

Aus der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgischen Klinik des

Universitätsklinikums Erlangen

Direktor: Prof. Dr. Dr. M. Kesting

**Retrospektive Datenanalyse innerhalb eines Patientengutes zur
Evaluation des Outcome nach Wurzelspitzenresektion
mit oder ohne vorheriger Wurzelkanalrevision.**

der Medizinischen Fakultät

der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg zur

Erlangung des Doktorgrades Dr. med. dent.

vorgelegt von

Thomas Matthias Sottong

Als Dissertation genehmigt
von der Medizinischen Fakultät
der Friedrich–Alexander–Universität Erlangen-Nürnberg.

Tag der mündlichen Prüfung: 05. Mai 2020

Vorsitzender des Promotionsorgans: Prof. Dr. Markus F. Neurath

Gutachter/in: PD Dr. Christian Schmitt

Prof. Dr. Dr. Andreas Schlegel

Widmung

Ich widme diese Arbeit meinen Großeltern.

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	1
1.1.	<i>Hintergrund und Ziele</i>	1
1.2.	<i>Methoden.....</i>	1
1.3.	<i>Ergebnisse.....</i>	2
1.4.	<i>Schlussfolgerungen</i>	2
2.	Abstract	3
2.1.	<i>Background and Objectives.....</i>	3
2.2.	<i>Methods.....</i>	3
2.3.	<i>Results.....</i>	4
2.4.	<i>Conclusion</i>	4
3.	Einleitung.....	5
4.	Fragestellung	8
5.	Material und Methode	9
5.1.	<i>Ethik.....</i>	9
5.2.	<i>Generierung des Patientengutes.....</i>	9
5.3.	<i>Unterteilung nach Behandlungsgruppen</i>	10
5.4.	<i>Das Vorgehen bei der Wurzelkanalrevision.....</i>	11
5.5.	<i>Das Vorgehen bei der Wurzelspitzenresektion.....</i>	12
5.6.	<i>Klinische Parameter zur Beurteilung des Behandlungserfolges.....</i>	12
5.7.	<i>Radiologische Beurteilung des Behandlungserfolges</i>	13
5.8.	<i>Statistische Auswertung</i>	16
6.	Ergebnisse.....	17
6.1.	<i>Klinische Überlebensraten innerhalb der Patientenkollektive.....</i>	18
6.2.	<i>Klinische Erfolgsquote in Abhängigkeit von der Zahnposition.....</i>	19
6.3.	<i>Abhängigkeit des klinischen Outcome der Wurzelspitzenresektion vom Material der retrograden Wurzelkanalfüllung.....</i>	20
6.4.	<i>Röntgenologische Bestimmung des Behandlungserfolges</i>	21
6.5.	<i>Qualitative Auswertung des röntgenologischen Erfolges anhand eines Patientenfalles.</i>	22
7.	Diskussion	24
8.	Schlussfolgerung.....	33
9.	Literaturverzeichnis	34
10.	Abkürzungsverzeichnis.....	42
11.	Abbildungsverzeichnis.....	43
12.	Tabellenverzeichnis	44

13.	Diagrammverzeichnis.....	45
14.	Danksagung	46
15.	Curriculum Vitae	47

1. Zusammenfassung

Nach Fertigstellung dieser Monographie wurde versucht, die gewonnenen Ergebnisse in einem Fachjournal zu veröffentlichen. Als Grundlage für diese Publikation dienten die Ergebnisse und die verwendete Literatur der vorliegenden Monographie. Das von Dr. Mayte Buchbender (Korrespondierender Autor) verfasste Paper mit dem Titel „Cross-Sectional Data Analysis of the Outcome after Root Tip Resection with or without Previous Root Canal Revision or Retrograde Root Filling“ wurde am 15.10.2019 im „Journal of Dentistry and Oral Health“ (Vol. 6: 1-8) veröffentlicht. Der Autor dieser Monographie ist Co-Autor der entstandenen Publikation.

1.1. Hintergrund und Ziele

Die nachfolgende Studie untersucht die Auswirkungen einer präoperativen Wurzelkanalrevision auf den Erfolg einer folgenden Wurzelspitzenresektion. Darüber hinaus wird der Einfluss einer retrograden Wurzelkanalfüllung auf das Outcome der Wurzelspitzenresektion untersucht.

1.2. Methoden

Alle Patienten der Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Erlangen, die zwischen 2011 und 2017 eine Wurzelspitzenresektion erhielten, wurden erfasst und in 2 Hauptgruppen aufgeteilt. Gruppe I erhielt eine zusätzliche präoperative Wurzelkanalrevision vor der Resektion, Gruppe II wurde nur reseziert. Beide Hauptgruppen wurden nochmals in jeweils zwei Untergruppen aufgeteilt (Ia, Ib und IIa, IIb), abhängig davon, ob die Zähne bei der Resektion eine retrograde Wurzelkanalfüllung erhalten haben oder nicht (Ia/IIa mit retrograder Wurzelkanalfüllung, Ib/IIb ohne retrograde Wurzelfüllung). In die Untersuchung inkludiert wurden somit 4 Patientengruppen mit jeweils unterschiedlichen therapeutischen Vorgehensweisen.

Die Auswertung erfolgte mittels klinischer (Zahn in Situ) und radiographischer Parameter (Veränderung der *Periapical-Index* (PAI)-Werte).

1.3. Ergebnisse

48 Zähne bzw. 58 Wurzeln von Frontzähnen (n=17), Prämolaren (n=16) und Molaren (n=25) wurden reseziert. Bei einem mittleren Nachsorgeintervall von 14,8 Monaten lag die klinische Überlebensrate über alle Gruppen hinweg bei 75,9%. Die klinischen Erfolgsquoten der einzelnen Patientengruppen lagen bei 85,7% (Gruppe Ia), 77,7% (Gruppe Ib), 78,9% (Gruppe IIa) und 62,5% (Gruppe IIb).

Die radiographischen Erfolgsquoten lagen mit 64,3% (Gruppe Ia), 62,5% (Gruppe Ib), 33,3% (Gruppe IIa) und 18,8% (Gruppe IIb) niedriger.

1.4. Schlussfolgerungen

Bei den Untersuchungen für diese Arbeit haben sowohl die präoperative Wurzelkanalrevision als auch die retrograde Wurzelkanalfüllung einen positiven Einfluss auf die Erfolgsquote der Wurzelspitzenresektion aufgezeigt und können somit als ergänzende Therapiemaßnahmen bei der Wurzelspitzenresektion empfohlen werden, um ihre Erfolgsaussichten zu maximieren.

2. Abstract

After completion of this monograph an attempt was made to publish the results of this survey in a journal. The results and the cited literature of this monograph was used as the base for the paper. The paper written by Dr. Mayte Buchbender (Corresponding author) with the title „Cross-Sectional Data Analysis of the Outcome after Root Tip Resection with or without Previous Root Canal Revision or Retrograde Root Filling“ was published on 15 October 2019 in „Journal of Dentistry and Oral Health“ (Vol. 6: 1-8). The author of this monograph is named as a co-author in the publication.

2.1. Background and Objectives

This study analyzes the effect of preoperative root canal revision on the success of a following root tip resection. Furthermore, the influence of retrograde filling on the outcome of root tip resection was examined.

2.2. Methods

All patients of oral and maxillofacial surgery of Universitätsklinikum Erlangen, that underwent root tip resection between 2011 and 2017 were registered and subdivided into two main groups. Group I had additional preoperative root canal revision before root tip resection, Group II just had root tip resection. Both main groups were divided again into two subgroups (Ia, Ib and IIa, IIb), depending on whether the resected teeth received retrograde filling (Ia/IIa) or no retrograde filling (Ib/IIb). Thus, in this survey 4 different patient groups with different therapeutic procedures were included. Success or failure of treatment was evaluated by clinical (tooth in situ) and radiographic parameters (changes in *periapical-index*(PAI)- scores).

2.3. Results

48 teeth respectively 58 roots of front teeth (n=17), premolars (n=16) and molars (n=25) were resected. With a mean follow-up period of 14,8 months the overall survival-rate was 75,9%. The clinical success rates of the different patient groups were 85,7% (Group Ia), 77,7% (Group Ib), 78,9% (Group IIa) and 62,5% (Group IIb). The radiographic success rates were lower : 64,3% (Group Ia), 62,5% (Group Ib), 33,3% (Group IIa) and 18,8% (Group IIb).

2.4. Conclusion

In this survey both preoperative root canal revision and retrograde root canal filling had positive impact on the success rate of a following root tip resection. Both can be recommended as supplementary therapy procedures in case of root tip resection to maximize its prospects of success.

3. Einleitung

Die häufigste Indikation für eine endodontische Behandlung in der konservierenden Zahnmedizin stellen irreversible Pulpitiden mit einer sich anschließenden infizierten Pulpanekrose dar, ausgelöst durch tiefe kariöse Prozesse, Zahnfrakturen und andere dentale Traumata [35].

Trotz vieler technischer Fortschritte in der Zahnmedizin, maschinellen Aufbereitungsmöglichkeiten von Wurzelkanalsystemen und sich immer weiter entwickelnden Dentalmikroskopen, liegt die Misserfolgsrate bei der initialen endodontischen Behandlung zwischen 5% und 12% [38, 54].

Der Grund für diese Misserfolgsquote liegt meist in der Persistenz oder dem erneuten Ansiedeln von Mikroorganismen im Wurzelkanal. Als besonders gefährdet muss hier das apikale Drittel betrachtet werden [76].

Grundsätzlich kommen drei Wege der Reinfektion des bereits endodontisch behandelten Wurzelkanals in Frage: Die Bakterien konnten nicht adäquat aus dem Wurzelkanalsystem entfernt werden (1), sie wurden durch fehlerhafte Aufbereitung oder durch Nichteinhalten von aseptischen Kautelen während der Behandlung in den Kanal eingebracht (2) oder sie sind aufgrund schlechter Versiegelung der Wurzelkanalfüllung im koronalen oder apikalen Bereich erneut eingedrungen (3) [31]. In seltenen Fällen kann es auch zu einer Anachorese kommen, welche eine Infektion mit Bakterien durch Streuung über die Blutbahnen beschreibt [1, 31]. Gerade bei länger bestehenden Infektionen des Wurzelkanals können sich pathogene Erreger in Isthmen, apikalen Deltas und Ramifikationen ausbreiten und vermehren, in welchen sie für die chemomechanische Aufbereitung kaum erreichbar sind [3, 46, 47, 58].

Pathogene Erreger konnten in Proben nach erfolgter Wurzelkanalaufbereitung in bis zu 64% nachgewiesen werden. Selbst nach medikamentöser Einlage mit Calciumhydroxid-Präparaten und zweizeitigem Vorgehen konnte noch in bis zu 36% der Proben nachgewiesen werden, dass pathogene Mikroorganismen in den Wurzelkanalsystemen verblieben sind [28].

Der durch die Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukte fortan bestehende Entzündungsreiz kann sich nun weiter in Richtung apikale Konstriktion ausbreiten und dort angekommen eine Immunreaktion im

periapikalen Gewebe mit resultierender Knochendestruktion induzieren [12]. Das klinische Bild einer apikalen Parodontitis entsteht.

Nach einem Misserfolg bei einer initialen Wurzelkanalbehandlung wird aufgrund der geringeren Invasivität des Eingriffes in der Regel erneut ein konservativer Therapieansatz gewählt, um den Zahn weiterhin zu erhalten [50].

Therapie in diesem Falle ist die orthograde Wurzelkanalrevision, welche die komplette Entfernung des vorhandenen Wurzelfüllmaterials anstrebt [60].

Die Zielsetzung bleibt zum Ersteingriff unverändert: Die gründliche und vollständige Reinigung aller Abschnitte des Wurzelkanalsystems sowie der anschließende dichte Verschluss, um eine Heilung des periapikalen Gewebes zu erzielen und einer erneuten Reinfektion des Wurzelkanalsystems vorzubeugen [12, 34].

Kommt es nach der Wurzelkanalrevision zu keinem Abklingen der apikalen Entzündung, ist die chirurgische Intervention indiziert, um das komplette entzündlich veränderte periapikale Gewebe samt der ursächlichen Wurzelspitze zu entfernen. Die Wurzelspitzenresektion stellt meist die letzte Möglichkeit dar, den betroffenen Zahn zu erhalten [68].

Bei der Wurzelspitzenresektion wird mittels Osteotomie ein Zugang zur Wurzelspitze und dem periapikalen Gewebe geschaffen. Anschließend folgt das chirurgische Débridement des pathologisch veränderten Knochengewebes und das Entfernen der infizierten Wurzelspitze. Durch eine retrograde Aufbereitung des apikalen Anteils des Wurzelkanals und eine Füllung desselben soll ein dichter Verschluss des Wurzelkanalsystems nach apikal erzielt werden [67].

Die Wurzelspitzenresektion mit retrograder Wurzelfüllung versucht somit, die Mikroorganismen in den Grenzen des Pulpencavums einzuschließen und in ihrem Bestand zu minimieren, um dadurch einen erneuten Entzündungsreiz im periapikalen Gewebe zu verhindern [17].

Da für den Patienten der langfristige Zahnerhalt von entscheidender Bedeutung ist, darf die aktuelle Studienlage bezüglich der Langzeiterfolgsquoten der jeweiligen Behandlungsmöglichkeiten nicht außer Acht gelassen werden. Vielmehr stellt der Ausgang der Therapie und die damit verbundene Prognose den entscheidenden Faktor für die Wahl der jeweiligen Therapieform dar.

Torabinejad et al. beschrieben in ihrem 2009 veröffentlichten systematischen Review, das 34 Studien einschloss, einen besseren klinischen Erfolg der chirurgischen Therapie mit einer Erfolgsrate von 77,8% in den ersten 2-4 Jahren. Verglichen dazu lag die Erfolgsquote bei zweimaliger konservierender Behandlung bei nur 70,9% in der gleichen Follow-Up-Periode. In einem Follow-Up-Zeitraum von 4-6 Jahren war die Erfolgsquote bei chirurgischem Vorgehen mit nur noch 71,8% hingegen deutlich schlechter als bei der Wurzelkanalrevision mit 83,0%. Parameter zur Beurteilung des Behandlungserfolges waren in diesem Review die Veränderung der apikalen Radiotransluzenz und die Abwesenheit einer klinischen Symptomatik. Auf Basis dieser Zahlen lässt sich schlussfolgern, dass die Wurzelspitzenresektion einen besseren initialen Behandlungserfolg verspricht, während die konservative Therapie eine höhere Langzeiterfolgsquote aufweist [65].

Neuere Studien wiederum konnten keinen signifikanten Unterschied im Langzeiterfolg (Follow-Up-Periode > 4 Jahre) zwischen den jeweiligen Therapieformen nachweisen [23, 48]. Generell ist anzumerken, dass die Zahlen und vor allem deren Vergleichbarkeit kritisch zu hinterfragen sind, da in den Publikationen häufig keinerlei Auskünfte über das chirurgische Vorgehen und das Behandlungskonzept gegeben werden. Allerdings hängt das Outcome der chirurgischen Therapie beispielsweise jedoch signifikant davon ab, ob intraoperativ eine retrograde Wurzelfüllung durchgeführt wurde oder nicht [10].

Bezüglich der Therapie nach erfolgloser Wurzelkanalbehandlung gibt es keine eindeutige Empfehlung in Form einer aktuellen Leitlinie oder geklärten Studienlage. Es gibt nur sehr wenige Metaanalysen und randomisierte kontrollierte Studien (RCT) zur Thematik und es fehlt die wissenschaftliche Evidenz. Der überwiegende Teil der Literatur setzt sich aus Fallserien geringer Evidenzklasse zusammen [36, 42, 65].

Das Ziel in der vorliegenden Arbeit war es, mittels einer retrospektiven Datenanalyse aus dem Patientengut der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgischen Abteilung des Universitätsklinikums Erlangen zu untersuchen, wie sich das Outcome einer Wurzelspitzenresektion in Abhängigkeit von vorherigen

konservierenden Therapiemaßnahmen verhält. Die dabei gewonnen Ergebnisse sollen dann anschließend kritisch beurteilt und diskutiert werden.

4. Fragestellung

In der vorliegenden Arbeit soll evaluiert werden, wie sich das Outcome einer Wurzelspitzenresektion mit bzw. ohne retrograde Wurzelfüllung in Abhängigkeit von einer vorher stattgehabten oder nicht stattgehabten Wurzelkanalrevision verändert.

Hauptsächlich sollen hier folgende Fragestellungen diskutiert werden:

- I. Wie viele der Zähne sind abhängig von der gewählten Behandlungsform während der Nachsorge noch in situ (klinische Überlebensrate)?
- II. Wie verändern sich röntgenologische Parameter nach der Behandlung und lassen sich daraus Erfolgsraten (röntgenologischer Erfolg) ableiten?
- III. Wirkt sich eine präoperative Revision bzw. eine retrograde Wurzelfüllung positiv auf das Outcome (klinisch und röntgenologisch) der nachfolgenden Wurzelspitzenresektion aus?
- IV. Ist die Prognose eines Zahnes abhängig vom Zahntyp (Frontzahn, Prämolare, Molar)? Gibt es einen Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer? Welche Zähne zeigen den größten Behandlungserfolg?

5. Material und Methode

5.1. Ethik

Ein von der Ethik-Kommission Erlangen genehmigter Antrag unter der Antragsnummer 39_18 Bc vom 20.03.2018 liegt vor. Die Ethik-Kommission Erlangen erhob keine Einwände gegen die Durchführung dieser Studie.

5.2. Generierung des Patientengutes

Zur Generierung des Patientengutes wurde auf das Klinikinformationssystem MCC® der MeierhoferAG (München, Deutschland) zurückgegriffen.

Zunächst wurden alle Patienten ausgewählt, die innerhalb der letzten 7 Jahre (2011 bis 2017) eine Wurzelspitzenresektion in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Erlangen erhalten haben.

Berücksichtigt wurden aus diesem Patientenkollektiv nur diejenigen Patienten, bei denen der Eingriff ambulant durchgeführt wurde, da nur so sichergestellt werden kann, dass bei chirurgischer Therapie ein vergleichbares Vorgehen gewählt wurde und sich die Ergebnisse anschließend vergleichen lassen.

Ein weiteres Kriterium stellte das Vorhandensein von prä- und postoperativen Röntgenbildern sowie die Dokumentation der festgelegten klinischen Parameter (klinischer Befund, Vitalität, Perkussion, Zahnlockerung, periapikale Druckdolenz und Taschenmessung) zur Beurteilung der Ausgangssituation und des Behandlungserfolges.

Abbildung 1 gibt eine Übersicht über das Vorgehen und die Kriterien zur Auswahl der Fälle.

Alle Patienten wurden anschließend entsprechend der oben genannten Kriterien pseudonymisiert erfasst. Die Daten wurden entweder dem Klinikinformationssystem Soarian® (elektronische Patientenakte seit 2012 in Benutzung, Cerner Deutschland GmbH, Idstein, Deutschland) oder physischen Karteikarten entnommen. Patienten, welche nicht zur empfohlenen Nachsorge erschienen sind, wurden erneut ambulant einbestellt und nachuntersucht. Patienten, welche nicht mehr erreichbar waren bzw. die Nachsorge bei ihrem

Hauszahnarzt vornehmen ließen und sich nicht erneut vorstellen wollten, wurden ausgeschlossen.

Da es sich um eine retrospektive Querschnittsstudie handelt, gab es keine fest vorgeschriebenen zeitlichen Abstände bezüglich der Nachsorge.

Erschien ein Patient mehrmals zur Nachsorge, wurden die aktuellsten Daten verwendet. Das mittlere Nachsorgeintervall lag bei 14,8 Monaten.

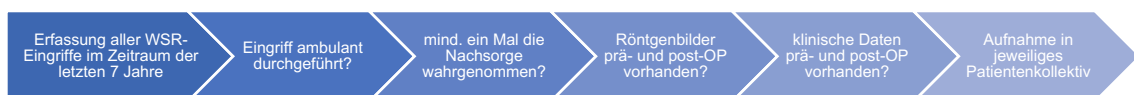


Abbildung 1: Auswahlkriterien für die Aufnahme in die jeweiligen Patientenkollektive.

5.3. Unterteilung nach Behandlungsgruppen

Nach Aufnahme der Patientendaten wurden diese in entsprechende Gruppen unterteilt.

Hierzu wurden zunächst zwei Gruppen gebildet, abhängig davon, ob vor der chirurgischen Intervention eine erneute Wurzelkanalbehandlung durchgeführt wurde. Aus diesen beiden Hauptgruppen wurden jeweils zwei Untergruppen gebildet, abhängig davon, ob eine retrograde Wurzelkanalaufbereitung und -füllung während der Wurzelspitzenresektion durchgeführt wurde.

Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die Kriterien zur Unterteilung der Behandlungsgruppen.

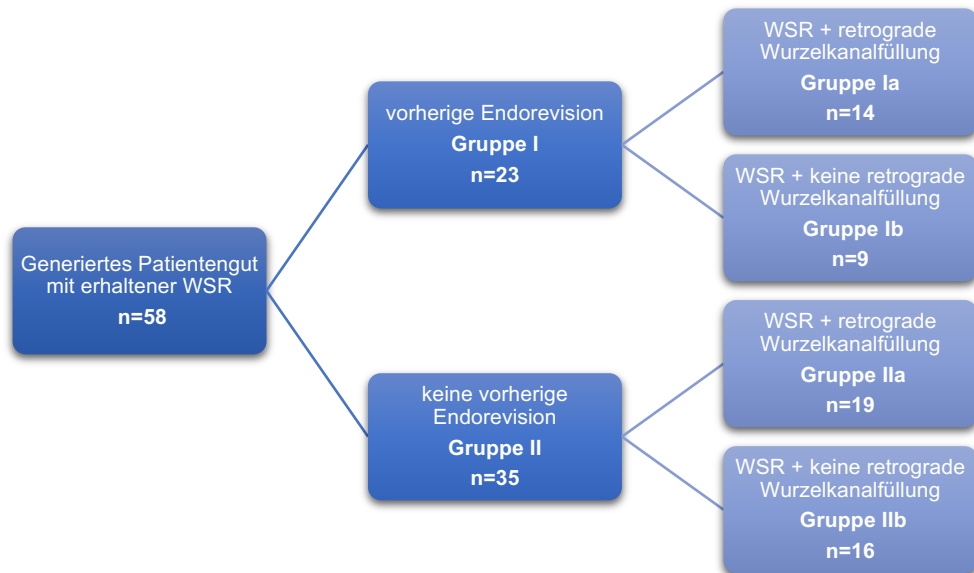


Abbildung 2: Unterteilung der Patientengruppen; „n“ bezieht sich auf die Anzahl der jeweiligen Fallnummern.

5.4. Das Vorgehen bei der Wurzelkanalrevision

Die Wurzelkanalrevision wurde von zahnärztlichen Mitarbeitern der Zahnerhaltung des Universitätsklinikums Erlangen durchgeführt. Zur Durchführung der Wurzelkanalrevision wurde nach absolutem Trockenlegen des jeweiligen Zahnes mit einem Kofferdamtuch (ROEKO Dental Dam, Coltène/Whaledent GmbH + Co. KG, Langenau, Germany) eine Zugangskavität zum Wurzelkanalsystem präpariert. Die Revision der zuvor eingebrachten Guttapercha-Spitze sowie die erneute Aufbereitung erfolgte maschinell mit dem Reciproc-System der Firma VDW (VDW GmbH, München, Deutschland). Die neue Arbeitslänge wurde endometrisch mittels Raypex® der Firma VDW (VDW GmbH, München, Deutschland) bestimmt. Zur Desinfektion des Wurzelkanalsystems wurde während der Aufbereitung mit 3% Natriumhypochlorit- und 40% Citronensäurelösungen im Wechsel gespült. Abschließend wurde jeder Wurzelkanal mit 70% Ethanollösung desinfiziert und getrocknet. Zur Füllung der Kanäle (Zentralstifttechnik) wurden konfektionierte Reciproc-Guttaperchastifte entsprechend der aufbereiteten Reciproc-Größe verwendet (VDW GmbH, München, Deutschland). Als Wurzelkanal Sealer verwendete man AH plus™ (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Deutschland). Zum Verschluss der Kavität wurde nach Säure-Ätz-Technik mit 40% Phosphorsäure und Bonding der Kavität mit Syntac® (Ivoclar Vivadent AG,

Schaan, Liechtenstein) ein Composite der Firma Kuraray (Kuraray Europe GmbH, Hattersheim am Main, Deutschland) verwendet.

5.5. Das Vorgehen bei der Wurzelspitzenresektion

Die Wurzelspitzenresektionen wurden von Oralchirurgen oder Kieferchirurgen der Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgischen Abteilung des Universitätsklinikums Erlangen durchgeführt. Nach der Präparation eines Mukoperiostallappens wurde eine Zugangskavität zur verursachenden Wurzelspitze mittels rotierenden Instrumenten angelegt (W&H Dentalwerk Bürmoos GmbH, Österreich). Der Zugang zur Wurzelspitze erfolgte in den für die Studie berücksichtigten Fällen stets von vestibulär. Anschließend wurde die Wurzelspitze rotierend abgetrennt und das umliegende entzündlich veränderte Gewebe mittels Kürettage entfernt. Bei den Patienten, die eine retrograde Wurzelkanalfüllung erhielten (Gruppe Ia und IIa), wurde nun der Wurzelkanal am resezierten Ende der Wurzel mittels Piezo-Ultraschalltechnologie aufbereitet (Mectron[®] Deutschland Vertriebs GmbH, Köln, Deutschland). Das aufbereitete Wurzelkanalende wurde dann entweder mit Super-EBA-Zement (Zink-Oxid-Eugenol mit Ethoxybenzoesäure, 3M ESPE[™] Neuss, Deutschland) oder MTA-Zement (Mineraltrioxidaggregat Zement, ProRoot[®], Dentsply Sirona GmbH, Bensheim, Deutschland) gefüllt und abgedichtet. Abschließend wurde das resezierte Wurzelende mit rotierenden Instrumenten geglättet. Der Wundverschluss erfolgte mit resorbierbarem VICRYL[™] Nahtmaterial (Johnson & Johnson Medical GmbH, Ethicon Deutschland, Norderstedt, Deutschland).

5.6. Klinische Parameter zur Beurteilung des Behandlungserfolges

Um eine Aussage über den Erfolg der jeweiligen Behandlungsform treffen zu können, wurden folgende klinische Parameter herangezogen:

Zahnstatus inklusive klinischem Befund, Vitalität (positiv oder negativ), Perkussionsprobe (positiv oder negativ), Zahnlockerung (Grad I, II oder III), periapikale Druckdolenz (ja oder nein) und eine Taschenmessung an 6 Seiten. Eine klinische Symptomlosigkeit und der Zahnerhalt über den Zeitraum der Nachsorge wurde als Behandlungserfolg definiert.

Eine Übersicht über die Parameter zur Beurteilung des Behandlungserfolges ist in Abbildung 3 gegeben.



Abbildung 3: Übersicht der Kriterien zur Beurteilung des Behandlungserfolges.

5.7. Radiologische Beurteilung des Behandlungserfolges

Die röntgenologische Beurteilung der apikalen und periapikalen Gewebe ist bei Diagnosestellung und Beurteilung des Behandlungserfolges einer endodontischen Therapie ein wichtiges Kriterium [57]. Zur Bewertung der periapikalen Prozesse vor der Operation und deren Veränderungen im Rahmen der Nachsorge wurde der PAI („*periapical index*“) erhoben. Außerdem wurde die Größe der periapikalen Aufhellungen (größter Durchmesser) gemessen und ein röntgenologischer Befund des jeweiligen Zahnes erhoben.

Der Periapikal-Index nach Orstavik et al. von 1986 teilt die periapikalen Gewebeveränderungen in fünf Grade von 1 (gesund) bis 5 ein, wobei Grad 5 durch eine schwere apikale Parodontitis mit Zeichen der Exazerbation definiert ist [40]. Diese Einteilung des PAI basiert auf radiologischen Untersuchungen von Brynolf aus dem Jahre 1967. Dieser hat die histopathologische Diagnose von menschlichen Oberkiefer-Schneidezähnen in Korrelation mit den jeweils dazugehörigen radiologischen Befunden gesetzt [8].

Der PAI teilt sich nach folgenden radiographischen Befunden in seine fünf Schweregrade ein:

- 1 Keine Veränderungen der periapikalen Gewebe (Abbildung 4)



Abbildung 4: Einzelzahnfilm eines resezierten Zahnes 15 mit einem postoperativen PAI-Wert von 1. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial (Gruppe Ia).

- 2 Kleine Veränderungen der Knochenstruktur (Abbildung 5)



Abbildung 5: Einzelzahnfilm eines Zahnes 15 mit einem präoperativen PAI-Wert von 2. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial (Gruppe Ib).

- 3 Veränderungen in der Knochenstruktur mit Mineralverlust (Abbildung 6)



Abbildung 6: Einzelzahnfilm eines Zahnes 43 mit einem präoperativen PAI-Wert von 3. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial (Gruppe Ia).

- 4 Parodontitis mit scharf begrenztem radiotranslucentem Bereich (Abbildung 7)



Abbildung 7: Einzelzahnfilm eines Zahnes 22 mit einem präoperativen PAI-Wert von 4. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial (Gruppe Ib).

- 5 Schwere Parodontitis mit Zeichen der Exazerbation

Ein postoperativer PAI-Wert von 1 und 2 kann als Behandlungserfolg angesehen werden [41].

5.8. Statistische Auswertung

Die statistischen Analysen wurden mit der Open Source Software R (Version 3.6.0) auf Linux Kernel (Version 4.4.0-148) durchgeführt. Die Assoziation der verschiedenen Annäherungsvariablen mit dem klinischen und radiologischen Ergebnis wurde mit dem nichtparametrischen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für kategoriale Variablen analysiert. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test wurde verwendet, um die statistische Signifikanz des Einflusses eines bestimmten Satzes von Variablen für den Erfolg oder Misserfolg der Therapie zu testen. Das Signifikanzniveau wurde durch p-Werte ≤ 0.05 bestimmt.

6. Ergebnisse

Eine Übersicht über das für diese Untersuchungen generierte Patientenkollektiv ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht über die Zusammensetzung des Patientenkollektivs

Gruppe	Patienten	weiblich	männlich	Zähne	Alter (Durchschnitt)
Ia	n=12	n=6	n=6	n=14	54 Jahre
Ib	n=8	n=5	n=3	n=8	55 Jahre
Ila	n=15	n=7	n=8	n=15	46 Jahre
Ilb	n=9	n=4	n=5	n=11	47 Jahre
Gesamtkollektiv	n=44	n=22	n=22	n=48	50 Jahre

In allen nachfolgend dargestellten Ergebnissen ist mit Ausnahme von der „röntgenologischen Bestimmung des Behandlungserfolges“ der klinische Behandlungserfolg gemeint, welcher sich auf Basis der erhobenen klinischen Parameter stützt. Die „röntgenologische Bestimmung des Behandlungserfolges“ ist eine zusätzliche gesonderte Auswertungsmöglichkeit des Behandlungserfolges unabhängig von klinischen Parametern.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die zu den Hauptfragestellungen gewonnenen Ergebnisse.

Tabelle 2: Übersicht über die gewonnenen Ergebnisse zu den Hauptfragestellungen.

Gruppe	Zähne/ Wurzeln	Frontzahn	Prämolar	Molar	Klinische Erfolgsrate	Röntgenologische Erfolgsrate
Ia	n=14/n=14	n=6	n=7	n=1	85,7%	64,3%
Ib	n=8/ n=9	n=3	n=2	n=4	77,7%	62,5%
Ila	n=15/ n=19	n=4	n=6	n=9	78,9%	33,3%
Ilb	n=11/ n=16	n=4	n=1	n=11	62,5%	18,8%
Gesamt	n=48/ n=58	n=17	n=16	n=25	75,9%	42,0%

Überblick über die Ergebnisse in Bezug auf die Hauptfragestellungen:

Entsprechend der Hauptfragestellungen lässt sich zusammenfassend festhalten, dass

- über den Zeitraum der Nachsorge (mittleres Nachsorgeintervall = 14,8 Monate) in 75,9% der Fälle ein klinischer Erfolg verzeichnet werden konnte, die betroffenen Zähne konnten erhalten werden.
- die röntgenologische Erfolgsrate über alle Behandlungsgruppen hinweg bei 42,0% lag.
- in Bezug auf das Outcome der chirurgischen Therapie ein positiver Einfluss einer präoperativen Wurzelkanalrevision bzw. einer retrograden Wurzelkanalfüllung beobachtet werden konnte. Die Ergebnisse waren aufgrund zu geringer Fallzahlen jedoch nicht statistisch signifikant.
- resezierte Frontzähne und Molaren eine bessere Erfolgsrate der chirurgischen Therapie verzeichnen konnten als Prämolaren. Dieses Ergebnis war statistisch signifikant.

6.1. Klinische Überlebensraten innerhalb der Patientenkollektive

Über alle Patientengruppen hinweg sind von den insgesamt 58 berücksichtigten Fällen 14 klinisch gescheitert, die jeweils betroffenen Zähne mussten innerhalb der Nachsorge extrahiert werden (mittleres Intervall bis zur Extraktion = 12,8 Monate). Hieraus ergibt sich insgesamt unter allen resezierten Wurzeln eine Erfolgsrate von 75,9% (mittleres Nachsorgeintervall = 14,8 Monate).

Betrachtet man nun die einzelnen Patientengruppen errechnete sich bei den Patienten, die vor der Operation eine Wurzelkanalrevision erhalten haben und zusätzlich eine retrograde Wurzelfüllung während der Operation (nachfolgend „Gruppe Ia“), eine Erfolgsquote von 85,7%.

In der Patientengruppe, welche eine Wurzelkanalrevision erhalten hat, allerdings keine retrograde Wurzelfüllung während der Operation (nachfolgend „Gruppe Ib“), ließ sich eine Erfolgsquote von 77,7% beobachten. Die Patienten, die keine Wurzelkanalrevision erhalten haben, während der Operation aber eine

retrograde Wurzelfüllung erhielten (nachfolgend „Gruppe IIa“), konnten in 78,9% der Fälle eine klinische Verbesserung der Beschwerden feststellen.

Im Patientenkollektiv, welches weder eine Wurzelkanalrevision noch eine retrograde Wurzelfüllung erhielt (nachfolgend „Gruppe IIb“), konnte nur in 62,5% der Fälle ein klinischer Erfolg beobachtet werden. Die Ergebnisse sind in Diagramm 1 veranschaulicht.

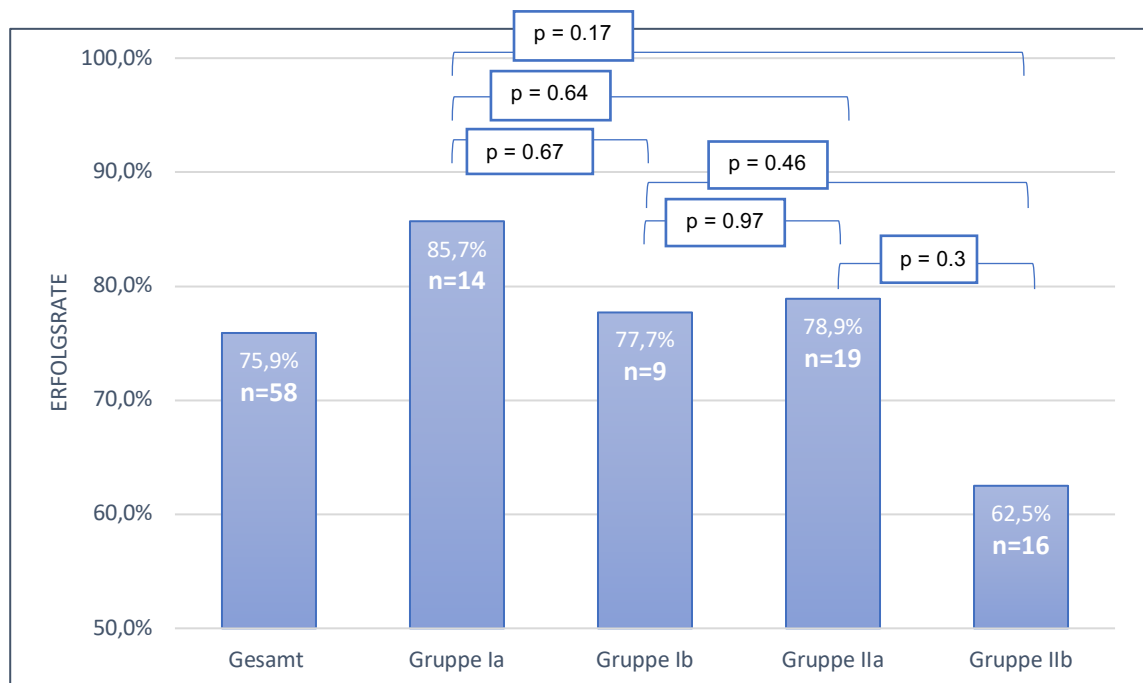


Diagramm 1: Darstellung der klinischen Überlebensraten abhängig vom gewählten Behandlungskonzept innerhalb der Patientengruppen. Mittleres Nachsorgeintervall = 14,8 Monate. Statistische Auswertung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

6.2. Klinische Erfolgsquote in Abhängigkeit von der Zahnposition

Bei der Datenbeschaffung konnten 17 Frontzahn-, 16 Prämolaren- und 25 Molarenwurzeln den jeweiligen Patientenkollektiven zugeordnet werden. Unabhängig vom Behandlungsprocedere und dem Kiefer hatten Frontzähne mit 88,2% klinischer Erfolgsquote ein signifikant besseres Outcome als Prämolaren mit nur 50,0% klinischer Erfolgsquote ($p=0.02$). Die Erfolgsquote bei den Molaren lag verglichen dazu bei 84,0%. Auch dieses Ergebnis zeigte eine statistische Signifikanz ($p=0.03$), wie in Diagramm 2 veranschaulicht ist.

Die Zuteilung der jeweiligen Zähne bzw. Zahnwurzeln zu den einzelnen Behandlungsgruppen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Die Erfolgsquote im Oberkiefer bezogen auf alle resezierten Zähne lag bei 75,0%, während sie im Unterkiefer bei 76,9% lag. Diese Werte waren jedoch nicht statistisch signifikant ($p=0.87$).

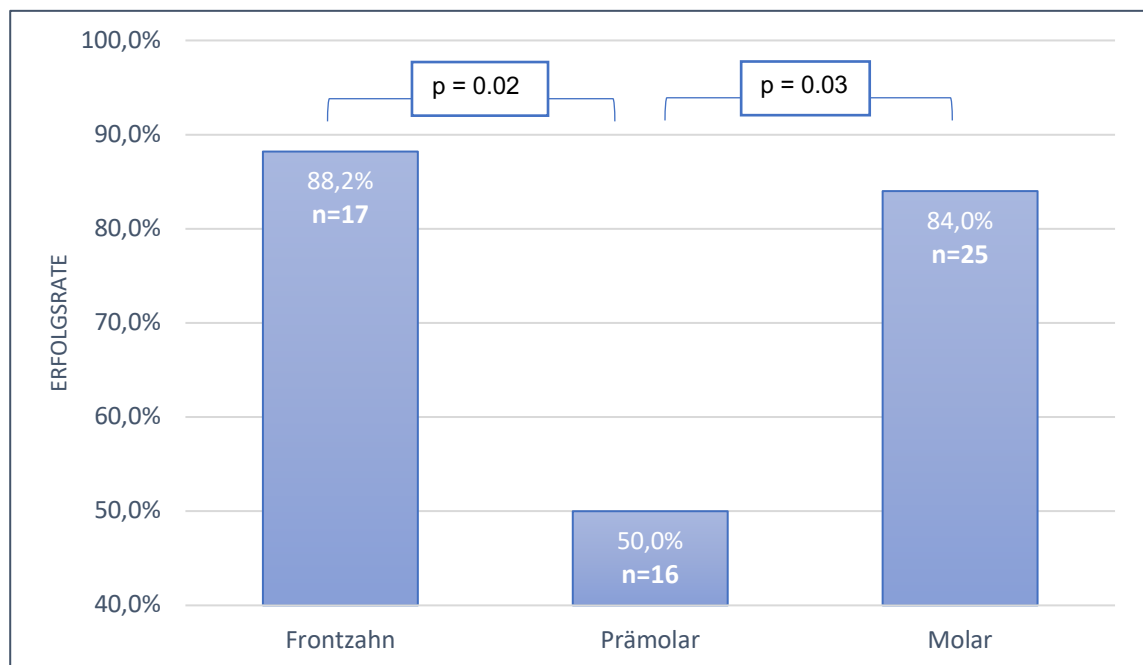


Diagramm 2: Klinische Erfolgsrate aller einbezogenen Wurzeln in Abhängigkeit vom Zahntyp. Mittlere Nachsorgeintervalle = 17,5 Monate für Frontzähne, 14,2 Monate für Prämolaren und 13,5 Monate für Molaren. Statistische Auswertung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

6.3. Abhängigkeit des klinischen Outcome der Wurzelspitzenresektion vom Material der retrograden Wurzelkanalfüllung

Ein weiterer Aspekt dieser Arbeit war die Frage danach, wie sich das Outcome der Therapie in Abhängigkeit von den Materialien, die für die retrograde Wurzelfüllung in den Patientengruppen Ia und IIa verwendet wurden, verhält. Für die ausgewählten Patientenfälle wurden zwei Wurzelfüllmaterialien verwendet: MTA und SuperEBA. Die Erfolgsquote lag für MTA bei 50,0%, während sie

verglichen dazu bei SuperEBA mit 88,8% deutlich höher lag ($p = 0.05$), was in Diagramm 3 veranschaulicht ist.

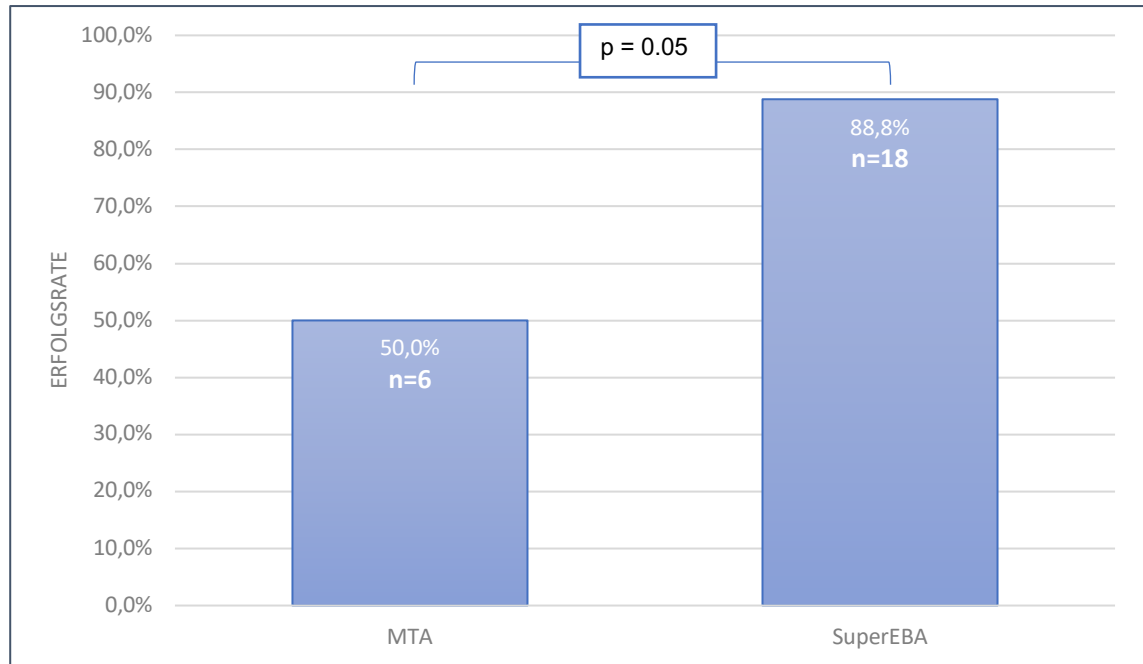


Diagramm 3: Klinische Erfolgsrate der Wurzelspitzenresektion in Abhängigkeit vom verwendeten Material für die retrograde Wurzelfüllung. Mittleres Nachsorgeintervall = 14,8 Monate. Statistische Auswertung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

6.4. Röntgenologische Bestimmung des Behandlungserfolges

Für die Auswertung wurden innerhalb der Patientenkollektive alle Wurzeln ausgewählt, die einen präoperativen PAI-Wert von 3,4 oder 5 hatten (50 Wurzeln von insgesamt 58 einbezogenen Wurzeln). Wurzeln, welche einen präoperativen PAI-Wert von 1 oder 2 hatten, wurden zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht in die Auswertung miteinbezogen (insgesamt 8 Wurzeln). Anschließend wurde errechnet, wie viele von den 50 Wurzeln mit einem pathologischen präoperativen PAI-Wert abhängig von der jeweiligen Therapieform im Zuge des Recalls auf einen „physiologischen“ PAI-Wert von 1 oder 2 gesunken sind und so als Behandlungserfolg gewertet werden konnten. In der ersten Gruppe konnte bei 64,3% aller Wurzeln mit einem präoperativen PAI > 2 ein Behandlungserfolg verzeichnet werden. In der zweiten Gruppe waren es 62,5%, in der dritten Gruppe 33,3% und in der vierten Gruppe, welche vorab

weder eine Wurzelkanalrevision noch eine retrograde Wurzelfüllung erhalten hatte, waren es nur noch 18,8%.

Die ursprünglichen Werte (präoperativer PAI-Wert von 1 und 2 berücksichtigt in der Berechnung) lagen bei 66,7% für Gruppe Ib und 52,6% für Gruppe IIa. Die Ergebnisse sind in Diagramm 4 nochmals veranschaulicht.

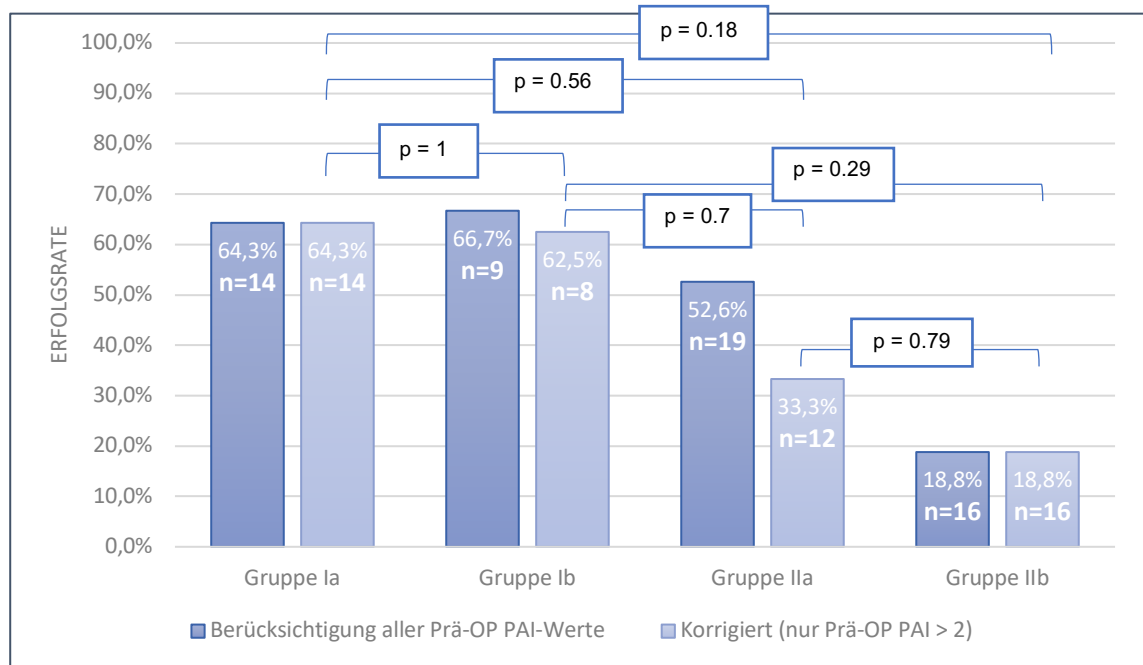


Diagramm 4: Röntgenologische Bestimmung des Behandlungserfolges innerhalb der Patientengruppen unter Berücksichtigung der radiographischen PAI-Auswertung. Mittleres Nachsorgeintervall = 14,8 Monate bzw. 15,4 Monate (korrigierte Werte). Statistische Auswertung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

6.5. Qualitative Auswertung des röntgenologischen Erfolges anhand eines Patientenfalles.

In den Abbildungen 8 und 9 ist zur Veranschaulichung ein Patientenfall aus der Behandlungsgruppe Ia dargestellt. Der behandelte Zahn 15 erhielt präoperativ eine Wurzelkanalrevision, der ermittelte PAI-Wert lag bei 4. Anschließend wurde die Wurzelspitze des Zahnes reseziert, der apikale Teil des Wurzelkanals retrograd aufbereitet und mit Super-EBA-Zement gefüllt. 39 Monate postoperativ zeigt sich der Zahn in der Nachsorge klinisch ohne Symptome. Die radiologische Diagnostik ergab einen postoperativen PAI-Wert von 1.



Abbildung 8: Einzelzahnfilm eines Zahnes 15 präoperativ vor Wurzelspitzenresektion mit einem präoperativen PAI-Wert von 4. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial.



Abbildung 9: Einzelzahnfilm eines Zahnes 15 im Zuge der Nachsorge 39 Monate postoperativ. Die Wunde ist ausgeheilt, der ermittelte PAI-Wert liegt bei 1. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial.

7. Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit war es mittels einer retrospektiven Datenanalyse zu evaluieren, welche Form der Therapie im Falle einer unvollständigen Ausheilung bzw. Reinfektion nach endodontischer Behandlung den größten Erfolg verzeichnen kann. Dabei war die Hauptfragestellung, ob eine vorher stattgehabte Wurzelkanalrevision den Erfolg der chirurgischen Therapie verbessern kann.

Kurz zusammengefasst hatte eine präoperative Wurzelkanalrevision und eine intraoperative retrograde Wurzelkanalfüllung einen positiven Einfluss auf die sich anschließende chirurgische Therapie: sowohl die klinische Überlebensrate der resezierten Zähne als auch die radiologische Erfolgsrate waren höher als ohne die jeweiligen präoperativen und/oder intraoperativen Maßnahmen.

Hinsichtlich der Studienlage zu diesem Thema ist festzuhalten, dass die Angaben über die Erfolgchancen der chirurgischen Therapie nach fehlgeschlagener Wurzelkanalbehandlung in der Literatur stark variieren und dies eine Einschätzung der Erfolgsaussichten sowie die Prognoseabschätzung erschwert [18, 55, 56]. So beschrieb Friedman beispielsweise in einem 2005 veröffentlichten Review, das 7 Studien zusammenfasste, eine erwartete Heilungsrate zwischen 37% und 91% [18].

Bei den Untersuchungen für diese Arbeit ergab sich eine klinische Erfolgsrate zwischen 66,5% und 85,7% abhängig vom Behandlungsprocedere. Mit einer Gesamtüberlebensrate von 75,9% über einen Beobachtungszeitraum von 14,8 Monaten entsprechen unsere Ergebnisse der Literatur.

Befasst man sich mit der aktuellen Literatur zum Thema der chirurgischen Intervention und dessen Erfolgsaussichten nach fehlgeschlagener Wurzelkanalbehandlung, wird klar, dass die Ergebnisse unterschiedlicher Studien nur schwer miteinander zu vergleichen sind. Unterschiedliche Kriterien zur Auswahl der einbezogenen Patienten, andere Behandlungskonzepte und -abläufe, Unterschiede in den verwendeten Materialien sowie das Studiendesign, die Recall-Rate und die Definition des Behandlungserfolges einer Therapie führen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen, auch wenn die Fragestellung die gleiche bleibt [18, 70].

Die Dauer der Nachsorge ist entscheidend für die Bewertung und die Vergleichbarkeit von Ergebnissen unterschiedlicher Studien. In der Zeit bis zum Recall muss genug Zeit vergehen, dass der Knochendefekt, der durch die Resektion entstanden ist, die Möglichkeit zur vollständigen Ausheilung hatte.

Für den Patienten ist der Langzeiterfolg der ihm angeratenen Behandlung entscheidend. Somit sind letztendlich weniger die Abstände zwischen den einzelnen Nachsorgeterminen, sondern die Länge des gesamten Nachsorgezeitraumes entscheidend für eine aussagekräftige Prognoseabschätzung in einer Studie. Es gab Untersuchungen, in denen wurzelresezierte Zähne 12 Monate postoperativ als Behandlungserfolg gewertet wurden und im Zuge der weiteren Nachsorge 48 Monate postoperativ noch scheiterten [29]. Hier wäre die ermittelte Erfolgsrate durch einen zu kurzen Beobachtungszeitraum verfälscht.

Um das für den Patienten entscheidende Langzeitergebnis korrekt bewerten zu können, sollte der Beobachtungszeitraum von Untersuchungen möglichst lang gewählt werden. In anderen Studien zur Thematik der Wurzelspitzenresektion und dessen Erfolgsaussichten wurden Nachsorgezeiträume zwischen 4 und 8 Jahren gewählt [21, 29, 45, 74], teilweise lag der mittlere Nachsorgezeitraum sogar bei über 10 Jahren [48].

Andererseits wurden in den letzten Jahren auch einige Studien veröffentlicht, in denen die Erfolgsrate nach Wurzelspitzenresektion nach einem einjährigen Follow-Up ermittelt wurde [11, 61, 62, 69, 72]. Darüber hinaus fand eine Studie aus dem Jahr 1995 heraus, dass die Studienergebnisse nach einem einjährigen Follow-Up bereits zu über 95% mit den Resultaten nach 5 Jahren übereinstimmten [22].

Mit einem mittleren Follow-Up von 14,8 Monaten bei diesen Untersuchungen ist dieses Intervall für eine Langzeitprognose im Vergleich zur Literatur zu kurz gewählt, das retrospektive Studiendesign ermöglichte hier allerdings keine längerwierige Betrachtung.

Daher sind mehr prospektive Studiendesigns gefragt, um eine bessere Abschätzung der Prognose bei endodontisch-chirurgischer Therapie zu erhalten.

Zunächst muss klar definiert werden, was als „klinischer Erfolg“ einer Behandlung angesehen werden kann. Viele der Studien, die den Erfolg einer Wurzelspitzenresektion untersucht haben, orientierten sich dabei an den Kriterien nach Rud et al. [49] und Molven et al. [37]. Hier wird der Erfolg an klinischen Parametern und radiologischen Korrelaten festgemacht. Ein Behandlungserfolg zeigt sich durch die Abwesenheit von Schmerzen, Schwellung, Perkussionspositivität und Fistelgängen. Das radiologische Korrelat dazu ist eine „vollständige“ oder „unvollständige“ Heilung, welche sich in einer Narbenbildung äußert. Ein Misserfolg ist definiert durch das Vorhandensein jeglicher klinischer Symptomatik sowie dem radiologischen Bild einer „unsicheren“ oder „unbefriedigenden“ Heilung [37, 49].

Zur Ermittlung eines Behandlungserfolges wird überwiegend die radiologische Begutachtung im Zuge der Nachsorge herangezogen. Hierbei sollte jedoch bedacht werden, dass die Erstellung von radiologischem Bildmaterial kaum standardisiert werden kann. Kontraste und Winkel stellen sich auf jedem Bild, auch desselben Zahnes, anders dar und führen bei der Begutachtung zu unterschiedlichen Ergebnissen [18].

Da viele klinische Parameter der individuellen subjektiven Wahrnehmung des Patienten unterliegen [30], ist eine gesonderte röntgenologische Bewertung des Behandlungserfolges unabhängig von durch den Patienten beeinflussbaren klinischen Parametern sinnvoll.

Für unsere Untersuchung wurden die klinischen und radiologischen Kriterien daher getrennt voneinander ausgewertet.

Die klinische Erfolgsquote wurde ermittelt in Abhängigkeit davon, ob der jeweilige Zahn über den Zeitraum der Nachsorge erhalten werden konnte oder nicht. Dies ist abhängig von der klinischen Symptomatik des jeweiligen Zahnes. War eine erneute Intervention nötig, um den Zahn zu erhalten, wurde dies als Misserfolg gewertet, ebenso die Extraktion desselben. Die röntgenologische Erfolgsquote wurde über die Veränderung bzw. Verbesserung der PAI-Werte (präoperativ 3 bis 5 zu postoperativ 1 oder 2) ermittelt.

In unseren Untersuchungen konnten über alle Patientengruppen hinweg im Durchschnitt 75,9% der Resektionen über den Zeitraum der Nachsorge (mittleres

Nachsorgeintervall = 14,8 Monate) einen klinischen Behandlungserfolg der Therapie verzeichnen.

Innerhalb der Patientengruppen wirkte sich eine retrograde Wurzelkanalaufbereitung und -füllung positiv auf den Behandlungserfolg (klinisch und radiologisch) aus. In den Revisions-Gruppen (bestehend aus Gruppe Ia und Ib) hatten diejenigen, die eine retrograde Wurzelfüllung erhalten haben, eine 8% größere klinische Erfolgsquote. Die radiologische Erfolgsquote lag 1,8% höher. In den Gruppen IIa und IIb, die keine Wurzelkanalrevision erhalten hatten, wiesen diejenigen Wurzeln, die retrograd aufbereitet und gefüllt wurden, eine 16,4% höhere klinische Erfolgsquote auf. Radiologisch lag die Erfolgsquote unter den Zähnen, welche retrograd gefüllt wurden, 14,5% höher. Diese Beobachtung korreliert mit den Ergebnissen anderer Studien zu diesem Thema [6]. Hier waren die Diskrepanzen mit 31% bzw. 44% sogar deutlich größer [10, 27].

Aus dieser Datenlage kann abgeleitet werden, dass eine zusätzliche retrograde Wurzelkanalfüllung sich positiv auf den Erfolg einer Wurzelspitzenresektion (klinisch und röntgenologisch) auswirken kann.

Del Fabbro et al. kritisierten in einem 2016 veröffentlichten systematischen Review jedoch, dass die Evidenzgrundlage zur Beantwortung der Frage, ob eine retrograde Wurzelfüllung sich positiv auf das Ergebnis der chirurgischen Therapie auswirkt, ungenügend ist [12]. Andere Studien kamen zum gleichen Ergebnis bezüglich dieser Fragestellung. Hauptkritikpunkt ist das hohe Risiko für Voreingenommenheiten bezüglich der getesteten Behandlungsmethoden oder Materialien bei der Durchführung einer Studie [4, 33]. So könnte sich ein Chirurg möglicherweise bei einer Wurzelspitzenresektion mit einem ihm bekannten Wurzelfüllmaterial mehr Mühe geben als bei anderen, ihm unbekanntem Materialien, die schwieriger in der Handhabung sind.

Außerdem stellt die meist fehlende Verblindung von Behandler und Patient ein Problem dar. Eine Verblindung bei der Durchführung der Behandlungen ist allerdings kaum realisierbar [12].

Das Hauptziel der chirurgischen Therapie nach fehlgeschlagener Wurzelkanalbehandlung besteht darin, das entzündete periapikale Gewebe samt der Wurzelspitze zu entfernen und der entstandenen Wunde die Möglichkeit zur Heilung zu geben.

Dies ist dann möglich, wenn die pathogenen Mikroorganismen durch die konservative Behandlung vollständig aus dem Wurzelkanal entfernt werden konnten, oder aber, wenn nach der Behandlung weiterhin vorhandene Erreger vom extraradikulären Gewebe durch einen retrograden dichten Verschluss abgeschottet wurden.

Da auch eine radiographisch adäquat erscheinende Wurzelfüllung noch immer Mikroorganismen beherbergen kann, sollte eine retrograde Wurzelfüllung zur Prävention einer Reinfektion und Maximierung des Behandlungserfolges standardisiert durchgeführt werden [19, 39].

Eine Reihe von Studien hat die unterschiedlichen Eigenschaften der Materialien für die retrograde Wurzelfüllung untersucht [2, 5, 7, 15, 59, 71, 73]. Abgesehen von der schlechteren Verarbeitbarkeit der MTA-Zemente überzeugen sie durch ihr sehr gutes Abdichtungsvermögen und scheinen den Super-EBA-Zementen überlegen [53]. Des Weiteren wird MTA-Zementen eine hervorragende Biokompatibilität zugesprochen [51]. Es kann zudem als einziges Material die Osteo- und Zementogenese induzieren [26, 64]. Super-EBA-Zemente zeigen hingegen eine bessere Verarbeitbarkeit, allerdings scheinen sie eine Cytotoxizität und damit verminderte Biokompatibilität zu haben [51].

Unter den für die Arbeit einbezogenen Patientenfällen konnte ein signifikant besseres Ergebnis für die Verwendung von Super-EBA gegenüber MTA beobachtet werden ($p=0.05$). Für diese Arbeit wurde Super-EBA (18 Fälle) allerdings 3-fach häufiger eingesetzt als MTA (6 Fälle). Hiermit könnte sich die starke Differenz in der Erfolgsquote erklären.

Darüber hinaus stellt neben den Eigenschaften der verwendeten Materialien die Fähigkeit und Erfahrung des Behandlers einen wichtigen behandlungsassoziierten Faktor für die Prognose des Zahnes in Bezug auf die retrograde Füllung dar [16, 32, 70]. Lustmann et al. fanden in einer Studie aus dem Jahr 1991 heraus, dass die Erfolgsrate von resezierten Zähnen unterschiedlich ausfiel, wenn verschiedene Operateure zum Einsatz kamen [32].

Die Gesamtzahl von 24 retrograden Wurzelfüllungen (18 Super-EBA- und 6 MTA-Wurzelfüllungen) lässt keine klare Empfehlung bezüglich der Materialwahl zu. Um eine statistisch aussagekräftigere Antwort auf die Frage nach den

Wurzelfüllmaterialien und deren Einfluss auf den Erfolg einer Wurzelspitzenresektion geben zu können, müssen die Fallzahlen erhöht werden. Andere Untersuchungen zur gleichen Thematik mit deutlich höheren Fallzahlen (n=260) konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen MTA- und Super-EBA-Zementen feststellen, beide Materialien führen bei korrekter Anwendung zum Erfolg [24, 59].

Neben dem Einfluss einer retrograden Wurzelfüllung war eine Fragestellung dieser Untersuchung, ob eine präoperative Wurzelkanalrevision das Outcome der Wurzelspitzenresektion positiv verändert.

Um diese Frage zu beantworten wurden jeweils zwei Gruppen miteinander verglichen, die bezüglich der retrograden Wurzelfüllung die gleiche Therapie erhalten haben, um deren Einfluss bei der Bewertung und dem Vergleich der Erfolgsraten ausschließen zu können.

Innerhalb der Patientenfälle, die alle eine retrograde Wurzelfüllung erhalten hatten (Gruppe Ia im Vergleich zu Gruppe IIa), konnten klinisch 6,8% mehr Wurzeln erhalten werden, wenn sie eine präoperative Wurzelkanalrevision erhalten hatten. Wurden die Wurzeln nicht retrograd gefüllt (Gruppe Ib im Vergleich zu Gruppe IIb), lag die klinische Erfolgsquote unter denen, die vorher revidiert wurden, sogar 15,2% höher. Radiologisch war die Diskrepanz größer. Hier lagen die Erfolgsquoten 31% bzw. 43,7% höher.

Andere Studien haben sich ebenfalls mit der Auswirkung einer Wurzelkanalrevision auf die anschließende chirurgische Therapie beschäftigt. Ähnliche Beobachtungen machten Wang et al. in ihrer 2004 veröffentlichten Studie. Sie beschrieben eine 10% bessere Heilungschance für resezierte Zähne, wenn diese zuvor revidiert wurden [74].

Darüber hinaus konnte eine aktuelle Studie aus dem Jahr 2018 sogar zeigen, dass die periapikale Läsion nach einer Wurzelspitzenresektion im Zeitraum von 12 Monaten schneller ausheilt, wenn simultan zur Operation eine orthograde Wurzelkanalrevision durchgeführt wurde [44].

Die Wurzelkanalrevision präoperativ vor einer Wurzelspitzenresektion kann aus mehreren Gesichtspunkten als sinnvoll betrachtet werden.

Zunächst sollte die Wurzelkanalrevision als eigenständige Therapiemöglichkeit und konservative Alternative zur operativen Behandlung betrachtet werden. Die Erfolgsaussichten der Wurzelkanalrevision sind nicht zu unterschätzen, etwa 85% der wurzelkanalrevidierten Zähne sind nach 5 Jahren noch in situ, ohne dass eine weitere chirurgische Intervention nötig wurde [50]. Gleichzeitig wird hierbei auf den Patientenkomfort geachtet. Eine Auswertung von Patientenaussagen ergab eine signifikant häufigere Präsenz von postoperativen Schmerzen und Schwellungen nach chirurgischer Therapie im Vergleich zum erneuten konservativen Therapieansatz [12].

Führt die Wurzelkanalrevision nicht zur Ausheilung der apikalen Parodontitis, konnte durch den erneuten Dentinabtrag der Kanalwände und die erneute Desinfektion trotzdem eine ideale Grundlage für die Wurzelspitzenresektion geschaffen werden: Die Heilungsraten des chirurgischen Eingriffes liegen bei über 91%, wenn vorher mindestens eine Wurzelkanalrevision durchgeführt wurde [77]. In diesem Falle ergänzen sich die beiden Therapieformen. Die für die chemomechanische Aufbereitung schwer zugänglichen Bereiche wie etwa Ramifikationen, die häufig im apikalen Drittel der Wurzel zu finden sind, können durch die anschließende Resektion entfernt werden [18].

Neben den Vorteilen der Wurzelkanalrevision müssen allerdings auch die Risiken beachtet werden, die ein solches Therapiekonzept mit sich bringen kann.

Einer der Hauptgründe für die Extraktion von endodontisch behandelten Zähnen stellt die vertikale Wurzelfraktur dar, welche mit einer Prävalenz von etwa 13% auftritt [20, 66]. Großer Zahnhartsubstanzverlust durch die mechanische Wurzelkanalaufbereitung und ein zu starker Druck beim Verdichten der Wurzelkanalfüllung zählen zu den Hauptgründen der iatrogenen vertikalen Wurzelfraktur [9]. Diese Art von Wurzelfrakturen wurden ab einer Erweiterung der Wurzelkanäle um etwa 40% beobachtet [75]. Es ist nachvollziehbar, dass jeglicher erneuter konservativer Therapieansatz mit weiterer Wurzelkanalaufbereitung und -vergrößerung durch zusätzlichen Dentinabtrag die jeweilige Wurzel stärker schwächt.

Einige Studien haben sich bereits mit der Frage auseinandergesetzt, ob die Art des Zahnes und die Position im Kiefer das Ergebnis der Operation beeinflussen.

Von Arx et al. fassten in einer 2010 veröffentlichten Meta-Analyse insgesamt 16 Studien zusammen, welche die Heilungsraten von wurzelresezierten Frontzähnen, Prämolaren und Molaren entweder abhängig oder unabhängig vom Kiefer untersuchten [70].

Oberkiefer- und Unterkiefer-Frontzähne hatten die höchsten zu erwartenden Heilungsraten, während Unterkiefer-Molaren die geringste Rate aufwiesen [70]. Auch hier ist die Studienlage widersprüchlich, im gleichen Jahr konnte in einer anderen Veröffentlichung von Taschieri et al. kein signifikanter Unterschied zwischen den jeweiligen Zähnen oder Kiefern beschrieben werden [63].

Unter den für diese Arbeit einbezogenen Patientenfällen konnten Frontzähne und Molaren mit einer Heilungsrate von über 80% einen signifikant besseren Therapieerfolg verzeichnen als Prämolaren mit einer Heilungsrate von nur 50% ($p=0.02$ bzw. $p=0.03$), unabhängig davon, welche Therapieform gewählt wurde und in welchem Kiefer sie einzuordnen waren.

Ein Erklärungsansatz für die meist sehr hohe Erfolgsquote der Frontzähne ist, dass sie meist eine einfache Wurzelanatomie aufweisen und ein leichter chirurgischer Zugang zur Wurzelspitze bei guter Übersicht möglich ist [11].

Chirurgische Maßnahmen an mehrwurzeligen Molaren hingegen sind komplexer. Hinzu kommt, dass der Zugang zu weiter distal gelegenen Molaren deutlich eingeschränkter ist [11, 18].

Die schlechte Überlebensrate der Prämolaren könnte sich dadurch erklären lassen, dass diese Zähne für vertikale Wurzelfrakturen prädestiniert sind, bedingt durch ihren reduzierten mesio-distalen Wurzeldurchmesser [43].

Hinzu kommt, dass gerade Unterkiefer-Prämolaren schnell in ihrer Komplexität der Wurzelanatomie unterschätzt werden. Eine Studie aus dem Jahr 2017 beschrieb, dass mehr als ein Drittel aller ersten unteren Prämolaren mehr als einen Wurzelkanal aufweisen. Diese „überzähligen“ Wurzelkanäle werden dann häufig übersehen und somit nicht mittherapiert [13].

In Bezug auf den jeweiligen Kiefer konnte in der Heilungsrate bei diesen Untersuchungen kein signifikanter Unterschied beobachtet werden ($p=0.87$).

Für noch aussagekräftigere prognostische Werte müssen allerdings die Fallzahlen der Untersuchungen deutlich erhöht werden.

Aufgrund mangelnder Dokumentation konnten für dieses retrospektive Studiendesign nicht mehr Daten erhoben werden.

Gerade beim retrospektiven Studiendesign stellen nur spärlich vorhandene Dokumentationen der vorher festgelegten klinischen Parameter ein häufiges Problem dar [18]. Zur Generierung ausreichend großer Fallzahlen werden in Review-Artikeln gemeinsame Einschlusskriterien festgelegt, um zu spezifischen Fragestellungen aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten [18, 70].

Des Weiteren stellt häufig das Design der Studie und deren Durchführung ein großes Problem dar. Durch fehlende Möglichkeiten der Verblindung der Behandler und vor allem der radiologischen Gutachter im Zuge der Nachsorge besteht bei den vorhandenen Studien ein hohes Risiko für Voreingenommenheit bezüglich der zu vergleichenden Materialien [33], was die Einschätzung, Einordnung und Vergleichbarkeit der gewonnenen Ergebnisse erschwert.

Jegliche Entscheidung für eine endodontische Therapie sollte auf einer umfangreichen und effizienten Diagnostik beruhen. Der Erhalt eines endodontisch behandelten Zahnes ist abhängig von Umfang und Genauigkeit der Diagnostik und Planung [14].

Für eine Diagnostik des apikalen Gesundheitszustandes eines symptomatischen Zahnes sollten unter anderem neben einer ausführlichen Schmerzdiagnostik die Reaktion auf Kälte, Perkussion und Palpation der apikalen Region sowie der Lockerungsgrad ermittelt werden [25].

Eine Standardisierung der Befunderhebung und Diagnostik vor endodontisch-chirurgischen Eingriffen könnte im Sinne einer Qualitätssicherung sinnvoll sein und das Ergebnis der chirurgischen Therapie möglicherweise verbessern.

Dies könnte durch die Einführung von Checklisten für die Durchführung der Diagnostik und Therapie nach fehlgeschlagener Wurzelkanalbehandlung sichergestellt werden.

Schmitt et al. untersuchten in einer Veröffentlichung aus dem Jahr 2018, wie sich Checklisten auf den Behandlungsablauf in unterschiedlichen oralchirurgischen Fragestellungen auswirken. Dabei wurde ein signifikant geringeres Risiko für Behandlungsfehler und Zwischenfälle festgestellt, wenn solche Checklisten

berücksichtigt wurden. Neben reibungsloseren Behandlungsabläufen für die Patienten verbesserte sich auch die Absprache und Zufriedenheit innerhalb des Personals [52]. Ähnliche Konzepte könnten die Diagnostik und den Behandlungsablauf einer endodontisch-chirurgischen Therapie positiv beeinflussen.

8. Schlussfolgerung

Die Therapie nach fehlgeschlagener Wurzelkanalbehandlung ist ein viel diskutiertes, widersprüchliches Thema in der Literatur.

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass der positive Einfluss einer erneuten orthograden Wurzelkanalaufbereitung, soweit sie denn möglich ist, nicht außer Acht gelassen werden kann und standardisiert durchgeführt werden sollte. Darüber hinaus sollte bei chirurgischem Therapieansatz eine retrograde Wurzelkanalaufbereitung und -füllung angestrebt werden, um die Erfolgsaussichten der Behandlung zu maximieren.

9. Literaturverzeichnis

- [1] Allard U, Stromberg T. (1979) Inflammatory reaction in the apical area of pulpectomized and sterile root canals in dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 48(5):463-466.
- [2] Amezcua O, Gonzalez AC, Borges AH, Bandeca MC, Estrela CR, Estrela C. (2015) Sealing ability of root-end filling materials. *J Contemp Dent Pract.* 16(3):210-214.
- [3] Arnold M, Ricucci D, Siqueira JF. (2013) Infection in a Complex Network of Apical Ramifications as the Cause of Persistent Apical Periodontitis: A Case Report. *Journal of Endodontics.* 39(9):1179-1184.
- [4] Ayup H, Duane B. (2018) Limited evidence on best material for retrograde root fillings. *Evid Based Dent.* 19(1):8-9.
- [5] Baek S-H, Lee WC, Setzer FC, Kim S. (2010) Periapical Bone Regeneration after Endodontic Microsurgery with Three Different Root-end Filling Materials: Amalgam, SuperEBA, and Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics.* 36(8):1323-1325.
- [6] Beck-Broichsitter BE, Schmid H, Busch H-P, Wiltfang J, Becker ST. (2018) Long-term survival of teeth in the posterior region after apical surgery. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery.* 46(11):1934-1938.
- [7] Benz K, Markovic L, Jordan RA, Novacek C, Jackowski J. (2017) In vitro evaluation of the apical seal of two different retrograde filling materials. *Australian Endodontic Journal.* 43(1):29-33.
- [8] Brynolf I. (1967) A histological and roentgenological study of the periapical region of human upper incisors. *Odontol Revy.* 18(SUPPL. 11):1-176.
- [9] Chan C-P, Lin C-P, Tseng S-C, Jeng J-H. (1999) Vertical root fracture in endodontically versus nonendodontically treated teeth A survey of 315 cases in Chinese patients. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* 87(4):504-507.
- [10] Christiansen R, Kirkevang LL, Horsted-Bindslev P, Wenzel A. (2009) Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta-percha root filling--1-year follow-up. *Int Endod J.* 42(2):105-114.

- [11] de Lange J, Putters T, Baas EM, van Ingen JM. (2007) Ultrasonic root-end preparation in apical surgery: a prospective randomized study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 104(6):841-845.
- [12] Del Fabbro M, Corbella S, Sequeira-Byron P, Tsesis I, Rosen E, Lolato A, Taschieri S. (2016) Endodontic procedures for retreatment of periapical lesions. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* (10).
- [13] Dou L, Li D, Xu T, Tang Y, Yang D. (2017) Root anatomy and canal morphology of mandibular first premolars in a Chinese population. *Sci Rep.* 7(1):750.
- [14] Estrela C, Holland R, Estrela CR, Alencar AH, Sousa-Neto MD, Pecora JD. (2014) Characterization of successful root canal treatment. *Braz Dent J.* 25(1):3-11.
- [15] Fernandez-Yanez Sanchez A, Leco-Berrocal MI, Martinez-Gonzalez JM. (2008) Metaanalysis of filler materials in periapical surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 13(3):E180-185.
- [16] Frank AL, Glick DH, Patterson SS, Weine FS. (1992) Long-term evaluation of surgically placed amalgam fillings. *Journal of Endodontics.* 18(8):391-398.
- [17] Friedman S. (2002) Considerations and concepts of case selection in the management of post-treatment endodontic disease (treatment failure). *Endodontic Topics.* 1(1):54-78.
- [18] Friedman S. (2005) The prognosis and expected outcome of apical surgery. *Endodontic Topics.* 11(1):219-262.
- [19] Friedman S. (1991) Retrograde approaches in endodontic therapy. *Endod Dent Traumatol.* 7(3):97-107.
- [20] Fuss Z, Lustig J, Tamse A. (1999) Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *Int Endod J.* 32(4):283-286.
- [21] Gagliani MM, Gorni FG, Strohmenger L. (2005) Periapical resurgery versus periapical surgery: a 5-year longitudinal comparison. *Int Endod J.* 38(5):320-327.
- [22] Jesslén P, Zetterqvist L, Heimdahl A. (1995) Long-term results of amalgam versus glass ionomer cement as apical sealant after apicectomy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* 79(1):101-103.

- [23] Kang M, In Jung H, Song M, Kim SY, Kim HC, Kim E. (2015) Outcome of nonsurgical retreatment and endodontic microsurgery: a meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 19(3):569-582.
- [24] Kim S, Song M, Shin S-J, Kim E. (2016) A Randomized Controlled Study of Mineral Trioxide Aggregate and Super Ethoxybenzoic Acid as Root-end Filling Materials in Endodontic Microsurgery: Long-term Outcomes. *Journal of Endodontics.* 42(7):997-1002.
- [25] Klausen B, Helbo M, Dabelsteen E. (1985) A differential diagnostic approach to the symptomatology of acute dental pain. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 59(3):297-301.
- [26] Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K, McDonald F. (1997) Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J Biomed Mater Res.* 37(3):432-439.
- [27] Kruse C, Spin-Neto R, Christiansen R, Wenzel A, Kirkevang L-L. (2016) Periapical Bone Healing after Apicectomy with and without Retrograde Root Filling with Mineral Trioxide Aggregate: A 6-year Follow-up of a Randomized Controlled Trial. *Journal of Endodontics.* 42(4):533-537.
- [28] Kvist T, Molander A, Dahlen G, Reit C. (2004) Microbiological evaluation of one- and two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a randomized, clinical trial. *J Endod.* 30(8):572-576.
- [29] Kvist T, Reit C. (1999) Results of endodontic retreatment: a randomized clinical study comparing surgical and nonsurgical procedures. *J Endod.* 25(12):814-817.
- [30] Levin LG. (2013) Pulp and periradicular testing. *Pediatr Dent.* 35(2):113-119.
- [31] Lin LM, Pascon EA, Skribner J, Gängler P, Langeland K. (1991) Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 71(5):603-611.
- [32] Lustmann J, Friedman S, Shaharabany V. (1991) Relation of pre- and intraoperative factors to prognosis of posterior apical surgery. *J Endod.* 17(5):239-241.
- [33] Ma X, Li C, Jia L, Wang Y, Liu W, Zhou X, Johnson TM, Huang D. (2016) Materials for retrograde filling in root canal therapy. *Cochrane Database Syst Rev.* 12:CD005517.

- [34] Machtou P, Reit C. (2010) Non-surgical retreatment Bergenholtz G, Hørsted-Bindslev , Reit C editor(s) Textbook of Endodontology Second Edition Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Wiley-Blackwell.335-347.
- [35] Manfredi M, Figini L, Gagliani M, Lodi G. (2016) Single versus multiple visits for endodontic treatment of permanent teeth. Cochrane Database Syst Rev. 12:CD005296.
- [36] Mead C, Javidan-Nejad S, Mego ME, Nash B, Torabinejad M. (2005) Levels of Evidence for the Outcome of Endodontic Surgery. Journal of Endodontics. 31(1):19-24.
- [37] Molven O, Halse A, Grung B. (1987) Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery. Int J Oral Maxillofac Surg. 16(4):432-439.
- [38] Ng YL, Mann V, Gulabivala K. (2011) A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival. Int Endod J. 44(7):610-625.
- [39] Nicholls E. (1962) Retrograde filling of the root canal. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 15:463-473.
- [40] Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. (1986) The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. Endod Dent Traumatol. 2(1):20-34.
- [41] Orstavik D, Qvist V, Stoltze K. (2004) A multivariate analysis of the outcome of endodontic treatment. Eur J Oral Sci. 112(3):224-230.
- [42] Paik S, Sechrist C, Torabinejad M. (2004) Levels of Evidence for the Outcome of Endodontic Retreatments. Journal of Endodontics. 30(11):745-750.
- [43] PradeepKumar AR, Shemesh H, Jothilatha S, Vijayabharathi R, Jayalakshmi S, Kishen A. (2016) Diagnosis of Vertical Root Fractures in Restored Endodontically Treated Teeth: A Time-dependent Retrospective Cohort Study. J Endod. 42(8):1175-1180.
- [44] Prati C, Azizi A, Pirani C, Zamparini F, Iacono F, Montebugnoli L, Gandolfi MG. (2018) Apical surgery vs apical surgery with simultaneous orthograde retreatment: A prospective cohort clinical study of teeth affected by persistent periapical lesion. Giornale Italiano di Endodonzia. 32(1):2-8.

- [45] Rahbaran S, Gilthorpe MS, Harrison SD, Gulabivala K. (2001) Comparison of clinical outcome of periapical surgery in endodontic and oral surgery units of a teaching dental hospital: a retrospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 91(6):700-709.
- [46] Ricucci D, Siqueira JF. (2010) Biofilms and Apical Periodontitis: Study of Prevalence and Association with Clinical and Histopathologic Findings. *Journal of Endodontics.* 36(8):1277-1288.
- [47] Ricucci D, Siqueira JF, Jr. (2010) Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod.* 36(1):1-15.
- [48] Riis A, Taschieri S, Del Fabbro M, Kvist T. (2018) Tooth Survival after Surgical or Nonsurgical Endodontic Retreatment: Long-term Follow-up of a Randomized Clinical Trial. *J Endod.* 44(10):1480-1486.
- [49] Rud J, Andreasen JO, Jensen JE. (1972) Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Surg.* 1(4):195-214.
- [50] Salehrabi R, Rotstein I. (2010) Epidemiologic Evaluation of the Outcomes of Orthograde Endodontic Retreatment. *Journal of Endodontics.* 36(5):790-792.
- [51] Samara A, Sarri Y, Stravopodis D, Tzanetakakis GN, Kontakiotis EG, Anastasiadou E. (2011) A comparative study of the effects of three root-end filling materials on proliferation and adherence of human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod.* 37(6):865-870.
- [52] Schmitt CM, Buchbender M, Musazada S, Bergauer B, Neukam FW. (2018) Evaluation of Staff Satisfaction After Implementation of a Surgical Safety Checklist in the Ambulatory of an Oral and Maxillofacial Surgery Department and its Impact on Patient Safety. *J Oral Maxillofac Surg.* 76(8):1616-1639.
- [53] Schultz CB, Westhauser P, Niderost B, Klaus WG. (2005) [Retrograde obturation with MTA Cement and Super-EBA after apicoectomy. Sealing ability of MTA and Super-EBA in dye penetration tests]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 115(5):442-454.
- [54] Setzer FC, Boyer KR, Jeppson JR, Karabucak B, Kim S. (2011) Long-term prognosis of endodontically treated teeth: a retrospective analysis of preoperative factors in molars. *J Endod.* 37(1):21-25.

- [55] Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. (2012) Outcome of Endodontic Surgery: A Meta-analysis of the Literature—Part 2: Comparison of Endodontic Microsurgical Techniques with and without the Use of Higher Magnification. *Journal of Endodontics*. 38(1):1-10.
- [56] Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. (2010) Outcome of Endodontic Surgery: A Meta-analysis of the Literature—Part 1: Comparison of Traditional Root-end Surgery and Endodontic Microsurgery. *Journal of Endodontics*. 36(11):1757-1765.
- [57] Silva BSF, Bueno MR, Yamamoto-Silva FP, Gomez RS, Peters OA, Estrela C. (2017) Differential diagnosis and clinical management of periapical radiopaque/hyperdense jaw lesions. *Braz Oral Res*. 31:e52.
- [58] Siqueira JF, de Uzeda M. (1996) Disinfection by calcium hydroxide pastes of dentinal tubules infected with two obligate and one facultative anaerobic bacteria. *Journal of Endodontics*. 22(12):674-676.
- [59] Song M, Kim E. (2012) A Prospective Randomized Controlled Study of Mineral Trioxide Aggregate and Super Ethoxy-Benzoic Acid as Root-end Filling Materials in Endodontic Microsurgery. *Journal of Endodontics*. 38(7):875-879.
- [60] Stabholz A, Friedman S. (1988) Endodontic retreatment—Case selection and technique. Part 2: Treatment planning for retreatment. *Journal of Endodontics*. 14(12):607-614.
- [61] Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. (2006) Endodontic Surgery Using 2 Different Magnification Devices: Preliminary Results of a Randomized Controlled Study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 64(2):235-242.
- [62] Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein RL. (2007) Endodontic reoperation using an endoscope and microsurgical instruments: One year follow-up. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 45(7):582-585.
- [63] Taschieri S, Machtou P, Rosano G, Weinstein T, Del Fabbro M. (2010) The influence of previous non-surgical re-treatment on the outcome of endodontic surgery. *Minerva Stomatol*. 59(11-12):625-632.
- [64] Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirkwood KL. (2003) Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 29(6):407-412.

- [65] Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. (2009) Outcomes of Nonsurgical Retreatment and Endodontic Surgery: A Systematic Review. *Journal of Endodontics*. 35(7):930-937.
- [66] Toure B, Faye B, Kane AW, Lo CM, Niang B, Boucher Y. (2011) Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: a prospective study. *J Endod*. 37(11):1512-1515.
- [67] Tsurumachi T. (2013) Current strategy for successful periradicular surgery. *J Oral Sci*. 55(4):267-273.
- [68] von Arx T. (2011) Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *Saudi Dent J*. 23(1):9-15.
- [69] von Arx T, Jensen SS, Hänni S. (2007) Clinical and Radiographic Assessment of Various Predictors for Healing Outcome 1 Year After Periapical Surgery. *Journal of Endodontics*. 33(2):123-128.
- [70] von Arx T, Penarrocha M, Jensen S. (2010) Prognostic factors in apical surgery with root-end filling: a meta-analysis. *J Endod*. 36(6):957-973.
- [71] Wälivaara D-Å, Abrahamsson P, Fogelin M, Isaksson S. (2011) Super-EBA and IRM as root-end fillings in periapical surgery with ultrasonic preparation: a prospective randomized clinical study of 206 consecutive teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 112(2):258-263.
- [72] Wälivaara D-Å, Abrahamsson P, Isaksson S, Blomqvist J-E, Sämfors K-A. (2007) Prospective Study of Periapically Infected Teeth Treated With Periapical Surgery Including Ultrasonic Preparation and Retrograde Intermediate Restorative Material Root-End Fillings. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 65(5):931-935.
- [73] Wälivaara D-Å, Abrahamsson P, Isaksson S, Salata LA, Sennerby L, Dahlin C. (2012) Periapical Tissue Response After Use of Intermediate Restorative Material, Gutta-Percha, Reinforced Zinc Oxide Cement, and Mineral Trioxide Aggregate as Retrograde Root-End Filling Materials: A Histologic Study in Dogs. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 70(9):2041-2047.
- [74] Wang N, Knight K, Dao T, Friedman S. (2004) Treatment outcome in endodontics-The Toronto Study. Phases I and II: apical surgery. *J Endod*. 30(11):751-761.

- [75] Wilcox LR, Roskelley C, Sutton T. (1997) The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *J Endod.* 23(8):533-534.
- [76] Yadav SS, Shah N, Naseem A, Roy TS, Sood S. (2014) Effect of "apical clearing" and "apical foramen widening" on apical ramifications and bacterial load in root canals. *Bull Tokyo Dent Coll.* 55(2):67-75.
- [77] Zuolo ML, Ferreira MO, Gutmann JL. (2000) Prognosis in periradicular surgery: a clinical prospective study. *Int Endod J.* 33(2):91-98.

10. Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
z.B.:	zum Beispiel
%:	Prozent
RCT:	<i>englisch:</i> Randomized controlled trial
WSR:	Wurzelspitzenresektion
Post-OP:	postoperativ
Prä-OP:	präoperativ
PAI:	<i>englisch:</i> periapical index
MTA:	Mineral Trioxid Aggregat
EBA:	<i>englisch:</i> Ethoxybenzoic acid
WF:	Wurzelkanalfüllung
Retro-WF:	retrograde Wurzelkanalfüllung

11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auswahlkriterien für die Aufnahme in die jeweiligen Patientenkollektive.	10
Abbildung 2: Unterteilung der Patientengruppen; „n“ bezieht sich auf die Anzahl der jeweiligen Fallnummern.	11
Abbildung 3: Übersicht der Kriterien zur Beurteilung des Behandlungserfolges.	13
Abbildung 4: Einzelzahrfilm eines resezierten Zahnes 15 mit einem postoperativen PAI-Wert von 1. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial (Gruppe Ia).....	14
Abbildung 5: Einzelzahrfilm eines Zahnes 15 mit einem präoperativen PAI-Wert von 2. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial (Gruppe Ib).....	14
Abbildung 6: Einzelzahrfilm eines Zahnes 43 mit einem präoperativen PAI-Wert von 3. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial (Gruppe Ia).....	15
Abbildung 7: Einzelzahrfilm eines Zahnes 22 mit einem präoperativen PAI-Wert von 4. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial (Gruppe Ib).....	15
Abbildung 8: Einzelzahrfilm eines Zahnes 15 präoperativ vor Wurzelspitzenresektion mit einem präoperativen PAI-Wert von 4. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial.	23
Abbildung 9: Einzelzahrfilm eines Zahnes 15 im Zuge der Nachsorge 39 Monate postoperativ. Die Wunde ist ausgeheilt, der ermittelte PAI-Wert liegt bei 1. Das Bild stammt aus dem Studienmaterial.....	23

12.Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Zusammensetzung des Patientenkollektivs	17
Tabelle 2: Übersicht über die gewonnenen Ergebnisse zu den Hauptfragestellungen.....	17

13. Diagrammverzeichnis

- Diagramm 1: Darstellung der klinischen Überlebensraten abhängig vom gewählten Behandlungskonzept innerhalb der Patientengruppen. Mittleres Nachsorgeintervall = 14,8 Monate. Statistische Auswertung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test. 19
- Diagramm 2: Klinische Erfolgsrate aller einbezogenen Wurzeln in Abhängigkeit vom Zahntyp. Mittlere Nachsorgeintervalle = 17,5 Monate für Frontzähne, 14,2 Monate für Prämolaren und 13,5 Monate für Molaren. Statistische Auswertung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test. 20
- Diagramm 3: Klinische Erfolgsrate der Wurzelspitzenresektion in Abhängigkeit vom verwendeten Material für die retrograde Wurzelfüllung. Mittleres Nachsorgeintervall = 14,8 Monate. Statistische Auswertung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test. 21
- Diagramm 4: Röntgenologische Bestimmung des Behandlungserfolges innerhalb der Patientengruppen unter Berücksichtigung der radiographischen PAI-Auswertung. Mittleres Nachsorgeintervall = 14,8 Monate bzw. 15,4 Monate (korrigierte Werte). Statistische Auswertung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test. 22

14.Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. med. dent. C. Schmitt, MSc für die Überlassung des Themas und seine Vorschläge zur erfolgreichen Durchführung der Studie.

Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. M. Kesting, Direktor für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg gilt mein Dank für die Schaffung der notwendigen Voraussetzungen zur Durchführung der Studie.

Auch möchte ich mich bei Frau Dr. med. dent. Mayte Buchbender bedanken für die gewissenhafte Betreuung beim Durchführen der Untersuchungen und die fachliche Beratung beim Schreiben der Dissertation.

Zuletzt danke ich meiner Familie für die Unterstützung in den letzten Jahren bei der Verwirklichung meiner Ziele.

Ich danke meiner Mutter. Ohne deine Unterstützung wäre mein Studium und meine Promotion nicht möglich gewesen.

Ich danke meinem Vater. Du hast mir immer das Gefühl gegeben, dass ich alles schaffen kann.

Ich danke meinem Bruder. Ich weiß, dass du stolz auf mich bist und immer an mich glaubst bei allem, was ich mache.

Außerdem danke ich meiner Freundin Sina, die in allen Hoch- und Tiefphasen in der Endphase meiner Ausbildung und in meinem Promotionsvorhaben hinter mir stand.

15. Curriculum Vitae