod J* 1998; 31: 103-111

Reeh ES, Messer HH. Long-term paresthesia following inadvertent forcing of sodium hypochlorite through perforation in maxillary incisors. *Endod Dent Traumatol* 1989; 5: 200-203.

Reddy SA, Hicks ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. 1998; 24: 180-183.

Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1 Literature review. *Int Endod J* 1998; 31: 384-393.

Ricucci D and Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J* 1998; 31: 394-409.

LITERATURVERZEICHNIS

Rollison S, Barnett F, Stevens RH. Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals in vitro related to instrumentation technique and size. *Oral Surg* 2002; 94: 366-371.

Ruddle CJ. The pro taper endodontic system: geometries, features and guidelines for use. *Dent Today Oct*; 20: 60-67.

Salzgeber RM, Brilliant JD. An in vivo evaluation of the penetration of an irrigant solution in root canals. *J Endod* 1977; 3: 394-398.

Schäfer, E., R. Hickel, W. Geurtsen, D. Heidemann, C. Löst, A. Petschelt, and W. H. M. Raab. Wurzelkanalaufbereitung. Stellungnahme der DGZMK und der DGZ. *Dtsch Zahnärztl Z* 2000; 55: 719-721.

Schaeffer MA, White RR, Walton RE. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of the literature. *J Endod* 2005; 31: 271-274.

Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974; 18: 269-296.

Seltzer S. long-term radiographic and histological observations of endodontically treated teeth. *J Endod* 1999; 25: 818-822.

Seltzer S, Nairdorf IJ. Flare-ups in endodontics: 1. Etiological factors. *J Endod* 1985; 11: 472-478.

Seltzer S, Soltanoff W, Sinai I, Goldenberg A, Bender IB. Biological aspects of endodontics. Part III. Periapical tissue reactions to root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1968; 26: 534-46; 694-705.

Seltzer S, Soltanoff W, Sinai I, Smith J. Biologic aspects of endodontics. IV. Periapical tissue reactions to root-filled teeth whose canals had been instrumented short of their apices. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969; 28: 724-738

Shadid DB, Nicholls JI, Steiner JC. A comparison of curved canal transportation with balanced force versus lightspeed. *J Endod* 1998; 24: 651-654.

Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod* 2000; 26: 75-85.

Simon J. The apex: how critical is it? *Gen Dent* 1994; 42: 330-334.

Siqueira JF. Microbial causes of endodontic flare-ups. *Int Endod J* 2003; 36: 453-463.

Sjörögen U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990; 16: 498-504.

LITERATURVERZEICHNIS

Souza RA. Clinical and radiographic evaluation of the relation between the apical limit of the root canal filling and success in endodontics. Part 1. *Braz Endod J* 1998; 3: 43-48

Souza RA. The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on the root canal preparation. *Braz Dent J* 2006; 17: 6-9.

Spangberg L. The wonderful world of rotary root canal preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radio Endod* 2001; 92: 479.

Swartz DB, Skidmore AE, Griffin JA. Twenty years of endodontic success and failure. *J Endod* 1983; 9: 198-202.

Tinaz AC, Alacam T, Uzun O, Maden M, Kayaoglu G. The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. *J Endod* 2005; 31: 533-535

Torabinejad M, Owen R, Danforth RA, Howell RE. Periapical tissue responses to dentin and vitreous carbon plugs in apical perforations of dogs' teeth. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 17-21.

Tronstad L. Tissue reactions following apical plugging of the root canal with dentin chips in monkey teeth subjected to pulpextomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1978; 45: 297- 304.

Tsesis I, Amdor B, Tamse A, Kfir A. The effect of maintaining apical patency on canal transportation. *Int Endod J* 2008; 41: 431-435

Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod* 2004; 30: 110-112.

VandeVisse JE, Brilliant JD. Effect of irrigation on the production of extruded material at the root apex during instrumentation. *J Endod* 1975; 1: 243-246.

Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original shape and on apical foramen shape. *J Endod* 1975; 1: 255-262

Wildley WL, Senia ES, Montgomery S. Another look at root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 74: 499-507

Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radio Endod* 2000; 89: 99-103.

Yusuf H. The significance of the presence of foreign material periapically as a cause of failure of root treatment . *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982; 54: 566-574.

Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sebner B, Waltimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 2002; 94: 756-76

10. Danksagung

Herrn Priv. Doz. Dr. Thomas Wrbas danke ich für die freundliche Überlassung des Themas, seine konstruktive Kritik und die freundschaftliche Betreuung.

LEBENS LAUF

11. Lebenslauf

Name: Basel
Vornamen: Julia, Anne
Geburtstag: 23. Januar 1978
Geburtsort: Schweinfurt
Nationalität: deutsch
Familienstand: ledig

Bildungsweg und Abschlüsse

1988 - 1997 Alexander-von-Humboldt Gymnasium, Schweinfurt
1998 - 2003 Studium der Zahnmedizin an der Universität Regensburg

Berufstätigkeit

2003 – 2004 Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Universität Regensburg (Prof. Dr. Gerhard Handel)
2004: Promotion, „Vergleichende in vitro Untersuchung zur Dauerbiegefestigkeit von verstärkten Prothesenbasismaterialien“
2004 – 2005 Selbständige Tätigkeit in der ADP Practice, London, Großbritannien
2005 - 2008 Selbstständige Tätigkeit in der Maltings Dental Surgery, St. Albans, Großbritannien
2008 – 2009 Angestellte Zahnärztin in den Swiss Smile Dental Clinics, London, Großbritannien
seit 2009 Angestellte Zahnärztin, Praxis Dr. Voigt, München

12. Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit versichere Ich, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen, Hilfsmittel oder Hilfen benutzt habe, sowie wörtliche Zitate als solche gekennzeichnet habe.“

Ort, Datum

Unterschrift