



KRITISCHE WÜRDIGUNG DER TRADITIONELLEN ZAHNMED-
IZIN - TEIL 2: ENDODONTISCHE BEHANDLUNGEN

PROF. DR. STEFAN IHDE, PROF. DR. URS ZAPPA

REF 4506-DE | V004

ISSN 1864-1199 / e-ISSN 1864-1237

OFFPRINT

Published by IF Publishing, Germany
continued since 2024 as:

- CMF Implant Direction (CMF)
- Journal of unwanted Results (JUR)
- Experience-based and evidence-oriented
Corticobasal® Implantology (EECI)



The Foundation of Knowledge

Editorial Board

Editor-in-Chief

Prof. Dr. Stefan Ihde
prof@ihde.com

Coordinating Editor

Prof. Dr. Fadia Awadalkreem, Dubai
editor@implantfoundation.org

Editorial Board (in Alphabetic Order)

Dr. Ashish Chakranarayan, India
Dr. Anita Doshi, India
Prof. Dr. Antonina Ihde, Belarus
Prof. Dr. Vitomir S. Konstantinovic, Serbia
Prof. Dr. Aleksandar Lazarov, Bulgaria
Dr. Juri Mitrushchenkov, Russia
Dr. Mahendra Perumal, India
Prof. Dr. Olga Sipić, Serbia
Prof. Dr. Jan Vares, Ukraine

Aspirants to the Editorial Board (in Alphabetic Order)

Dr. Salem Barmawi, Libya
Dr. Pablo Diaz, Ecuador
Dr. Marcos Daniel Gonzales, Colombia
Dr. Georg Huber, Germany
Dr. Mehul D Jani, India
Dr. Valeri Lysenko, Ukraine
Dr. Kiran Patel, India
Dr. Faizur Rahmaan, India
Dr. Egammai Sethuraman, India
Dr. Nikolai Spiridonov, Russia

Evidence Reports and Critical Appraisals

IF® Research & Evidence Dept.

Annual Subscription

Euro 2.800

Copyright

Copyright © 2006 - 2025 by
International Implant Foundation
DE- 80802 Munich / Germany
www.implantfoundation.org

Contact

publishing@implantfoundation.org

CMF.Impl.dir.

ISSN 1864-1199
e-ISSN 1864-1237

Disclaimer

Hazards

Great care has been taken to maintain the accuracy of the information contained in this publication. However, the publisher and/or the distributor and/or the editors and/or the authors cannot be held responsible for errors or any consequences arising from the use of the information contained in this publication. The statements or opinions contained in editorials and articles in this publication are solely those of the authors thereof and not of the publisher, and/or the distributor, and/or the IIF.

The products, procedures and therapies described in this work are hazardous and are therefore only to be applied by certified and trained medical professionals in environment specially designed for such procedures. No suggested test or procedure should be carried out unless, in the user's professional judgment, its risk is justified. Whoever applies products, procedures and therapies shown or described in this publication will do this at their own risk. Because of rapid advances in the medical science, IF recommends that independent verification of diagnosis, therapies, drugs, dosages and operation methods should be made before any action is taken.

Although all advertising material which may be inserted into the work is expected to conform to ethical (medical) standards, inclusion in this publication does not constitute a guarantee or endorsement by the publisher regarding quality or value of such product or of the claims made of it by its manufacturer.

Legal restrictions

This work was produced by IF Publishing, Munich, Germany. All rights reserved by IF Publishing. This publication including all parts thereof, is legally protected by copyright. Any use, exploitation or commercialization outside the narrow limits set forth by copyright legislation and the restrictions on use laid out below, without the publisher's consent, is illegal and liable to prosecution. This applies in particular to photostat reproduction, copying, scanning or duplication of any kind, translation, preparation of microfilms, electronic data processing, and storage such as making this publication available on Intranet or Internet.

Some of the products, names, instruments, treatments, logos, designs, etc. referred to in this publication are also protected by patents and trademarks or by other intellectual property protection laws (eg. «IF», «IIF» and the IF-Logo) are registered trademarks even though specific reference to this fact is not always made in the text.

Therefore, the appearance of a name, instrument, etc. without designation as proprietary is not to be construed as a representation by publisher that it is in the public domain.

Institutions' subscriptions allow to reproduce tables of content or prepare lists of Articles including abstracts for internal circulation within the institutions concerned. Permission of the publisher is required for all other derivative works, including compilations and translations. Permission of the publisher is required to store or use electronically any material contained in this journal, including any article or part of an article. For inquiries contact the publisher at the address indicated.



KRITISCHE WÜRDIGUNG DER TRADITIONELLEN ZAHNMEDIZIN - TEIL 2: ENDODONTISCHE BEHANDLUNGEN

Autoren

Prof. Dr. Stefan Ihde ^{1,2}

Prof. Dr. Urs Zappa ^{2,3}

¹ Department for Prosthetics, Jaipur Dental College, Maharaj Vinayak Global University, Jaipur, Rajasthan, Indien

² Simpladent® GmbH, Dorfplatz 11, CH-8737 Gommiswald / SG, Schweiz

³ Professor für Parodontologie, Endodontologie, konservierende Zahnheilkunde und Pathohistologie, Universität Basel, Schweiz

Autor für die Korrespondenz: prof@ihde.com

Zitierung dieses Artikels

Ihde S, Zappa U. Kritische Würdigung der traditionellen Zahnmedizin - Teil 2: Endodontische Behandlungen, Experience-based and evidence-oriented Corticobasal® Implantology (EECI), Vol. 19, No. 4, International Implant Foundation Publishing, 2025

Vorwort

Seit Jahrzehnten finden sich in der wissenschaftlichen Literatur Beiträge, die auf potenzielle Gefahren von Wurzelbehandlungen hindeuten. Diese Arbeit untersucht wichtige Aspekte sowie die Erfolge und die Grenzen der endodontischen Behandlung und definiert Gründe für die Extraktion eines endodontisch zu behandelnden oder behandelten Zahnes. Sie beschreibt eine neue Methode für den schnellen und nachhaltigen Ersatz solcher (oder aller) Zähne, die ohne die Anfertigung von Wurzelfüllungen auskommt^{1,2}.

Dieser Artikel beleuchtet die grundsätzlichen Probleme und Schwierigkeiten aller endodontischen Behandlung am Beispiel der Misserfolge und der möglichen Fehler. Alleine schon diese Beschreibungen werden den Laien und den Fachmann abschrecken und beide werden nach anderen Behandlungsmöglichkeiten suchen. Eine sehr gute Alternative wird in diesem Artikel aufgezeigt und beschreiben und gegen die älteren Methoden der oralen Implantologie abgewogen. In großen Teilen der wissenschaftlichen Literatur zu endodontischen Behandlungen wird angenommen, dass

ausschließlich beim Bestehen von Beschwerden nach der endodontischen Behandlung auch klinische Misserfolge vorliegen. Diese Grundannahme stellt eine schwere Fehleinschätzung dar, und allein aufgrund dieser Fehleinschätzung werden endodontische Behandlungen heute überhaupt noch betrieben. Tatsächlich bergen Wurzelkanalbehandlungen erhebliche Risiken, die über lokale Komplikationen hinausgehen und systemische Erkrankungen wie Herz-Kreislauf-Probleme oder rheumatische Beschwerden fördern können – ein Aspekt, der in der konventionellen Zahnmedizin systematisch unterrepräsentiert und bagatellisiert wird³⁻⁶.

Keywords: Endodontische Behandlung, Corticobasal® Implantate, Osseofixation, Toxine, Nekrotisches Pulpagewebe, Knochenfunktion, Systemische Erkrankungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Rheumatische Erkrankungen, Chronisches Eindringen von Toxinen aus dem wurzelbehandelten Zahn in den Gesamtorganismus, Hyperämie im Bereich des Desmodonts dieser Zähne als Zeichen einer chronischen Infektion oder einer chronischen Endotoxinausschüttung.

1. Einleitung

Die Endodontie wurde zu einer Zeit entwickelt, als Zahnärzte versucht haben und versuchen mussten, die Zähne ihrer Patienten so lange wie möglich zu erhalten. Es gab damals keine gleichwertige Alternative zur natürlichen Zahnschmelz und insbesondere zu den Wurzeln selbst. Heute dient die endodontische Therapie der Erhaltung eines Zahnes, der bis in das Zahninnere hinein geschädigt, entzündet oder devital ist. Die Behandlung besteht darin, das im Zahninneren liegende Weichgewebe, die Zahnpulpa, zu entfernen, die danach leere Kammer zu reinigen, zu desinfizieren und abschließend den Hohlraum mit einem geeigneten Material randdicht und dauerhaft zu verschließen. Danach muss die abgeschlossene Wurzelfüllung mit einer randdichten Füllung oder Krone gegen das Mundmilieu isoliert werden. In diesen Schritten verbergen sich anerkannte Schwierigkeiten und Fehlerquellen, die nicht nur die Langzeitprognose wurzelbehandelter Zähne beträchtlich einschränken, sondern auch zu persistierenden Infektionen und systemischen Belastungen führen können^{7,8}.

Lege artis durchgeführte Wurzelbehandlungen können in kontrollierten Studien zu klinischen Langzeiterfolgen von 75-93 % führen⁹⁻¹¹. Je nach Definition von Erfolgsfaktoren sinken diese Raten jedoch auf nur 76 % oder niedriger. In der realen Praxis, außerhalb idealisierter Studienumgebungen, sind die Erfolgsraten signifikant niedriger – oft unter 80 % – aufgrund von Faktoren wie begrenzter Expertise der Allgemeinzahnärzte, unvollständiger Desinfektion und persistierender Mikroorganismen¹²⁻¹⁵. Dies unterstreicht, dass endodontische Behandlungen in der Routinepraxis häufiger scheitern als propagiert, was dann zu chronischen Infektionen und damit verbundenen systemischen Risiken führt.

Leider kommt es trotz einer sachgerecht durchgeführten Wurzelbehandlung nicht selten in und um den Zahn herum zu Veränderungen im Knochen, die als „Granulationen“ bezeichnet werden. Diese äußern sich meist als apikale Granulome oder als Eiterungen mit möglicher Fistelbildung. Ferner beobachten wir die Bildung von höher mineralisierter Knochensubstanz um den wurzelbehandelten Zahn – eine Erscheinung, die keinesfalls als positives Zeichen zu werten ist, sondern

auf fortdauernde Abwehrreaktionen hinweist, die den Knochen schädigen und Toxine systemisch verteilen können^{16,17}.

Es gibt faktisch kaum endodontische Behandlungen, die frei von Nebenwirkungen oder Mängeln sind, auch wenn scheinbare Behandlungserfolge erzielt werden. Die Kenntnis der Faktoren, die zu endodontischen Misserfolgen führen, ermöglicht dem Behandler, diese Gefahrenquellen in seine Behandlungsplanung und Prognose einzubeziehen. Dabei muss rational entschieden werden, ob ein Zahn überhaupt einer endodontischen Erst- oder Zweitbehandlung unterzogen werden soll – insbesondere angesichts der assoziierten Risiken für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. durch Bakteriämien und Entzündungsmediatoren) und rheumatische Erkrankungen (z. B. durch chronische Immunaktivierung), die in der Literatur zunehmend als real und unterrepräsentiert dargestellt werden^{3-5,18-20}.

2. Ätiologie

Endodontische Erkrankungen entstehen nach aktueller universitärer Meinung primär durch eine polymikrobielle Infektion des Wurzelkanals. Dies wird

meist ausgelöst durch tiefe Karies oder Zahntraumen, die den Bakterienzugang möglich machen. Wichtige und regelmäßig identifizierte Erreger sind fakultative und obligate Anaerobier. Beispiele dafür sind *Enterococcus faecalis*, *Actinomyces*, *Prevotella*, *Fusobacterium* und *Porphyromonas endodontalis*. Diese Mikroorganismen bilden Biofilme, die gegen Desinfektion und Immunabwehr besonders resistent sind. Die Infektion kann orthograd durch Karies erzeugt werden oder durch seitliche Einwanderung von z. B. Kokken in freiliegendes Wurzeldentin nach parodontalem Knochenabbau oder als Begleiterscheinung einer Elongitis.

Erste Symptome für eine Erkrankung der Zahnpulpa sind reversible und irreversible Pulpitis. Die nächste Phase ist die Pulp nekrose. Biologischer Auslöser für eine Wurzelbehandlung ist immer eine entzündete, traumatisierte oder abgestorbene Pulpa. Unbehandelt führt geschädigtes Pulpagewebe in der Regel zu starken Zahnschmerzen, eitrigen Entzündungen oder zum Verlust des Zahnes. Die Entwicklung des eigentlichen Erkrankungsprozesses folgt den Gesetzen der Entzündungsentstehung.

Unbehandelt können diese Entzündungen der Pulpa und die beteiligten Keime via Apex Bakteriämien erzeugen. Studien konnten Bakterien in 30–40 % aller Wurzelbehandlungen nachweisen²¹. Mit empfindlicheren Methoden wie qPCR wurden sogar 100 % erreicht²². Bakteriämien können Erkrankungen wie Diabetes und kardiovaskuläre Probleme fördern^{23–26}. Besonders alarmierend ist die Verbindung zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen: Chronische endodontische Infektionen erhöhen das Risiko für CVD um bis zu 38 % (RR = 1.38), da Toxine und Bakterien systemisch zirkulieren und Atherosklerose oder Entzündungen in Gefäßen fördern^{3,5,27,28}. Ähnlich wird die Focal Infection Theory neu belebt, die rheumatische Erkrankungen (z. B. Arthritis) mit oralen Infektionen verknüpft, da persistierende Bakterien immunologische Kreuzreaktionen auslösen können^{6,29–31}. Diese systemischen Effekte sind real, existent und werden in der Zahnmedizin oft unterschätzt oder ignoriert.

Reale Misserfolgsquote von endodontischen Behandlungen bei infizierten Zähnen: Endodontische Behandlungen wie Wurzelkanalbehandlungen (Root Canal Treatment, RCT) werden bei infizierten

Zähnen (z. B. mit nekrotischer Pulpa oder apikaler Periodontitis) durchgeführt, um die Infektion zu beseitigen und den Zahn zu erhalten. Basierend auf systematischen Reviews und Studien liegt die Erfolgsrate für solche Behandlungen typischerweise bei 80–90 % in kontrollierten Studienumfeldern – was eine Misserfolgsquote von etwa 10–20 % impliziert. In der realen Praxis sind diese Raten jedoch deutlich niedriger, oft unter 80 %, da Behandlungen von Allgemeinzahnärzten durchgeführt werden und Faktoren wie unvollständige Desinfektion, verpasste Kanäle oder mangelnde Asepsis eine größere Rolle spielen^{12–14,32–34}. Die Quote variiert je nach Kriterien (streng vs. locker), Behandlungsbedingungen und Nachbeobachtungszeitraum. Hier eine Zusammenfassung der relevanten Daten aus zuverlässigen Quellen:

- In einer Metaanalyse zu Behandlungen infizierter Kanäle betrug die Heilungsrate etwa 80 % (sowohl bei Einzel- als auch bei Mehrfach Sitzungen), was eine Misserfolgsquote von 20 % ergibt. Dies gilt speziell für non-vitale (infizierte) Zähne mit radiologischen Anzeichen einer Apikalinfektion.

- Eine Studie berichtet von einer Misserfolgsquote von 7-18 % für initiale RCTs, wobei 37 % der Fälle innerhalb von fünf Jahren eine Nachbehandlung benötigten und 45 % nach mehr als zehn Jahren. Vorhersagende Faktoren für frühes Versagen sind unbehandelte Kanäle (in 21,7 % der Fälle), unzureichende Obturation (81,9 %) und schlechter koronaler Verschluss (43,1 %).
- Allgemeine Erfolgsraten für endodontische Behandlungen liegen bei 86-98 % in Studien, sind jedoch bei infizierten Zähnen mit periradikulären Läsionen niedriger, da persistierende Bakterien in unzugänglichen Bereichen (z. B. Isthmen, Dentintubuli) zu Fehlern führen. Überfüllungen oder Unterfüllungen erhöhen das Risiko um das Vierfache. In der Praxis sinken diese Raten auf 75-84 %, und langfristig (über 20 Jahre) auf ca. 60 %^{13,35,36}.
- Weitere Reviews bestätigen Erfolgsraten von 71-87 % bei Nachbehandlungen (Retreatments), die oft bei infizierten Zähnen notwendig werden, und eine Heilungsrate von 90-99 %, wenn strenge Asepsis eingehalten wird –

in der Routine jedoch selten erreicht. Damit stellt sich die Frage, ob der Behandler solche Zähne, die schon zu seinem Behandlungsbeginn durch und durch infiziert sind (was am Geruch sehr leicht festgestellt werden kann), überhaupt noch endodontisch behandeln sollte bzw. darf.

In der realen Praxis (außerhalb kontrollierter Studien) kann die Misserfolgsquote höher ausfallen, da Behandlungen oft von Allgemeinzahnärzten durchgeführt werden und Faktoren wie unentdeckte Kanäle (z. B. MB2-Kanal in Molaren, in 42 % der Fehlfälle) oder unzureichende Desinfektion eine Rolle spielen. Langfristig (über vier bis sechs Jahre) liegt die Erfolgsrate bei initialen Behandlungen bei etwa 90 % in Studien, sinkt aber bei infizierten Zähnen aufgrund persistierender Mikroorganismen in der Praxis auf 65–80 %^{37,38}. Diese niedrigen realen Raten verstärken das Risiko systemischer Komplikationen, da unvollständige Behandlungen Toxine und Bakterien freisetzen, die Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. Atherosklerose) und rheumatische Beschwerden (z. B. Arthritis durch Immunreaktionen) begünstigen^{3,6,18,39}.

| Kategorie | Erfolgsrate (Studien) | Erfolgsrate (Praxis) | Misserfolgs- quote | Bemerkungen |
|--|--------------------------|-------------------------|-----------------------|---|
| Initiale RCT bei infizierten Zähnen | 80–90 % | 65–80 % | 10–35 % | Basierend auf Heilung- sraten; höheres Risiko bei Apikalinfektionen; reale Praxis niedriger durch Gen- eralisten; chronisches Toxin- Eindringen fördert system- ische Erkrankungen. |
| Nachbehand- lungen (Re- treatments) | 71–87 % | 60–75 % | 13–40 % | Strengere Kriterien führen zu höherer Quote; oft bei persistierenden Infektionen; Endotoxine belasten Herz- Kreislauf und rheumatische Systeme. |
| Langfristig (vier bis zehn oder mehr Jahre) | 78–93 % | 60–75 % | 7–40 % | Abhängig von Koronal- verschluss und Obturation; 37–45 % benötigen Nachin- tervention; assoziiert mit CVD und Rheumatismus durch Toxin Leakage. |

3. Begründung, warum das Prinzip „Primum non nocere“ verletzt wird

Das medizinische Prinzip „Primum non nocere“ (zuerst mal keinen Schaden anrichten) fordert, dass Behandlungen den Patienten nicht unnötig schädigen sollten und der Nutzen das Risiko überwiegen muss. Bei endodontischen Behandlungen infizierter Zähne wird dieses Prinzip in mehreren Aspekten verletzt, insbesondere, wenn die reale Misserfolgsquote im Verhältnis zum Schädigungspotential berücksichtigt wird.

3.1 Risiko unnötigen Schadens durch Misserfolg

Mit einer realen Misserfolgsquote von 20-40 % (oder höher in der Praxis) kann die Behandlung zu persistierenden Infektionen, chronischen Schmerzen, Apikalabszessen oder systemischen Komplikationen (z. B. Ausbreitung von Bakterien) führen. Statt den Zahn zu erhalten, resultiert dies oft in weiteren Interventionen wie Retreatments, Apikotomien oder letztlich Extraktionen, was den Patienten physisch (Schmerzen, Infektionsrisiko), psychisch (Angst, Frustration) und finanziell belastet. Alternativen wie direkte Extraktion und Implantation haben ver-

gleichbare oder höhere Erfolgsraten (ca. 95-98 %), ohne das Risiko einer fehlgeschlagenen Konservierung^{40,41}. Besonders gravierend: Chronische Infektionen erhöhen das CVD-Risiko um bis zu 38 % und fördern rheumatische Erkrankungen durch chronische Entzündung^{3,5,6,42}.

3.2 Iatrogene Schäden während der Behandlung

Häufige Ursachen für Misserfolge sind iatrogen (durch den Behandler verursacht), wie verpasste Kanäle (42 % der Fehlfälle), unzureichende Desinfektion oder Instrumentenfrakturen, die Bakterien persistieren lassen und zu sekundären Infektionen führen. Über- oder Unterfüllungen erhöhen das Risiko um das Vierfache, was den Zahn schwächt und zu Frakturen oder Perforationen führen kann – ein direkter Schaden, der vermieden werden könnte, wenn auf die Behandlung verzichtet würde. Alle diese zusätzlichen Schäden können Toxine freisetzen, die systemisch wirken und Erkrankungen wie Atherosklerose oder Arthritis auslösen^{18,19,43}.

3.3 Langfristige Konsequenzen und Überbehandlung

Studien zeigen, dass 37-45 % der Behandlungen langfristig nachkorrigiert werden müssen, was wiederholte Eingriffe erfordert und das Risiko kumuliert. In Fällen mit hohem Infektionsrisiko (z. B. bei Molaren oder schlechter Koronalrestauration) überwiegt der potenzielle Schaden den Nutzen, da der Zahn letztlich verloren gehen könnte, aber mit zusätzlichen Komplikationen. Das Prinzip wird verletzt, wenn die Behandlung routinemäßig empfohlen wird, ohne individuelle Risiko-Nutzen-Analyse, insbesondere, da evidenzbasierte Alternativen (z. B. Implantate) niedrigere Fehlerraten aufweisen und den Patienten vor unnötigem Leid schützen. Die Unterrepräsentation systemischer Risiken – wie CVD (erhöhtes Risiko durch Bakteriämien) oder rheumatische Erkrankungen (durch Focal Infection Mechanismen) – macht die Verletzung dieses Prinzips noch gravierender^{4,6,44,45}.

Zusammenfassend verletzt die endodontische Behandlung bei infizierten Zähnen das Prinzip, weil sie trotz guter Absichten eine signifikante Chance auf Schaden birgt, der durch konservativere oder alternativere Ansätze vermeidbar wäre,

und oft mehr Leid verursacht, als sie verhindert. Die realen, oft bagatellisierten systemischen Folgen wie Herz-Kreislauf- und rheumatische Erkrankungen unterstreichen dies eindringlich^{3,6,46}.

Besonders problematisch ist aus Sicht der Autoren, dass die Wurzelbehandlungen oft von unterschiedlichen Behandlern über viel Jahre hinweg eingebracht werden. Mit jeder dieser Behandlung nimmt die Toxinbelastung zu, jedoch kann im Zweifelsfall dem einzelnen Behandler keine individuelle Schuld an der systemischen Erkrankung des Patienten zugeordnet werden.

4. Pathogenese

Die initiale Reaktion der Pulpa auf Mikroorganismen oder deren Toxine bewirkt Vasodilatation und zelluläre Immunantwort mit Makrophagen, dendritischen Zellen und neutrophilen Granulozyten. Dies führt zu einem Ödem im Pulparaum mit schneller Erhöhung des Drucks, gefolgt von einer Ischämie.

Sobald in der Zahnpulpa immer mehr irreversibel geschädigte Pulpabereiche entwickelt werden, treten spontane Schmerzen und Reaktionen auf Wärme auf.

Diese Entzündung und Nekrose erreichen via Apex das periapikale Gewebe. Es entsteht eine akute apikale Parodontitis. Es entstehen Klopfempfindlichkeit und akuter Schmerz. Dies ist das Vorstadium der Abszessbildung. Diese Läsion kann aber auch in ein chronisches Stadium übergehen und symptomfrei werden. Im Röntgenbild wird eine apikale Aufhellung sichtbar.

In diesen Stadien sind die klinischen Befunde oft verwirrend und führen zu Fehldiagnosen. Chronische Stadien sind besonders tückisch, da sie symptomfrei verlaufen, aber Toxine und Bakterien kontinuierlich freisetzen, die systemisch wirken und Erkrankungen wie Atherosklerose oder rheumatische Arthritis fördern^{3,6,47}. Hyperämie im Bereich des Desmodonts (periodontalen Ligaments) dieser Zähne ist ein klares Zeichen für eine chronische Infektion oder eine chronische Endotoxinausschüttung, die die Knochenfunktion beeinträchtigt und zu systemischen Erkrankungen beiträgt^{47,80,81}.

Im Folgenden werden nun Aspekte des Workflows einer endodontischen Behandlung evaluiert mit dem Ziel, auch nicht offensichtliche Faktoren für endodontische Misserfolge zu identifizieren –

insbesondere solche, die zu chronischem Eindringen von Toxinen in den Gesamtorganismus führen.

4.1 Endodontische Diagnose

Häufige Diagnosefehler:

- Falsche Identifikation des zu behandelnden Zahnes: Ungenaue Befunde führen immer wieder zu endodontischen Behandlungen des falschen Zahnes, was unnötige Schäden verursacht und Infektionen unadressiert lässt.
- Fehlinterpretationen von Läsionen: Apikale Radioluzenzen sind nicht immer eine Zyste oder Parodontitis, können aber auf persistierende Infektionen hinweisen, die systemisch wirken und Toxine freisetzen.
- Fehlende oder inkorrekte Vitalitätstests, die zu verzögerten oder falschen Interventionen führen und chronische Toxinausschüttung begünstigen.
- Unvollständige Bildgebung: Periapikale Röntgenbilder zeigen nur zweidimensionale Daten. Verdeckte Kanäle oder Resorptionen werden leicht übersehen. CBCT-Aufnahmen erlauben die Darstellung eines dreidimensionalen Bildes. Ohne 3D-Darstellung des

betroffenen Zahnes kann es zu Fehlern bei der Planung der Zugangskavitäten kommen. Oft können dann nicht alle Kanäle erkannt werden⁴⁸, was persistierende Infektionen begünstigt und systemische Risiken erhöht, einschließlich chronischem Toxin-Eindringen^{3,82}.

Diese Diagnosefehler tragen maßgeblich zu den hohen realen Misserfolgsquoten bei und verstärken die Gefahr systemischer Komplikationen wie CVD oder rheumatischer Erkrankungen^{3,6}.

5. Endodontische Indikationen

Als Indikationen für die endodontische Behandlung gelten gemeinhin irreversibile Pulpitis, pulpanekrotische Zustände mit oder ohne apikale Parodontitis. Ferner werden bei ausbleibendem klinischen Behandlungserfolg Revisionsbehandlungen aller Art durchgeführt – oft ohne ausreichende Berücksichtigung der Risiken wie chronischem Toxin-Eindringen oder Hyperämie im Desmodont als Zeichen chronischer Infektion.

Endodontische Behandlungen werden in manchen Ländern auch nur deswegen vorgenommen, damit Krankenkassen dazu bewegt werden, eine Behandlung mit Kronen zu bezahlen – eine praxisferne

Indikation, die die systemischen Gefahren ignoriert. In der restaurativen Zahnmedizin werden Wurzelbehandlungen vorgenommen, um zerstörte Zähne mit Hilfe von Stiften, die in den Wurzelkanal eingebracht werden, wieder prothetisch nutzbar zu machen. Diese Indikationen sind kritisch zu bewerten, da sie häufig zu persistierenden Infektionen führen, die mit CVD (erhöhtes Risiko durch Bakteriämien) und rheumatischen Erkrankungen (durch chronische Immunaktivierung) assoziiert sind^{3,6,49}.

6. Klinische Erfolgsraten

Die Wurzelbehandlung mit Eliminierung der mikrobiellen Belastung, der Obturation der Pulpahöhle bis zum Foramen apicale und mit einem adäquaten koronalen Verschluss kann in Studien Erfolgsraten von 68-85 % erzeugen⁹. Revisionsbehandlungen weisen tendenziell geringere Erfolgsraten auf. Diese Resultate werden durch die Metaanalyse von 2024 bestätigt⁵⁰. Eine Übersicht aus 2021 zeigte sogar eine gepoolte Erfolgsrate von 92,6 %⁵¹. Ein epidemiologischer Bericht aus den USA mit 1.6 Mio. Datenpunkten zeigte eine Zahnerhalt-Quote von 97 % nach acht Jahren.

Zweitbehandlungen bzw. Retreatments zeigen etwas tiefere Erfolgsraten. Eine systematische Review zeigte eine Erfolgsrate von 76.7 % bei einem Bereich von 73.6 bis 89.6⁵².

Für chirurgische endodontische Behandlungen wurden metaanalytische Erfolgsraten von 85-95 % gezeigt. Eine Cochrane-Übersicht zeigte 77.8 % Heilung nach zwei bis vier Jahren, 71.8 % nach vier bis sechs Jahren und 62.9 % nach über sechs Jahren⁵³.

Schlussfolgerung zu den Erfolgsraten: Endodontische Behandlungen zeigen in Studien überwiegend hohe Erfolgsraten, besonders bei Primärbehandlungen (68-93 %). Retreatment bleibt im mittleren Bereich um 77 %. Chirurgische Alternativen zeigen kurz bis mittelfristig auch gute Heilungschancen von 85-95 %. In der realen Praxis fallen diese Raten jedoch niedriger aus – oft 65-80 % –, da Generalisten höhere Fehlerraten aufweisen^{12,13,32,54}. Diese Erfolge haben eine begrenzte Lebensspanne und werden durch klinische und radiologische Zeichen erneuter Pathologie eingeschränkt, was zu systemischen Risiken wie CVD oder rheumatischen Erkrankungen führt^{3,6,55}. Deshalb erfordern relativ viele endodontisch erstbehandel-

te Zähne einen zweiten Behandlungsversuch, der die Risiken weiter erhöht, einschließlich chronischem Toxin-Eindringen und Hyperämie im Desmodont^{47,80}.

Revisionsbehandlungen gehen häufig mit dem Verlust der prothetischen Arbeit (Kronen, Brücken) auf wurzelbehandelten Zähnen einher. Weil dies mit hohen finanziellen Aufwendungen für die Patienten verbunden ist, stellen niedergelassene Privatpraktiker oft eine sehr enge Indikation für die Durchführung von Wurzelbehandlungen. Behandelt werden

- nur solche Zähne, bei denen eine Vitalexstirpation durchgeführt werden kann,
- nur solche Zähne, die sich in geschlossenen Zahnreihen befinden, d. h., es wird dann keine Wurzelbehandlung mehr durchgeführt, wenn benachbarte Zähne fehlen. Dies rührt daher, dass in solchen Fällen mehrere Corticobasal® Implantate nebeneinander eingesetzt werden können, was zu einer fast 100%igen Erfolgsrate für die Implantatvariante der Behandlung führt, weil die Implantate sich gegenseitig stützen können – ohne die systemischen Risiken endodontischer Behandlungen⁵⁶.

7. Erfolgskriterien

Grundsätzlich muss heute davon ausgegangen werden, dass ein **nebenwirkungsfreier Erfolg einer Wurzelbehandlung nie erreicht** werden kann, auch wenn eine Großzahl von wurzelbehandelten Zähnen „klinisch erfolgreich wurzelbehandelt“ werden können. Die klinischen Kriterien zum Identifizieren einer erfolgreichen Wurzelbehandlung sind:

1. Symptomfreiheit
2. Normale Funktion des Zahnes, der Zahn kann belastet und verwendet werden
3. Keine Schmerzen, weder spontan noch bei Belastung, keine Klopfempfindlichkeit

Diese Ziele stellen das aktuelle Behandlungsziel dar, ignorieren jedoch die eigentlichen (!) systemische Risiken wie Toxinverteilung, die CVD oder rheumatische Erkrankungen fördern können^{3,6}.

Die radiologischen Kriterien zur Identifizierung einer erfolgreichen Wurzelbehandlung sind:

1. Alle Kanäle sind erfasst worden
2. Jeder Kanal bündig mit dem Apex gefüllt

3. Keine nicht vom Füllmaterial bedeckte Bereiche an den Wänden des Pulpacavums

Falls diese Kriterien erfüllt sind, liegt ein **momentaner Erfolg** vor. Das Vorliegen eines echten Erfolgs kann aber nur während der Zeit nach der Behandlung beurteilt werden – und selbst dann persistieren oft unsichtbare Infektionen mit systemischen Konsequenzen wie chronischem Toxin-Eindringen oder Hyperämie im Desmodont^{3,47,80}.

Studien zeigen, dass z. B. nach der Methode von Kaplan-Meier ab dem Moment der Fertigstellung der Wurzelbehandlung und dichtem koronalem Verschluss in jeder Kohorte eine Dynamik des Zahnverlusts einsetzt. Dies bedeutet, dass die Kaplan-Meier-Kurve nach der Behandlung immer nach unten zeigt, weil immer weniger überlebende Zähne vorhanden sind. Der Praktiker kann zu keinem Zeitpunkt wissen, ob und wo sein gerade endodontisch behandelter Zahn auf dieser Kurve sein wird – und welche systemischen Schäden er verursacht³⁵.

8. Mutmaßliche Erfolgsfaktoren

Damit ein Behandler mit einem guten Ergebnis der Wurzelbehandlung rechnen kann, muss er die dafür verantwortlichen Faktoren richtig bedienen. Diese sind:

1. Präoperative Ausgangssituation
2. Vollständige chemo-mechanische Aufbereitung und Desinfektion des Kanalsystems
3. Dichte Obturation der Kanäle
4. Dichte Füllungs- und Kronenränder, sie verbessern die Prognose des Zahnes, indem sie koronales Leakage vermeiden
5. Erfahrung und Fachkompetenz des Behandlers

Die Erfolgsraten von Endodontologen sind signifikant höher als jene von Allgemeinzahnärzten^{9,58-61}. Die Gründe dafür sind die Anwendung von moderner Technologie wie das Dentalmikroskop, elektronische Längenmessung und rotierende Instrumente, fundierte Diagnostik und Therapieplanung. Ebenso wirken sich die Mundhygiene und die Compliance des Patienten auf den Erfolg aus⁶².

Es ist bekannt und bewiesen, dass nur ein Teil der Wurzelbehandlungen erfolgreich ist und zur Gesundheit des Zahnareals, des Patienten und des den Zahn umgebenden Knochens führen⁶³. In der Praxis scheitern viele, was zu chronischen Infektionen und assoziierten Erkrankungen wie CVD oder Rheumatismus führt, oft durch chronisches Toxin-Eindringen^{3,6}.

9. Kontraindikationen

Es gibt absolute und relative Kontraindikationen. Bei absoluten Kontraindikationen ist die Wurzelbehandlung nicht möglich oder medizinisch kontraindiziert. Bei relativen Kontraindikationen ist eine Wurzelbehandlung grundsätzlich möglich, aber nur unter erschwerten Bedingungen oder mit Risikofaktoren, welche die Prognose verschlechtern – und die systemischen Risiken erhöhen.

9.1 Absolute Kontraindikationen

1. Nicht erhaltungswürdiger Zahn
2. Schlechter Allgemeinzustand
3. Nicht zugänglicher Wurzelkanal
4. Obliterierte Wurzel
5. Nicht erreichbare apikale Läsion
6. Patient verweigert Behandlung
7. Bisphosphonatbehandlungen

9.2 Relative Kontraindikationen

Dies bedeutet, die Wurzelbehandlung ist möglich, aber es gibt Einschränkungen, Risiken oder eine fragliche Prognose – insbesondere hinsichtlich systemischer Belastungen durch Toxine.

1. Stark gekrümmte Kanäle
2. Nicht ausreichende Restsubstanz obliterierter Kanäle
3. Fehlende Möglichkeiten zur definitiven Versorgung
4. Sehr schlechte Mundhygiene
5. Unkooperativer Patient (Würgereiz, Angst, Demenz)
6. Systemische Erkrankungen (z. B. CVD, rheumatisch – hier erhöht sich das Risiko durch Bakteriämien und chronisches Toxin-Eindringen)
7. Röntgenbilder nicht möglich (Schwangerschaft im ersten Trimester)
8. Wiederholte endodontische Misserfolge
9. Erfolgsaussicht sehr gering
10. Fortgeschrittenes Lebensalter
11. Immundefizite
12. Ökonomische oder zeitliche Einschränkungen
13. Mehrere bereits vorhandene Wurzelfüllungen mit und ohne klinische Symptome

Die Kenntnis der vorliegenden absoluten und relativen Kontraindikationen sind Voraussetzung für eine korrekte Indikation und Behandlungsplanung. Die Einhaltung dieser Vorgaben trägt wesentlich zur Verbesserung der Langzeitprognose bei – und zur Vermeidung systemischer Schäden wie CVD oder rheumatischer Erkrankungen durch chronisches Toxin-Eindringen^{3,6}. Studien widerlegen eine strikte Altersgrenze von 40+ Jahren für Wurzelbehandlungen; Erfolgsraten bleiben in höherem Alter ähnlich hoch, solange andere Faktoren kontrolliert werden⁶⁴⁻⁶⁶. Dennoch steigt im Alter das Risiko systemischer Komplikationen durch abnehmende Immunität⁶⁷.

10. Vergleich der Aufwendungen zur Vermeidung eines Misserfolgs vs. die alternative (moderne) Implantation

Jede endodontische Behandlungsphase weist Risiken auf. Die häufigsten Fehler werden verursacht vom Zahn und dessen Anatomie, d. h. von der Morphologie des Wurzelkanalsystems, von technischen Schwierigkeiten bei der Durchführung und von der Qualität der Ausführung.

Dabei können Komplikationen auftreten wie Instrumentenfrakturen, Perforationen, postoperative Schmerzen, persistierende Infektionen und iatrogene Veränderungen der Wurzelkanäle wie Stufen oder Transformationen – alle mit Potenzial für chronisches Toxin-Eindringen in den Gesamtorganismus^{3,6}.

Mit dem Einsatz von modernen Technologien wie dem oralen Operationsmikroskop, der maschinellen Aufbereitung und der thermoplastischen Obturation wird erfolgreich versucht, das Risiko solcher Ereignisse zu reduzieren. Der wissenschaftliche Nachweis, dass durch die Verwendung von Operationsmikroskopen die Toxinausschüttung aus dem wurzelbehandelten Zahn verhindert werden kann, wurde bislang nicht geführt. Damit stellt sich die Frage, ob der hohe technische Aufwand eines Operationsmikroskopes überhaupt gerechtfertigt ist, zumal nach der alternativen Extraktion des Zahnes ein modernes Implantat viel preiswerter eingesetzt und prothetisch versorgt werden kann. Zu bedenken ist in diesem Zusammenhang, dass auch der technische und finanzielle Aufwand für eine Krone auf dem Implantat geringer ist als für eine Krone auf dem wurzelbehandelten

Zahn – und ohne die Risiken systemischer Erkrankungen^{68,69}. Corticobasal® Implantate mit Osseofixation bieten hier eine überlegene Alternative, da sie die Knochenfunktion erhalten und keine Toxine freisetzen^{1,2}.

11. Kriterien des endodontischen Misserfolgs

Die endodontische Therapie soll die vollständige Elimination von Mikroorganismen aus dem Wurzelkanalsystem und die dauerhafte bakteriendichte Versiegelung des Kanals bewirken. Ein endodontischer Misserfolg liegt dann vor, wenn diese Ziele nicht erreicht werden. Dieser Misserfolg wird erst dann klinisch und radiologisch erkennbar, wenn entsprechende Zeichen und Symptome auftreten, kann aber latent systemische Schäden verursachen. Das Erkennen eines Misserfolgs ist wichtig, weil erst dadurch Indikationen für Revisionsbehandlungen oder andere chirurgische Maßnahmen gestellt werden können – die jedoch oft die Risiken weiter erhöhen.

In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass auch eine „randdichte Wurzelfüllung“ nach einiger Zeit durch den Flüssigkeitsdruck aus den

Dentintubuli so disloziert oder zusammengedrückt werden kann, dass eine Besiedlung der Hauptkanäle mit einem Biofilm möglich wird. In diesem Detail dürfte sehr viel (auf Dauer) schädigendes Potential zu finden sein.

Klinische Kriterien zum Erkennen eines endodontischen Misserfolgs:

1. Persistierender oder wiederkehrender Schmerz wie Spontanschmerz, Druckdolenz oder Reaktionen auf thermische Reize
2. Fistelbildung
3. Eitrige Sekretion
4. Parodontaler Attachmentverlust bei endo-parodontaler Kommunikation

Mikrobiologische Kriterien:

1. Intraradikuläre Infektion durch fakultativ anaerobe Bakterien
2. Biofilm-Bildung auf internen Dentinwänden

Technische Kriterien:

1. Unvollständige Kanalfüllung
2. Fehlende Desinfektion
3. Undichte koronale Restauration
4. Instrumentenfrakturen oder Stufenbildung

Radiologische Kriterien:

1. Persistierende oder neue apikale Aufhellung
2. Apikale Aufhellung bleibt unverändert
3. Wurzelfüllung zu kurz oder zu lang
4. Zusätzliche Wurzel nicht behandelt
5. Seitenkanäle nicht behandelt

Auch wenn diese klinischen Kriterien erfüllt sind, können Faktoren vorliegen, die über Zeit bewirken, dass eine Wurzelbehandlung als nicht erfolgreich identifiziert werden muss. Post-therapeutische klinische Chronologien und Röntgenbefunde können zeigen, dass der echte Therapieerfolg nicht erreicht wurde. Röntgenologisch zeigt sich das in:

- Mindermineralisierter Ostitis (apikales Granulom) im Bereich der Wurzelspitze
- Ostitis mit umgebender kortikaler Einkapselung
- Radiologisch erkennbare Hyperämie im verbreiterten Desmodontalspalt
- Hypermineralisation des Knochens in der unmittelbaren Umgebung der Wurzelspitze des endodontisch behandelten Zahnes

- Verlust des desmodontalen Spaltes bei Ankylose, der Knochen wächst von außen auf die Wurzel zu oder die Dentinschicht im Bereich der unteren Wurzelhälfte verdickt sich durch Dentinapposition
- Bakterieninvasion über Dentintubuli bis in das Pulpacavum mit und ohne Devitalisation eines Teils oder der gesamten Zahnpulpa
- Übergreifen der Infektion durch den Knochen auf benachbarte Zähne

Diese Misserfolge sind nicht nur lokal, sondern fördern systemische Erkrankungen, da Toxine und Bakterien zirkulieren und CVD oder rheumatische Prozesse auslösen^{3,6,70}. Hyperämie im Desmodont ist hier ein Schlüsselzeichen für chronische Infektion oder Endotoxinausschüttung, die die Knochenfunktion stört und Toxine chronisch in den Gesamtorganismus eindringen lässt^{47,80,81}.

12. Sichere klinische Zeichen für Nichterreichen eines Therapieerfolges

12.1 Klinische Zeichen

- Aufbiss- und Klopfschmerz persistieren oder treten wieder auf
- Fistelbildung
- Schwellungen der Mukosa
- Eiterabgänge
- Abszessbildung in der Mukosa und im Parodont
- Verfärbung des Zahnes
- Lockerung des Zahnes
- Sekretion aus dem Kanal bei Wiedereröffnung

Diese Zeichen signalisieren nicht nur lokalen Misserfolg, sondern erhöhen das Risiko systemischer Ausbreitung durch chronisches Toxin-Eindringen^{3,6}.

12.2 Radiologische Zeichen

- Periapikale Aufhellung bleibt
- Periapikale Aufhellung wird größer
- Neue periapikale Aufhellung nach Behandlung
- Wurzelfüllung ungenügend, weil zu kurz, zu lang oder undicht
- Zusätzliche Wurzeln unbehandelt
- Seitenkanäle unbehandelt

12.3 Weitere Zeichen

- Zahn bleibt symptomatisch
- Zahn kann nicht weiter versorgt werden wegen Substanzverlust oder Kronenfraktur
- Patient benötigt wiederholt Schmerzmittel
- Patient benötigt wiederholt Antibiotika

Diese Zeichen unterstreichen die hohen realen Misserfolgsraten und die damit verbundenen systemischen Risiken, einschließlich Hyperämie im Desmodont als Indikator für chronische Endotoxinausschüttung^{3,12,80}.

13. Grauzone der Kriterien

Es fehlen in der Endodontie sichere Kriterien, die es dem Behandler gestatten, eindeutig zwischen Erfolg und Gesundheit einerseits und Misserfolg und weiterbestehender Pathologie nach endodontischen Behandlungen andererseits zu unterscheiden. Auch sichtbar unvollständig ausgeführte Behandlungen können klinisch erfolgreich sein. Auf der anderen Seite können radiologisch perfekt abgefüllte Zähne klinische Symptome bereiten. Die temporäre Abwesenheit von Schmerzen wird oft als Erfolgskriterium

benützt – eine trügerische Annahme, da latente Infektionen Toxine freisetzen und systemische Erkrankungen fördern^{3,6}. Klarer definierte und vor allem überprüfbare und validierte Kriterien für den Langzeiterfolg fehlen bis heute.

In der Endodontie fehlt es auch an eindeutigen Behandlungsrichtlinien. Je nach Schule werden verschiedene Vorgehensweisen für die Instrumentierung der Kanäle (step-up, step-down) und verschiedene Wurzelfüllmaterialien propagiert. Die früher vorgenommene leichte Überinstrumentierung der Kanäle mit nachfolgender Überfüllung mit z. B. resorbierbarem Wurzelfüllmaterial wird heute kaum noch propagiert. Dies, obgleich damals sehr gute Ergebnisse bei apikalen Prozessen erzielt wurden, dies insbesondere bei Verwendung von formalinhaltigen Wurzelfüllpasten. Erstaunlicherweise zeigen überfüllte Bereiche um die Wurzeln keine Nekrosen des Knochens, obgleich dies durch den Formalingehalt des Materials zu erwarten gewesen wäre. Diese Beobachtung legt nahe, dass die Toxizität des Formalins von den Eigenschaften des Zielgewebes abhängt und dass Formalin aus Sicht des Knochens keine Toxizität aufweist⁸³⁻⁸⁵.

Soweit das Formalin in der Wurzelfüllung zum Absterben der Bakterien in den Dentintubuli führen wird, so könnte die Durchführung von Wurzelbehandlungen unter Formalinbeigabe das Ergebnis dieser Ausarbeitung beeinflussen. Allerdings ist die Toxizität formalinhaltiger Materialien für den Knochen gut dokumentiert: Sie können Gewebenekrosen verursachen und langfristig toxische Effekte auf Knochen und umliegendes Gewebe haben, was die Knochenfunktion beeinträchtigt und systemische Risiken erhöht^{10-14,18}. Sind formalinhaltige Wurzelfüllmaterialien wirklich toxisch für den Knochen? Ja, Studien zeigen, dass sie toxische Effekte auf Knochengewebe haben, inklusive Nekrose und Entzündung, obwohl der genaue Mechanismus von der Konzentration und Exposition abhängt^{10,13,86}. Doch auch hier dürfte es auf die Konzentration und die Darreichung des Formalins mehr ankommen als auf die schiere Anwesenheit des Wirkstoffs.

Krankenkassen wenden oft ihre eigenen Kriterien für eine erfolgreiche Wurzelbehandlung an: Deutsche Krankenversicherungen erkennen die endodontische Behandlung als "hinreichend korrekt ausgeführt" an, wenn die Wurzelfüllung das

untere Drittel der Wurzellänge erreicht. Diese Zähne können unter Kostenbeteiligung überkront und in Brückenkonstruktionen mit einbezogen werden. Eine weitere Voraussetzung für die Weiterbehandlung ist das Fehlen von Anzeichen einer Entzündung und von Schmerzfreiheit an diesen Zähnen nach drei bis sechs Monaten – Kriterien, die systemische Risiken wie chronisches Toxin-Eindringen ignorieren^{3,6}.

14. Das Alter der Patienten und Erfolg sowie Misserfolg der endodontischen Therapie

Bei Milchzähnen werden Wurzelbehandlungen nur mit Zurückhaltung ausgeführt, weil sie bleibende Zähne beschädigen können und weil der Zustand des Apex des Milchzahnes eine exakte und dichte Wurzelfüllung oft nicht zulässt.

Bei den bleibenden Zähnen junger Erwachsener ist die Wurzelbehandlung eher erfolgsversprechend, weil das Wurzelwachstum soweit abgeschlossen ist bzw. weil die sterile Ausführung einer Vitalexstirpation möglich ist. Die Vermutung liegt nahe, dass diese Behandlungen bei jungen Erwachsenen deswegen erfolgsversprechend sind, weil Blutgefäße

im Desmodontalspalt bedarfsgerecht dimensioniert sind und weil das junge Wurzelzement nur gering sklerosierte Dentintubuli aufweist, welche eine Ernährung der verbliebenen Wurzelpulpa gewährleisten könnten⁷¹. Diese auf Grund der histologischen Beobachtung getätigte Vermutung legt nahe, dass Wurzelbehandlungen nicht in jedem Patientenalter mit gleich gutem Erfolg (success & healthy) durchgeführt werden können^{72,73}.

Studien widerlegen jedoch eine strikte Altersgrenze von 40+ Jahren für Wurzelbehandlungen; Erfolgsraten bleiben in höherem Alter ähnlich hoch, solange andere Faktoren kontrolliert werden⁶⁴⁻⁶⁶. Dennoch steigt im Alter das Risiko systemischer Komplikationen durch abnehmende Immunität, was Wurzelbehandlungen zu einer fragwürdigen Option macht, insbesondere bei CVD- oder rheumatischen Prädispositionen durch chronisches Toxin-Eindringen^{3,6,74}.

15. Das Endotoxin

Endotoxine spielen eine zentrale Rolle bei der Pathogenese sowie bei Erfolgen und Misserfolgen der endodontischen Therapie. Höhere Konzentrationen von Endotoxinen sind mit klinischen Symptomen wie

Schmerzen, Exsudation und klopfender Perkussion assoziiert⁷⁵. Die gleichzeitige chemische und mechanische Aufbereitung reduziert Endotoxin stark. Dennoch gelingt die Elimination des Toxins nicht vollständig⁷⁶. Je weiter die Kanäle aufbereitet werden, umso höher ist das Frakturrisiko für die Zähne. Mehrsitzige Behandlungen senken Endotoxin effektiver als Behandlungen mit nur einer Sitzung⁷⁵. Endodontisch behandelte Zähne mit verbleibendem Endotoxin haben ein erhöhtes Risiko für persistierende periapikale Läsionen und Heilungsverzögerungen^{77,78}. Alle getesteten Medikations- und Spültechniken zur Senkung von Endotoxinlevels konnten Endotoxin deutlich reduzieren, jedoch nicht eliminieren⁷⁹.

Zusammengefasst bedeuten diese Resultate, dass mangelhafte Reduktion von Endotoxin das Risiko für einen endodontischen Misserfolg signifikant erhöht. Gleichzeitig kommt es zur Verteilung der Toxine im Blut und damit im Gesamtorganismus, was chronisches Eindringen von Toxinen aus dem wurzelbehandelten Zahn fördert und systemische Erkrankungen wie CVD oder rheumatische Beschwerden verursacht^{3,6,87}.

Hyperämie im Desmodont ist ein Indikator für diese chronische Endotoxinausschüttung, die die Knochenfunktion beeinträchtigt^{80,81}.

Es wurde demonstriert, dass konventionelle chemo-mechanische Aufbereitung von Wurzelkanälen und die intra-kanaläre Medikation nicht in der Lage waren, Endotoxine vollständig aus dem Wurzelkanalsystem zu entfernen³⁴. Die Messung von Endotoxinen aus den Wurzelkanälen ist heute möglich. Es zeigte sich, dass asymptomatische Fälle niedrigere Endotoxinwerte aufweisen als Zähne, die Schmerzen oder andere Symptome zeigten. Endotoxin ist in hohen Konzentrationen in den Wurzelkanälen symptomatischer Zähne vorhanden. Es wurde also eine positive Assoziation zwischen höheren Endotoxinwerten und symptomatischen Fällen festgestellt. Die Symptome waren spontane Schmerzen, Klopfempfindlichkeit, Palpationsschmerzen, Schwellungen und eitrige Exsudate. Beim Vorhandensein von endodontischen Anzeichen und Symptomen muss von einer erhöhten Konzentration von Endotoxin im betroffenen Gebiet ausgegangen werden³⁵.

Endotoxine, die lipopolysaccharidreichen Bestandteile der Zellwand gramnegativer Bakterien, spielen eine zentrale Rolle in der Pathogenese von Erkrankungen endodontischer Genese. Sie können starke Entzündungsreaktionen im periradikulären Gewebe auslösen. Sie sind auch nach der mechanischen Reinigung des Wurzelkanalsystems noch nachweisbar⁷⁵. Eine effektive Reduktion dieser Endotoxine ist Voraussetzung für den langfristigen endodontischen Behandlungserfolg⁷⁶. Konventionelle chemo-mechanische Therapie allein kann Endotoxine nicht vollständig beseitigen⁷⁸. Deshalb werden die Wirkungen von ultraschallaktivierten Spüllösungen und antimikrobiellen Medikamenten untersucht⁷⁹. Die Resultate weisen auf die Bedeutung einer umfassenden und multidimensionalen Strategie bei der Wurzelbehandlung zur maximalen Reduktion von Endotoxinen hin – doch selbst dann bleibt chronisches Eindringen in den Organismus möglich⁸⁷.

16. Persistierende Reststoffe und nekrotische Gewebereste

Es gibt Zusammenhänge zwischen persistierenden Reststoffen und nekrotischen Geweberesten sowie endodontischen

Misserfolgen. Diese Reststoffe sind meist Verfallsprodukte von Füllungen und nekrotisches Gewebe. Diese verursachen persistierende Entzündungen und Heilungsverzögerungen.

Möller belegte, dass aseptisches nekrotisches Pulpamaterial allein keine periapikalen Läsionen verursacht. Dazu sind Bakterien zwingend erforderlich. Kommen diese Faktoren zusammen, so erhöht sich das Risiko für die Entwicklung von periapikalen Läsionen^{36,37}.

Die Entfernung von Reststoffen wie Materialien und nekrotischen Geweben entscheidet mit über den Behandlungserfolg. Möller zeigte, dass selbst geringste Mengen davon die peri-radikuläre Entzündung erhalten können³⁶. Nair hat diese Substanzen nach endodontischer Therapie in Seitenkanälen und Dentintubuli nachgewiesen³⁷. Die American Association of Endodontists (AAE) betont die Wichtigkeit effektiver Spül- und Reinigungstechniken zur Entfernung dieser Substanzen³⁸. In nekrotischen Geweberesten überleben Mikroorganismen in biofilmähnlichen Strukturen, die gegen traditionelle Desinfektion resistent sind³⁹. Neuere Untersuchungen betonen die Bedeutung guter Spültechniken für die Rei-

nigung schwer zugänglicher Strukturen wie Isthmen und apikale Deltas.

Nach Wurzelkanalbehandlungen verbleiben häufig potentiell toxische Reststoffe aus nekrotischem Gewebe oder Füllmaterialien, welche systematische Osteolysen oder lokale Osteolyse auslösen können⁴⁰. Diese persistierenden Reizquellen verhindern eine vollständige Gewebeheilung und fördern z. B. chronische periapikale Entzündungen. Der Abtransport der Schadstoffe erfolgt in diesem Fall über den regulären Blutstrom, was chronisches Eindringen von Toxinen in den Gesamtorganismus ermöglicht und systemische Erkrankungen wie CVD oder rheumatische Beschwerden begünstigt^{3,6}. Hyperämie im Desmodont verstärkt diesen Prozess als Zeichen chronischer Infektion⁸⁰.

Impfungen und Wurzelbehandlungen stellen somit zwei der wenigen iatrogenen und schädlichen Totalumgehungen der natürlichen Toxinabwehr dar⁴¹. Beide Vorgehen unterscheiden sich lediglich dadurch, dass sich durch die Wurzelbehandlung gesunde Gewebe in toxische Substanzen umwandeln können, wohingegen bei der Impfung alle Schadstoffe von extern zugeführt werden.

17. Radiologisch sichtbare Veränderungen werden als Entzündungsmarker interpretiert

Die radiologische Darstellung endodontisch behandelter Zähne ist wichtig für Diagnose und Nachsorge endodontisch behandelter Zähne. Periapikale Aufhellungen werden oft als persistierende Infektion und Entzündung oder als endodontischer Misserfolg interpretiert⁴². Die Aufhellungen können aber auch Zeichen einer narbigen Heilung oder postoperativer Umbauprozesse sein, die keine weiteren Interventionen erfordern⁴³. Die zweidimensionale Darstellung im Röntgenbild kann zum Übersehen und zu falscher Einschätzung dieser Strukturen führen⁴⁴. Die digitale Volumentomografie ermöglicht bessere Darstellungen und bessere Diagnosen, erzeugt aber auch höhere Strahlenexposition und Kosten⁴⁵. Selbst radiologisch sichtbare Heilung bedeutet leider nicht vollständige Absenz der Bakterien⁴⁶. Radiologische Veränderungen führen oft bei endodontisch symptomlosen Patienten zu aggressiven therapeutischen Interpretationen radiologischer Veränderungen und zu übertriebenen therapeutischen Entscheidungen⁴⁷.

Bei einer Untersuchung an 2504 endodontisch behandelten Zähnen zeigten 44.9 % eine deutliche periapikale Läsion und 3.1 % erweiterte Parodontalspalten. Nur 52 % zeigten keine dieser Befunde⁴⁸. Heute wissen wir, dass auch Hypermineralisationen um die Zahnwurzeln klare Anzeichen für das Vorliegen von pathologischen Verhältnissen sind. Eine Untersuchung von salivaren und serologischen Entzündungsmarkern vor und nach endodontischer Behandlung wurden mit sichtbaren Radioluzenzen verglichen. Es stellte sich heraus, dass größere Radioluzenzen signifikant mit erhöhten Werten für Entzündungsmarker in Speichel und Serum assoziiert waren. Bei diesen Entzündungsmarkern handelte es sich um TNF-alpha, ICAM-1, E-Selectin und hs-CRP⁴⁹.

Lokale Entzündungsmarker decken sich mit Läsionen im Röntgenbild. Bei Rückbildung dieser Läsionen findet ein ausgeprägter Rückgang dieser Marker statt^{47,50}. Dies bedeutet, dass für eine fundierte Diagnostik im Zweifelsfall ergänzende molekulare Marker verwendet werden könnten.

Radiologische Auffälligkeiten wie Hypermineralisierung, peri-radikuläre Hyperämie oder Bildung von apikalem Granulationsgewebe wurzelbehandelter Zähne sind kein Zeichen der Heilung, sondern Ausdruck fortdauernder biologischer Abwehrprozesse⁵¹. Diese Prozesse verändern die Knochenphysiologie und im Nachgang hierzu die makrotrajektorielle Kraftübertragung innerhalb des Knochens. Hyperämie im Bereich des Desmodonts ist ein Schlüsselmarker für chronische Infektion oder Endotoxinausschüttung, die chronisches Toxin-Eindringen in den Organismus begünstigt und systemische Erkrankungen wie CVD oder rheumatische Beschwerden verstärkt^{80,81}.

18. Ankylose als Folge der Wurzelbehandlung oder fortbestehender Abwehr

Die dentoalveoläre Ankylose ist eine mögliche Komplikation nach endodontischer Behandlung, besonders bei traumatisierten oder replantierten Zähnen. Sie ist gekennzeichnet durch die Fusion von Wurzelzement und alveolärem Knochen unter Verlust des parodontalen Ligaments. Dies führt zum Verlust der physiologischen Zahnbeweglichkeit⁵².

Ein auslösender Faktor für Ankylose ist eine Schädigung des Wurzelzements oder der parodontalen Strukturen durch mechanische Aufbereitung, externe Resorption oder Wurzelspitzenresektion^{53,54}. Vor allem bei jungen Patienten mit noch nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum ist das Risiko fortschreitender Ersatzresorption durch Ankylose besonders hoch⁵⁵. Langfristig kann dies zu vollständiger Wurzelresorption mit Verlust des Zahnes führen. Subklinische Ankylosen sind radiologisch schwer zu identifizieren und fallen erst bei funktioneller Prüfung oder durch Wachstumsstörungen auf⁵⁶.

Regelmäßig werden im Rahmen von Revisionsbehandlungen sog. Wurzelspitzenresektionen durchgeführt. Hierbei werden die Wurzelspitze und das umgebende Granulationsgewebe chirurgisch entfernt. Wenn dieser Eingriff durchgeführt wird, dann wird offenbar nicht die Tatsache berücksichtigt, dass bei der Einkürzung der Wurzel von der Spitze her eine große apikale Fläche von Wurzelentin mit radialen Dentinkanälchen freigelegt wird. Ferner blenden die Protagonisten dieser Behandlungsmethode ebenfalls aus, dass die apikale Infektion im Regelfall nur Ausdruck einer durchgängigen

Verseuchung des Wurzeldentins mit Bakterien hindeutet. Aus der großen, artifizell erzeugten porösen Wurzelfläche ist mit sogar erleichtertem Heraustreten von Bakterien und Toxinen in den Knochen zu rechnen, was chronisches Eindringen in den Organismus fördert³.

Ist das Desmodont geschädigt, so kann dies zur Ankylose führen, einer pathologischen Verbindung zwischen Zahnbein und Knochen, die letztlich zur starren Verankerung des Zahnes mit seiner zunehmend hypermineralisierten Umgebung führt⁵⁷. Es entstehen dabei hochmineralisierte und unerwünschte Fixpunkte im Mastikationssystem, bestehend aus hochmineralisiertem Knochen und damit mechanisch gekoppelten Zahnwurzeln. Die knöcherne Durchbauung des Kieferknochens wird dadurch entscheidend behindert, was zu einer Veränderung der Gesamtstatik führt. Knochen um ankylosierte Zähne wird nicht resorbiert, z. B. wie bei einer Parodontitis⁵⁸.

Die Elastizität der Zahnaufhängung durch die Sharpey-Fasern und des den Zahn umgebenden Knochens gehen verloren, die Zähne beginnen sich in der knöchernen, aber mechanisch funktionslosen Alveole zu bewegen. Dies führt zu einer

Stimulation von Knochenwachstum von zwei Seiten:

- Durch die knochenseitige Knochenapposition kommt es zu einer Stabilisierung der Zahnwurzel. Es entstehen dabei unerwünschte Fixpunkte im Mastikationssystem, die zu enormen Hebelkräften führen können⁵⁸. Die ankylosierten Zähne und der sie umgebende Knochen weisen keinerlei Elastizität auf. Insofern wird der Bauplan des Kieferknochens verändert, wobei die Verteilung von höher und niedriger mineralisierten Zonen sich verändert. Ankylosierten Zähnen fehlt also die Möglichkeit zur Lageanpassung innerhalb des Kiefers. Alle nicht ankylosierten Zähne können hingegen ihre relative Lage im Knochen weiterhin verändern. Hyperämie im Desmodont verstärkt diesen Prozess als Zeichen chronischer Infektion⁸⁰.
- Auch das Wurzeldentin hat die Möglichkeit, neue Wurzelsubstanz auf der Wurzeloberfläche zu bilden und so die Stabilität des Zahnes in der Alveole zu vergrößern.
- Apposition von Knochen von der Knochenseite der Alveole und von der Wurzelseite können gleichzeitig

auftreten, beim Zusammentreffen der beiden Materialien gehen beide einen mechanischen Verbund ein.

19. Führen Wurzelbehandlungen zu Infektionen an benachbarten Zähnen?

Infektionen an Nachbarzähnen nach einer Wurzelbehandlung sind selten, aber klinisch relevant. Es gibt verschiedene Übertragungswege. Am häufigsten breiten sich Mikroorganismen oder entzündliche Substanzen über anatomische Strukturen wie laterale Kanäle, apikale Foramina oder durch den Knochen aus^{59,60}. Überinstrumentierte Kanäle und die Extrusion von infiziertem Debris in das periapikale Gewebe können zu lokalen Infektionen führen, die sich auf die benachbarten Zähne ausweiten⁶¹. Persistierende oder sekundäre Infektionen in endodontisch behandelten Zähnen bilden aktive Herde, die das umliegende Gewebe infizieren und auf benachbarte Zähne übergreifen können. Besonders riskant ist dies bei unvollständiger Reinigung, übersehenen Kanälen oder unzureichender Obturation⁶². Deshalb sind radiologische Kontrollen der angrenzenden Zähne wichtig, da periapikale Läsionen oft nicht

exakt einem einzelnen Zahn zugeordnet werden können. Infektionen können über dentale Strukturen auf Nachbarzähne übertragen werden⁶³. Die American Association of Endodontists (AAE) betont, dass endodontische Infektionen nicht isoliert betrachtet werden sollten, da die parodontale und periradikuläre Umgebung funktionell miteinander verbunden sind. Bakterielle Toxine können über den Kieferknochen hinweg in das Parodont benachbarter Zähne gelangen und dort entzündliche Reaktionen auslösen^{64,65}. Entzündliche Veränderungen zwischen den Zähnen werden radiologisch häufig unterschätzt. Mikrobiologisch wurde nachgewiesen, dass pathogene Keime aus nekrotischen Pulpen durch apikale Extrusion auf Nachbarzähne übertragen werden⁶⁶. Diese bakterielle Ausbreitung kann kritisch sein, weil bereits geringe Infektionen die Gewebekomöostase stören und Destruktion einleiten können. Insgesamt verdeutlichen diese Studien, dass eine erfolgreiche endodontische Therapie nicht nur den Zielzahn erfassen sollte, sondern auch die periapikale Umgebung und die Nachbarzähne für eine erfolgreiche Diagnose und Nachsorge einbeziehen muss.

Eine 25-jährige Frau zeigte eine periapikale Zyste und einen Abszess an Zahn 24. Die Infektion breitete sich auf die Nachbarzähne 23 und 25 aus, worauf diese zwei Zähne devital wurden. Dies wurde klinisch, radiologisch und histopathologisch bestätigt. Dieser Fall demonstriert, dass Infektionen inklusive Toxine und Bakterien von einem wurzelbehandelten Zahn auf benachbarte gesunde und vitale Zähne übergreifen können⁶⁷. Eine Extrusion von Wurzelkanal-Sealer oder Desinfektionsmittel über den Apex hinaus kann Nervenirritationen, chemisch-toxische Reaktionen und sogar mandibuläre Nervenschädigungen auslösen im Sinne von endodontischen Neuroverletzungen (AAE Paper). Fallberichte zeigten Gewebenekrosen und lokale Schmerzsymptomaten bei überextrudiertem Wurzelfüllmaterial, Sealer und Medikamenten wie Calciumhydroxid und Arsenpasten. Es wurden langanhaltende Parästhesien des Nervus buccalis beschrieben⁶⁸. Es wurden Fallserien nach NaOCl-Unfällen gezeigt mit Ulzera, Parästhesien und Gesichtsschwellungen, die bis zu 4 Monaten dauerten.

19.1 Kann sich um einen wurzelbehandelten Zahn eine Hypermineralisation bilden und den gesunden Nachbarzahn erfassen?

Die pauschale Antwort: ja. Es wird immer wieder beobachtet, dass sich die Ernährungssituation z. B. bei 2. oberen Molaren v.a. im Bereich der mesio-vestibulären Wurzel verschlechtert, wenn der Knochen um die disto-vestibuläre Wurzel des 1. oberen Molaren von der Hypermineralisation erfasst wird⁶⁵. Hypermineralisation ist oft mit Hyperämie im Desmodont verbunden, was chronische Endotoxinausschüttung andeutet und Toxine in benachbarte Strukturen eindringen lässt⁸⁰.

19.2 Was kann einem wurzelbehandelten Zahn zusätzlich passieren?

- Sklerosierung periapikaler Strukturen wie Knochen um die Wurzelspitze, reaktive Knochenneubildung, ist lokal auf den Zahn begrenzt, greift nicht auf die Nachbarzähne über.
- Dentinkondensation oder reparatives Dentin wurde auch beobachtet. Im Wurzelkanal oder an der Wand der Kronenpulpa kann es zur Bildung von sekundärem oder tertiärem Dentin kommen. Diese Prozesse sind

intradental und nicht übertragbar.

- Es gibt keine Evidenz dafür, dass Mineralien von einem endodontisch behandelten Zahn in einen benachbarten Zahn übergreifen und dort Veränderungen verursachen. Mineralisation ist ein zellvermittelter Prozess, nicht ein diffuser chemischer Prozess.
- Kondensierende Osteitis: reaktive Knochenverdichtung um die Wurzelspitze bei Sklerosierung des periapikalen Knochens. Das ist keine Hypermineralisation, sieht aber im Röntgenbild ähnlich aus. Diese Form der Osteitis tritt am häufigsten im Bereich der unteren Molaren und Prämolaren auf. Sie ist asymptomatisch. Es ist eine hyperdense Zone ohne klare Abgrenzung zum Knochen⁶⁹. Diese Sklerosierung kann sich radiologisch bis an die Wurzelbereiche der benachbarten Zähne erstrecken. Diese benachbarten Zähne sind scheinbar auch betroffen, aber sie sind vital⁶⁶. Wenn die Wurzeln von wurzelbehandelten Zähnen in der unmittelbaren Nähe von nicht wurzelbehandelten Zähnen liegen, ist damit zu rechnen, dass Toxine mit dem nicht wurzelbehandelten Zahn in Kontakt

kommen und auch dort Symptome, z. B. im Sinne von Schmerzen, erzeugt werden. Ein ähnlicher Zusammenhang wurde für das Übergreifen von aktiven apikalen Prozessen auf andere Zähne gezeigt. Es ist zu beachten, dass nicht sicher ist, ob faktisch Bakterien den Sprung von einer Pulpa in die nächste schaffen oder ob Toxine in den Nachbarzahn eingeschwemmt werden^{70,71}.

Eine um die behandelte Wurzel auftretende Hypermineralisierung kann auch die nicht behandelte Wurzel des Nachbarzahnes erfassen und dort z. B. zu Minderdurchblutung mit nachfolgenden Schmerzsymptomen führen. Dieser Zustand kann durch den Behandler nicht sinnvoll eingeordnet werden. Da der Behandler stets unter Erfolgsdruck steht, wird er irgendwann auch ohne Kenntnis der Schmerzursache eine Wurzelbehandlung am Nachbarzahn vornehmen. Soweit diese (nicht durch Schaden des behandelnden Zahnes verursachte) Wurzelbehandlung korrekt durchgeführt wird, werden die Schmerzen dadurch verschwinden. So entsteht der falsche Eindruck, dass Wurzelbehandlungen quasi ansteckend sein können.

Diese Vermutung wird durch neuere Studien erhärtet, die beispielsweise zeigen, dass natürliche Zähne, die sich neben Implantaten befinden, weitaus häufiger von Wurzelfrakturen betroffen sind als Zähne, die sich in implantatfreien Zonen finden^{72,73}. Der folgende Mechanismus kann zu diesem Ergebnis führen: Durch die periimplantären Knochenveränderungen z. B. durch die Osseointegration zeigt der Knochen um die Implantate herum eine erhöhte Mineralisation und geringere Permeabilität für Flüssigkeiten. Dies dürfte die Zirkulation von Flüssigkeiten und den darin enthaltenen essentiellen Substanzen durch den Zahn vermindern und auch den Blutzufluss insgesamt in den nahestehenden Zahn beeinträchtigen^{72,73}.

19.3 Können benachbarte Zähne und Implantate wurzelbehandelte Zähne negativ beeinflussen?

Ja, unter bestimmten Bedingungen:

1. Okklusion und biomechanische Überlastung⁶²
2. Mikrobiologische Wechselwirkung⁶⁰
3. Periimplantitis kann auf benachbarte Zähne übergreifen⁷⁴

4. Ein entzündeter wurzelbehandelter Zahn mit einem benachbarten entzündeten Implantat können die Regeneration und Heilung verzögern und akute und chronische Entzündung unterhalten⁷⁵.

Diese Interaktionen können chronisches Toxin-Eindringen verstärken und systemische Erkrankungen fördern³.

20. Wissenschaftlich nachgewiesene Faktoren für Misserfolge und Grenzen der heute existierenden endodontischen Behandlung

Die Wurzelbehandlung dient der Eliminierung von Infektionen im Wurzelkanalsystem und dem Erhalt des Zahnes. Trotz hoher Erfolgsraten in Studien sind Risiken und Nebenwirkungen nicht zu vernachlässigen und führen in bis zu 41 % der Fälle zu persistierender apikaler Parodontitis – oft mit chronischem Toxin-Eindringen in den Gesamtorganismus⁸⁸.

Damit die Indikationen und die Behandlungsstrategie für endodontische Behandlungen korrekt und sinnvoll eingesetzt werden können, werden nachstehend die relevanten unerwünschten Folgen und Nebenwirkungen sowie deren Auswirkungen auf die Prognose der

betroffenen Zähne evaluiert.

20.1 Perforation

Die Perforation stellt eine unbeabsichtigte Durchdringung der Zahn- oder Wurzelwand durch endodontische Instrumente dar. Sie kann je nach Lokalisation als koronale Perforation (im Bereich der Zahnkrone), laterale Perforation (im mittleren Drittel der Wurzel) oder apikale Perforation (im Bereich der Wurzelspitze) klassifiziert werden. Die Differenzierung ist klinisch relevant, da sie unterschiedliche therapeutische Vorgehensweisen und Prognosen bedingt.

Ursächlich sind häufig anatomische Variationen, komplexe Wurzelkanalmorphologien sowie fehlerhafte Instrumentenführung, ungeeignetes Instrumentarium oder fortgeschrittene kariöse Defekte. Auch die Erfahrung des Behandlers spielt eine wesentliche Rolle. Studien zeigen, dass insbesondere bei Zähnen mit gekrümmten oder schwer einsehbaren Kanälen sowie bei Molaren das Risiko einer Perforation erhöht ist^{76,77}.

Die Inzidenz und klinische Relevanz solcher Perforationen wurden in verschiedenen Studien untersucht. Siew et al. berichteten 2015 über eine Erfolgsquote

endodontisch behandelter Zähne von 72,5 %, während eine Misserfolgsrate von 17,5 % direkt auf Perforationen zurückgeführt wurde⁷⁸. Sarao (2021) gab eine Perforationsprävalenz zwischen 0,6 % und 17,6 % an – abhängig von Fallselektion, Zahntyp und Diagnosemethode⁷⁹.

Eine systematische Übersichtsarbeit von Estrela et al. (2018) zeigte, dass die Tiefe der Perforation ein relevanter prognostischer Faktor ist: Je tiefer die Perforation infraossär liegt, desto günstiger ist in der Regel die Heilungstendenz – ein Aspekt, der bei der Wahl des Verschlussmaterials und der Rekonstruktion berücksichtigt werden sollte⁸⁰.

Die unmittelbare Versiegelung der Perforationsstelle ist nach Fuss (1996) entscheidend für den Behandlungserfolg. Ziel ist es, den mikrobiellen Übertritt sowohl in das periradikuläre Gewebe als auch umgekehrt in den Wurzelkanal zu verhindern⁸¹. Krupp et al. (2013) untersuchten 90 perforierte Zähne nach erfolgter Behandlung und stellten eine Heilungsrate von 73,3 % fest. Das mittlere Follow-up betrug drei bis vier Jahre. Dabei zeigte sich: Je länger die Perforation der oralen Umgebung exponiert war, desto schlechter fiel die Heilung aus⁸².

Mente (2014) betonte, dass sowohl die Erfahrung des Behandlers als auch das gezielte Einbringen eines Wurzelstifts zur Stabilisierung entscheidende Erfolgsfaktoren darstellen⁸³. Main et al. (2004) konnten zeigen, dass durch die Verwendung eines geeigneten Verschlussmaterials und einer korrekten Technik in allen Fällen eine vollständige Wiederherstellung der normalen Gewebearchitektur an der Reparaturstelle erreicht werden konnte⁸⁴. Toia et al. (2022) machten hingegen auf eine Einschränkung calcium-silikatbasierter Materialien aufmerksam: Bei experimentell erzeugten Furkationsperforationen gelang es selbst diesen modernen Werkstoffen nicht, einen vollständig lückenlosen Verschluss zu erzielen⁸⁵.

Ein möglichst rascher Verschluss der Perforation – idealerweise mit MTA (Mineral Trioxid Aggregat) oder Biodentin – ist daher essenziell. Ziel ist die Schaffung einer hermetischen Barriere, um die Kommunikation zwischen Wurzelkanalsystem und periradikulärem Gewebe zuverlässig zu unterbinden. Gelingt dies, so könnte die Funktion und Erhaltungsfähigkeit des Zahns trotz Perforation langfristig sichergestellt werden. Perforationen erhöhen jedoch das Risiko für chronisches Toxin-

Eindringen und systemische Effekte³.

20.2 Undichte Wurzelfüllungen

Die Wurzelfüllung soll die gereinigten Wurzelkanäle luftdicht und bakterien-dicht abschließen. Wenn eine Wurzelfüllung nicht dicht ist, können Bakterien wieder in die Wurzelkanäle eindringen und die Pathogenese erneut starten.

Heute ist bekannt, dass schon die endodontische Grundbehandlung nicht nebenwirkungsfrei ist. Umso fragwürdiger sind „Revisionsbehandlungen“, da von vorne herein klar ist, dass das Grundproblem der Endodontie auch mit der Revision nicht beseitigt oder verbessert werden kann. Undichte Füllungen fördern chronisches Toxin-Eindringen in den Organismus³.

Wu, Fan, Wesselink und De Deus zeigten, dass nicht alle alten und neuen Wurzelkanal-Sealer der bakteriellen Penetration widerstehen können, nicht einmal für 40 Tage^{86,116}. Afkhami zeigte, dass konventionelles AH Plus und mit Silber-Nanopartikeln modifiziertes AH Plus bakterielles Leakage über 3 Monate nicht verhindern konnten⁸⁷. Diese Studien zeigen die Schwächen der undichten Wurzelfüllung auf.

Der scheinbar unbedeutendste Fehler bei diesem Verfahren führt innert kürzester Zeit zu einem neuen bakteriellen Befall des ganzen gefüllten Wurzelkanals, was Endotoxinausschüttung und Hyperämie im Desmodont begünstigt⁸⁰.

20.3 Endodontische Diagnose

Eine provisorische Füllung, eine definitive Füllung oder eine Krone auf dem Zahn ist nicht immer dicht. Oft wird der erste Fehler bereits mit nachlässig gelegten Provisoren gemacht. Auch mikroskopisch kleine Öffnungen führen zu Kriechströmen von Mundflüssigkeit mit darin enthaltenen Bakterien in das Kanalsystem hinein. Man spricht von Mikroleakage: Mit der Mundflüssigkeit eingedrungene Bakterien werden bis nach apikal vordringen und den Entzündungsprozess dort neu starten.

In der Praxis kann Mikroleakage nicht direkt entdeckt werden. Indirekt fallen aber zeitlich verzögert wiederkehrende Schmerzen, Fistelbildung am Zahnfleischrand, Empfindlichkeit beim Kauen und schlechter Geruch auf.

Torabinejad untersuchte 45 Wurzelkanäle, die gereinigt, geformt und mit Guttapercha sowie lateraler Kondensation

obturiert wurden. Die Anzahl Tage bis zur totalen Penetration der ganzen Kanallänge mit Flüssigkeit wurden gemessen. Über 50 % der Kanäle waren nach 19 Tagen über deren ganze Länge komplett kontaminiert mit dem Testkeim *S. epidermidis*⁸⁸. Magura et al. untersuchten die Penetration von mit Guttapercha und lateraler Kondensation gefüllten Wurzelkanälen durch menschlichen Speichel. Nach 90 Tagen war die Speichelpenetration in allen 160 Zähnen deutlich ausgeprägter als zu früheren Zeitpunkten. Dies zeigt die Bedeutung einer möglichst frühzeitigen Definitivversorgung nach endodontischer Behandlung⁸⁹. Undichte koronale Füllungen verstärken chronisches Toxin-Eindringen und systemische Risiken³.

20.4 Nicht vollständige Wurzelfüllung

Eine unvollständige Wurzelfüllung liegt vor, wenn das Füllmaterial mehr als 2 mm vor dem röntgenologisch bestimmten Apex endet. In diesem Fall bleibt ein apikales Drittel des Kanalsystems unverschlossen, was das Risiko einer mikrobiellen Reinfektion deutlich erhöht⁹⁰. Studien zeigen, dass in solchen Bereichen häufig Debris sowie vitale oder

abgestorbene Mikroorganismen nachweisbar sind, die eine chronische oder akute Entzündungsreaktion im periapikalen Gewebe auslösen können⁹¹.

Als häufige Ursachen gelten Fehler in der Längenbestimmung, unzureichende Instrumentation, eine fehlerhafte Anpassung der Guttaperchaspitze oder ein mangelhaftes Konusdesign (Taper) der Wurzelfüllung⁹². Auch eine inadäquate chemo-mechanische Aufbereitung kann dazu führen, dass Debris im apikalen Drittel verbleibt und die vollständige Obturation verhindert⁹³.

Die unzureichende Füllung stellt einen der häufigsten technischen Mängel in der Endodontie dar und ist laut mehreren Studien signifikant mit dem Auftreten apikaler Parodontitis und endodontischem Misserfolg assoziiert^{94,95}. Al-Oujaibi sowie Tai et al. belegen in retrospektiven Analysen, dass Unterfüllungen zu den häufigsten Ursachen für persistierende Entzündungen zählen⁹⁰. Brignadello-Petersen et al. kamen in einer systematischen Übersichtsarbeit zu dem Schluss, dass Unterfüllungen das Risiko für einen ungünstigen Behandlungsverlauf stärker erhöhen als Überfüllungen⁹⁶. Auch Al Rhabi wies darauf hin, dass unvollständige

Wurzelfüllungen signifikant häufiger mit Misserfolgen verknüpft sind⁹¹. Die Arbeiten von Ng et al. bestätigen diesen Zusammenhang in groß angelegten Fallanalysen^{15,97}. Wird das apikale Ende nicht suffizient verschlossen, entsteht eine kritische Situation für den Langzeiterfolg der endodontischen Therapie – und für chronisches Toxin-Eindringen³.

20.5 Wurzelbrüche infolge übermäßiger Wurzelkanalaufbereitung

In der endodontischen Praxis wird eine ausgeprägte mechanische Aufbereitung des Wurzelkanalsystems häufig mit einer verbesserten Reinigungswirkung assoziiert. Dennoch existieren keine klar evidenzbasierten Leitlinien zur optimalen Intensität der mechanischen Instrumentation, was diesen Aspekt in einen dosisfreien Bereich der Zahnmedizin einordnet⁹⁸.

Studien belegen, dass jede Reduktion der Wurzelwandstärke die strukturelle Integrität der Zahnwurzel erheblich beeinträchtigt. Es wurde gezeigt, dass bei einer Entfernung von jeweils 0,1 mm Dentin die Bruchfestigkeit der Wurzel um 10-20 % abnimmt – abhängig vom Zahn- und Wurzeltyp⁹⁹.

Besonders kritisch sind dünnwandige Wurzeln mit einer Wandstärke unter 1 mm: Bereits geringe Substanzverluste können das Risiko einer Fraktur signifikant erhöhen. Klinisch relevante Schwellenwerte wurden quantifiziert: Eine Restwandstärke zwischen 0,5-1 mm weist ein erhöhtes Risiko auf, während Wandstärken unter 0,5 mm als deutlich frakturgefährdet gelten^{99,100}.

Reeh et al. und Haralur et al. zeigten, dass Restwandstärken unter 1,5 mm die Frakturstabilität signifikant reduzieren können – in manchen Fällen um bis zu 51 %^{100,101}. Längsfrakturen (vertikale Wurzelbrüche) entstehen dabei entlang der Wurzelachse, wohingegen horizontale Frakturen quer zur Achse verlaufen. Beide Formen treten häufig bei übermäßig instrumentierten Wurzelkanälen auf und machen nicht selten eine Extraktion erforderlich. Chan et al. (1999) berichteten, dass 8,8-20 % aller extrahierten, wurzelgefüllten Zähne Anzeichen einer Wurzelfraktur aufwiesen¹⁰². Pradeepkumar et al. (2016) identifizierten mandibuläre Molaren und maxilläre Prämolaren als am häufigsten betroffen. Im Durchschnitt wurden vertikale Wurzelfrakturen 4,35 Jahre nach der Behandlung diagnostiziert.

Frauen, ältere Patienten und Zähne mit überfüllten Kanälen zeigten eine besonders hohe Frakturinzidenz¹⁰³.

Diese Erkenntnisse unterstreichen die Notwendigkeit einer minimalinvasiven und substanzschonenden Vorgehensweise in der endodontischen Aufbereitung unter Berücksichtigung der individuellen anatomischen Voraussetzungen – andernfalls steigt das Risiko für Frakturen und damit verbundene chronische Infektionen mit Toxin-Leakage³.

20.6 Unvollständige Reinigung

Die unvollständige Reinigung des Wurzelkanalsystems zählt zu den häufigsten Ursachen für das Scheitern endodontischer Behandlungen. Sie liegt vor, wenn nach der chemo-mechanischen Aufbereitung mikrobielle Besiedlung, Gewebereste oder Debris im Kanalsystem verbleiben¹⁸. Dies betrifft insbesondere komplexe anatomische Bereiche wie Seitenkanäle, Isthmen, apikale Verzweigungen oder nicht entdeckte Hauptkanäle¹⁰⁴.

Auch bei Anwendung etablierter Spülprotokolle mit Natriumhypochlorit oder EDTA konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass insbesondere im apikalen Drittel und in schwer zugänglichen

Strukturen eine vollständige Reinigung nicht erreicht wird¹⁰⁵. Li et al. (2023) demonstrierten, dass trotz abrasiver Ultraschallaktivierung Biofilm und Gewebereste im apikalen Bereich häufig persistieren¹⁰⁶. Ähnliche Resultate zeigten Oliveira Silva et al. (2023) und Shaun (2022), insbesondere bei stark gekrümmten oder sehr engen Wurzelkanälen^{107,108}. Wiley (2023) kam in einer aktuellen Untersuchung zum Schluss, dass unvollständige Desinfektion und Spülung die periapikale Heilung signifikant behindern – mehr als andere technische Mängel wie z. B. Füllungsqualität¹⁰⁹.

Um die Erfolgsraten zu verbessern, werden zunehmend technologische Hilfsmittel eingesetzt: Dentalmikroskope, elektronische Apexlokalisatoren, maschinelle Aufbereitungssysteme sowie aktivierte Spüllösungen – etwa mittels Ultraschall – sind zentrale Komponenten moderner Endodontie. Diese Methoden verbessern die Reinigungsleistung, erfordern jedoch einen deutlich höheren Zeit- und Kostenaufwand. Daher wird das Verhältnis von Aufwand und Nutzen bei der Entscheidung über Zahnerhalt oder Extraktion in Zukunft eine noch größere Rolle spielen – insbesondere bei Risiken wie

chronischem Toxin-Eindringen³.

20.7 Überfüllung des Wurzelkanals

Dies tritt auf, wenn das Wurzelfüllmaterial über die Wurzelspitze hinaus in das umliegende Gewebe gepresst wird. Das Wurzelfüllmaterial sollte innerhalb der apikalsten 2 mm des Wurzelkanals enden. Wenn nicht, könnte das Material in die Kieferhöhle oder in den Mandibularkanal eingepresst werden. Es könnten sogar Blutgefäße und Nerven komprimiert werden.

Allerdings zeigten mehrere Studien, dass überfülltes Material über die Jahre vollständig resorbiert werden kann. Malagnino berichtete nach bis zu 35 Jahren Beobachtungszeit über die Resorption des extrudierten Materials. Diese Überfüllungen hatten keinen Einfluss auf den langfristigen Therapieerfolg¹¹⁰. Khan Waqas et al. führten eine retrospektive Kohortenstudie durch zum Effekt von endodontischen Überfüllungen. 89.9 % der überfüllten Wurzeln blieben erfolgreich, 10.1 % führten zu einem Misserfolg¹¹¹. Culha evaluierte 2346 endodontisch behandelte Zähne. In 10.9 % der Zähne waren Überfüllungen vorhanden.

In seiner Studie hatte die Überfüllung eine gleich schlechte Prognose wie die Unterfüllung. Er stellte fest, dass es zu wenig eindeutige Studien zu diesem Thema gäbe¹¹².

Weitere Studien zu diesem Thema zeigten alle, dass primär die Unterfüllungen zu schlechten Prognosen der betroffenen Zähne führten. Überfüllungen können jedoch Toxine freisetzen und chronisches Eindringen in den Organismus fördern³.

20.8 Technische Instrumentationsfehler

Die Reinigung und Präparation der Kanäle kann zu unerwünschten Effekten führen wie Überinstrumentierung, Kanal-kurvenverlegung oder Via falsa / fausse route. Dabei verlässt das Instrument den natürlichen Verlauf des Wurzelkanals und schafft einen künstlichen Weg durch das Dentin. Dies beruht meist auf unzureichender Kenntnis des Kanalverlaufs und / oder unsachgemäßer Instrumentenführung. Dabei wird der natürliche Kanalverlauf verloren. Der nächste Fehler ist oft eine Perforation.

Ein weiterer Fehler ist die Stufenbildung in der Kanalwand, auch Ledging genannt. Die Ursachen sind meist zu starre Instrumente und / oder eine falsche Technik

der Instrumentierung. Als Folge davon wird es schwierig bis unmöglich, die apikale Konstriktion des Kanals zu erreichen, die Reinigung und die Obturation werden unvollständig. Ein weiterer Effekt ist der Verlust der anfangs festgelegten Arbeitslänge.

Die Transportation ist ein weiterer Instrumentierungsfehler, bei dem die ursprüngliche Kanalform verändert wird, besonders bei gekrümmten Kanälen. Dies endet meist in einer unvollständigen Reinigung und einer schlechten Prognose – mit erhöhtem Risiko für chronische Endotoxinausschüttung⁸⁰.

20.9 Nicht entdeckte Zusatzkanäle

Die Instrumentierung erfasst meistens nur den Hauptkanal. Viele Seitenkanäle bleiben unbehandelt. Zudem bleiben die Dentintubuli insgesamt vollständig unbehandelt zu 100 % bei einer Standard-Wurzelbehandlung.

Diese unbehandelten Areale können persistierende Infektionen unterhalten und fördern. Dies ist ein Risikofaktor für das Entstehen eines endodontischen Misserfolgs. Studien von Ng et al. und Mehta et al. zeigten, dass Infektionskontrolle entscheidend von der Desinfektion auch

dieser anatomischen Sonderstrukturen abhängt^{3,113}.

Es wurde gezeigt, dass zusätzliche antimikrobielle Verfahren zwar die Bakterienlast signifikant reduzieren, aber keine der vorhandenen Methoden erreichte in allen Seitenkanälen eine vollständige Desinfektion.

Eine Verbesserung der Penetration der Seitenkanäle lässt sich mit aktivierten Spülungen erreichen. Die wirksamste Technik ist die ultraschallgestützte Spülung. Sie ist praktikabel und effektiv und verbessert nachweisbar die Reinigung der Seitenkanäle. Die leistungsfähigste Variante ist die CANUI-Methode, welche mit kontrolliertem Unterdruck die Spülflüssigkeit mit dem darin enthaltenen Debris während dem Spülvorgang absaugt. Dennoch bleiben unbehandelte Kanäle Quellen für chronisches Toxin-Eindringen³.

20.10 Nicht erfasste und behandelte, aber bekannte Seitenkanäle

Die anatomische Komplexität des Wurzelkanalsystems stellt eine bedeutende Herausforderung für den Langzeiterfolg endodontischer Behandlungen dar. Ein häufig übersehener Aspekt sind Seitenkanäle, apikale Deltas und

interradikuläre Extensions, die zwar anatomisch bekannt sind, jedoch aufgrund technischer Limitationen nicht immer vollständig gereinigt und obturiert werden. Diese Strukturen können eine Persistenz bakterieller Infektionen fördern und somit eine periapikale Entzündung oder Heilungsverzögerung verursachen.

In einer CBCT-basierten Studie wurden bei 3,06 % der untersuchten Wurzeln Seitenkanäle, bei 2,99 % apikale Deltas und bei 0,1 % interradi- kuläre Extensions nachgewiesen. Besonders auffällig war, dass diese komplexen anatomischen Strukturen häufiger bei Prämolaren und Molaren des Oberkiefers vorkamen. Ihre geringe Detektionsrate in der klinischen Routine ist auf Limitierungen der röntgenologischen Auflösung sowie die eingeschränkte mechanische Erreichbarkeit zurückzuführen¹¹⁴.

Vertucci führte eine umfassende Untersuchung an über 2.400 extrahierten menschlichen Zähnen durch. Dabei stellte er fest, dass 73 % der Seitenkanäle im apikalen Drittel, 11 % im mittleren Drittel und 15 % im koronalen Drittel auftreten. Seine Ergebnisse zeigten auch, dass insbesondere bei oberen Molaren und Prämolaren die Variabilität und Häufigkeit

von Seitenkanälen stark erhöht ist, was eine vollständige Desinfektion ohne Hilfsmittel wie Ultraschallaktivierung oder erwärmte Spüllösungen nahezu unmöglich macht¹¹⁵.

De Deus demonstrierte in einer histologischen Analyse, dass 27,4 % der untersuchten Wurzeln mindestens einen Seitenkanal enthielten. Die häufigsten Lokalisationen waren das apikale Drittel und die Bifurkationsregion. Er konnte zeigen, dass Seitenkanäle mit entzündlichem Infiltrat assoziiert waren, selbst wenn die Hauptkanäle gut obturiert waren. Seine Ergebnisse belegen eindeutig, dass unbehandelte Seitenkanäle ein kritischer Faktor für die periapikale Heilung sind und dass deren Erfassung und Behandlung eine wichtige Voraussetzung für den langfristigen endodontischen Erfolg darstellen¹¹⁶.

In der modernen Endodontie werden deshalb Verfahren wie die Aktivierung von Spüllösungen mittels Ultraschall oder Laser, der Einsatz von Dentalmikroskopen sowie verbesserte Bildgebungsmethoden wie DVT genutzt, um diese schwer zugänglichen Bereiche zu erfassen und zu behandeln. Dennoch bleibt die vollständige Desinfektion und Obturation

von Seitenkanälen ein prognostisch limitierender Faktor – und eine Quelle für chronisches Toxin-Eindringen³.

20.11 Instrumentenbrüche

Instrumente können brechen und das Fragment mit der Spitze den Kanal verlegen. Meist brechen Nickel-Titan-Instrumente, besonders Feilen.

Die Gründe für den Bruch sind Materialermüdung, Überlastung durch Anwendung einer zu hohen Kraft, falsche Technik, Blockaden im Kanal und mehrfache Wiederverwendung der Instrumente. Diese Brüche treten meistens im apikalen Drittel des Kanals auf, besonders in stark gekrümmten Wurzeln.

Instrumentenbrüche folgen Gesetzmäßigkeiten. Die bestimmenden Parameter sind die Arbeitsweise und Erfahrung des Behandlers, die Anatomie der Wurzelkanäle und des Materials, aus dem die Instrumente bestehen, sowie die Materialermüdung.

Als Folge dieser Instrumentenbrüche wird die Aufbereitung und Desinfektion des Kanals eingeschränkt oder verunmöglicht. Der einzige Ausweg wäre eine erfolgreiche Entfernung des Fragments des gebrochenen Instruments.

Insgesamt beträgt die Häufigkeit von Instrumentenbrüchen 0.28-16.2 %. Diese große Spanne kommt unter anderem deshalb zustande, weil die Qualifikation der Behandler nachweisbar sehr unterschiedlich ist. Es wird dadurch belegt, dass die Misserfolgsrate mit zunehmender Ausbildung, Erfahrung und Qualifikation des Behandlers abnimmt. Das bedeutet, dass bei den besten Behandlern von 100 behandelten Zähnen 3 Zähne eine Instrumentenfraktur erleiden, während bei den weniger guten Behandlern 16 Zähne mit frakturierten Instrumenten enden.

Der Erfolg der Entfernung der Instrumentenfragmente liegt zwischen 70-80 %. Diese Rate bedingt aber erfahrene und gut ausgebildete Behandler. Statistisch gesehen verringert ein Instrumentenbruch die Heilungschance und den möglichen endodontischen Behandlungserfolg um 19 % – und erhöht das Risiko für chronisches Toxin-Eindringen³.

20.12 Longitudinale Wurzelfrakturen

Vertikale Längsfrakturen der Wurzel sind ernste Komplikationen endodontischer Eingriffe. Eine frühzeitige Erkennung durch klinische Untersuchung und

geeignete Bildgebung wie CBCT ist Voraussetzung für das Vermeiden von umfangreichem Knochenverlust. In den meisten Fällen ist eine Extraktion angezeigt. Reparaturverfahren mit guter Prognose sind nicht bekannt.

Längsfrakturen während oder nach Wurzelbehandlungen führen meist zu einer Extraktion. Die Häufigkeit wird mit 10-30 % angegeben. Horizontale Frakturen heilen bei korrektem Vorgehen in 88.5 % der Fälle erfolgreich aus¹¹⁸. Frakturen können Hyperämie im Desmodont auslösen und chronische Endotoxinausschüttung fördern⁸⁰.

20.13 Persistierende Infektionen

Diese sind die häufigste Ursache für das Scheitern einer Wurzelbehandlung. Unvollständige chemo-mechanische Reinigung führt zu bakteriellen Rückständen. Oft können *Enterococcus faecalis* und *Candida* nachgewiesen werden. Diese bilden Biofilme in Wurzelkanälen und im periapikalen Bereich. Dies mindert den Therapieerfolg.

Nair beschreibt den Grund für persistierende Infektionen nach Wurzelbehandlung als interdental persistierende Parodontitis¹¹⁹.

Siqueira et al. beschreiben, dass Bakterien trotz chemo-mechanischer oder medikamentöser Therapie bestehen bleiben und zu klinischen Misserfolgen führen können¹⁸. Hou et al. zeigten, dass endodontische mikrobielle Populationen in apikalen parodontalen Läsionen vorkommen. Die persistierenden apikalen Läsionen kamen bei 10-20 % der behandelten Zähne vor¹²⁰. Persistierende Infektionen führen zu chronischem Toxin-Eindringen und systemischen Erkrankungen³.

20.14 Smear Layer, Bedeutung, Effekt und Entfernung

Instrumentelle Bearbeitung von Wurzelkanälen erzeugt einen Smear Layer. Dieser besteht aus organischen und anorganischen Partikeln sowie Mikroorganismen, ihren Bestandteilen und deren Stoffwechselprodukte.

Diese Schicht wirkt als physikalische Barriere. Sie verhindert die Diffusion von Desinfektionsmitteln in die Dentintubuli, wodurch die Effektivität der Desinfektion eingeschränkt wird.

Der Smear Layer besteht aus zwei Komponenten, der oberflächlichen dünnen Schicht und einem dichteren Penetrat.

Die oberflächliche Schicht ist 1-5 Mikrons dünn. Sie ist leichter zu entfernen. Das darunter liegende dichtere Penetrat bildet Smear Plugs, welche die Tubuli bis in eine Tiefe von 40 Mikrometern verschließen. Die Smear Plugs können als Schutz gegen bakterielle Invasion funktionieren, aber auch das Eindringen von Medikamenten in die Tubuli verhindern.

Deshalb wird in der Klinik versucht, den Smear Layer zu entfernen. Mehrere Studien belegen, dass die Entfernung des Smear Layers die Adhäsion von Wurzelkanal-Sealern verbessert und damit die Dichtigkeit erhöht. Gettleman et al. zeigten, dass der Zugwiderstand eines Epoxidharz-Sealers deutlich höher ist, wenn der Smear Layer zuvor mit 17 % EDTA entfernt wurde¹²¹.

Mikrobiologische Bedeutung

Der Smear Layer kann das Eindringen von Bakterien in Dentintubuli reduzieren. Gleichzeitig kann er aber auch als Reservoir für Mikroorganismen funktionieren.

Bei Wurzelbehandlungen legt sich eine mikroskopisch dünne Schmierschicht aus organischem und anorganischem Material auf den Kanalwänden ab. Sie besteht aus Dentinpartikeln, Pulparesten,

Bakterien und deren Stoffwechselprodukte und Schleifreste von Instrumenten. Dieser Smear Layer verdeckt Kanalwände und die Eingänge zu den Dentintubuli, kann Bakterien einschließen, die überleben und Reinfektionen verursachen. Zudem beeinträchtigt dieser Layer die Haftung von Wurzelfüllmaterial. Deshalb wird empfohlen, den Smear Layer mit effektiven Wirksubstanzen zu spülen wie Natriumhypochlorit oder EDTA. Natriumhypochlorit entfernt organisches Material und EDTA entfernt anorganisches Material.

Es wurde wissenschaftlich nachgewiesen, dass Kanalwände ohne Smear Layer besser desinfiziert werden können und dass Keramik-Sealer besser haften. Eine in-vitro-Studie von Clark-Holke et al. demonstrierte, dass die Beseitigung des Smear Layers zu weniger bakterieller Penetration führte¹²². Ein verbleibender Smear Layer kann chronische Endotoxinausschüttung fördern⁸⁰.

Eliminationstechniken

Als Standard wird eine Kombination aus Natriumhypochlorit (NaOCl) zum Lösen organischer Bestandteile und einem Chelatbildner wie EDTA oder

Zitronensäure zur Entfernung der anorganischen Phase empfohlen.

Zusätzlich erhöhen aktivierte Irrigationstechniken (sonisch, ultrasonisch, laserbasiert, iVac) die Effizienz der Smear Layer Entfernung insbesondere im apikalen Drittel.

20.15 Koronale Mikroinfiltration

Koronale Mikroinfiltration beschreibt das Eindringen mikrobieller Agentien, Speichel oder Lösungsmittel in die Wurzelkanalfüllung von koronal. Diese Infiltration kann erheblich zum Misserfolg einer endodontischen Therapie beitragen, unabhängig von der apikalen Abdichtung.

Es wurde wissenschaftlich gezeigt, dass Mundflüssigkeit inklusive darin enthaltenen Bakterien nach der Wurzelbehandlung von der Krone bis zu der Wurzelspitze vordringen können. Dieser Mechanismus funktioniert sogar bei Wurzelfüllungen, die nach den bekannten Erfolgskriterien als erfolgreich bezeichnet wurden.

- Ätiologie und Auswirkungen: Nach der Wurzelkanalfüllung kann ohne adäquate Abdichtung innerhalb weniger Stunden eine Re-Kontamination dieses Bereichs auftreten.

Khayat et al. zeigten bereits 1993, dass in über 90 % der Fälle Speichel nach nur 24 h in unbehandelte Wurzelkanäle eindringt¹²³. Magura et al. bestätigten 1991, dass bereits einwöchige Exposition gegenüber Speichel zu einer signifikanten Kontamination führt⁸⁹.

- Einfluss des Smear Layers: Der Smear Layer beeinflusst die koronale Abdichtung. Saunders & Saunders (1992) berichteten, dass das Entfernen des Smear Layers die koronale Dichtigkeit verbessert. Ein in-vitro-Versuch zeigte, dass eine Kombination aus EDTA und NaOCl den koronalen Mikroleakage reduzierte¹²⁴.
- Intraoraler Verschluss, Orifice Barrier: Systematische Reviews zeigten, dass intraorale Verschlussmaterialien wie Glasionomerzement, MTA oder Composite signifikant weniger Mikroleakage aufweisen als offene Kanäle. MTA zeigte die geringsten Mikroleakage-Niveaus.
- Klinische Bedeutung: Eine inadäquate koronale Abdichtung reduziert die Erfolgsrate endodontischer Behandlungen signifikant. Auch bei perfekter apikaler Füllung kann eine mikrobiell

kontaminierte Krone die periapikale Heilung verhindern¹²⁵.

- Schlussfolgerung: Wurzelkanalfüllungen sollten mit effektiver koronaler Abdichtung kombiniert werden. Smear Layer Entfernung und intraorale Verschlussmaterialien bieten den besten Schutz vor Re-Kontamination durch Mikroleakage.

Torabinejad zeigte, dass Speichel innerhalb von 30 Tagen nach der Wurzelfüllung durch undichte Wurzelfüllungen bis zum Apex vordringt⁸⁸. Swanson demonstrierte, dass selbst gut gefüllte Wurzelkanäle durch undichte koronale Verschlüsse kontaminiert werden¹²⁶. Ray und Trope wiesen nach, dass die koronale Versorgung einen größeren Einfluss auf die Prognose der wurzelbehandelten Zähne hat als die Qualität der Wurzelbehandlung¹²⁷. Mikroinfiltration fördert chronisches Toxineindringen und systemische Erkrankungen³.

Generelle Überlegungen zum Kapitel 20

Die obenstehende Zusammenstellung möglicher Fehlerquellen bei der endodontischen Behandlung zeigt, dass diese Behandlung komplex ist.

Jeder Behandlungsaspekt hält viele Möglichkeiten für Fehler bereit. Unter diesen Umständen eine fehlerfreie und in allen Aspekten 100%ig komplette Behandlung zu produzieren erscheint fast unmöglich. Bei genauem Hinsehen weisen nahezu alle Studienergebnisse zum Thema Wurzelbehandlung auf diesen Aspekt hin. Deshalb stellt der nächste Paragraph eine Metaberechnung und Interpretation zu den publizierten Ergebnissen dar. Die beschriebenen Misserfolgsraten beziehen sich auf die untersuchten Studienzähne. Alle Resultate sind in Prozent ausgedrückt. Wenn alle diese Therapien in 100 Zähnen durchgeführt worden wären, wäre die Summe der unerwünschten Effekte 236.7 %. Das heißt, jeder der 100 Zähne hätte eine Fehlerrate von 2.36 %. Das bedeutet, dass statistisch gesehen jeder Zahn von mindestens zwei methodischen Fehlern betroffen wäre. Dies stellt der endodontischen Therapie kein gutes Zeugnis aus. Während jede Studie über einen Fehlertyp berichtet, schlägt eine metaanalytische Betrachtung etwas ganz anderes vor. Wahrscheinlich ist es nicht so, dass der Zahnarzt von den Prozentwerten für einzelne Fehlertypen in spezifischen Studien ausgehen kann.

Es muss davon ausgegangen werden, dass selbst bei den Zähnen einer Studie nebst dem untersuchten Fehler noch ein zweiter gemacht wird, über den jedoch nicht berichtet wird.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Behandler bezüglich ihres Ausbildungsstandes und ihrer Erfahrung weit auseinander liegen. Während in den endodontischen Studien meist endodontisch gut geschulte und engagierte Kollegen und Spezialisten arbeiten, sind in der alltäglichen Praxis eher allgemein ausgebildete Zahnärzte tätig. Wie in Untersuchungen gezeigt wurde, erzeugen diese wesentlich mehr Nebeneffekte und Fehler als die besser ausgebildeten Kollegen. Deshalb muss davon ausgegangen werden, dass die mehr oder weniger guten Resultate der Studien im zahnärztlichen Alltag nur mit großer Zurückhaltung erwartet werden sollten – insbesondere bei Risiken wie chronischem Toxin-Eindringen und systemischen Erkrankungen³.

21. Ein echter Ausweg aus dem Dilemma endodontische Misserfolge

Die endodontische Behandlung kann ausgezeichnete Langzeitresultate liefern. Es gibt aber auch wissenschaftlich erfasste Misserfolgsraten, die von den verschiedenen Elementen dieser Behandlung erzeugt werden. Jedes Element der endodontischen Behandlung hat eine Misserfolgsrate.

Diese Misserfolgsrate gibt es für jedes der 19 oben genannten Elemente. Diese Raten für die 19 Elemente wurden in Populationen von behandelten Patienten eruiert und berechnet und in Prozent ausgedrückt. Bei einer hypothetischen Population von 100 Zähnen werden die 19 Elemente in den genannten Prozenthäufigkeiten auftreten. Wenn jedes Element nur in 5 % der 100 Fälle auftritt, ist eine endodontische Fehlerrate von total $19 \times 5\%$ zu erwarten. Dies entspricht 95 % der insgesamt 100 Zähne.

Um diese Fehler zu korrigieren, wären 75 Revisionen pro 100 Wurzelbehandlungen notwendig. Dies ist ein enormer Aufwand an Zeit und Geld. Dazu kommt, dass ein endodontisch revidierter Zahn immer eine schlechtere Langzeitprognose als ein Zahn nach endodontischer

Erstbehandlung hat.

Dies führt zu der Frage, ob es nicht eine zeitsparende Alternative zu den vielen Revisionen gibt. Zudem kann der Sinn eines erneuten Aufwands mit anschließender schlechterer Prognose auch hinterfragt werden.

Diese Alternative gibt es in Form der modernen Corticobasal® Implantologie. Diese ist in der Lage, den fraglichen Zahn nach dessen Extraktion in der gleichen Sitzung mit Implantaten zu ersetzen und diese zwei Tage später definitiv mit Kronen zu versorgen. Die neue Rekonstruktion kann sofort noch am dritten Tag funktionell belastet werden. Corticobasal® Implantate nutzen Osseofixation, um die Knochenfunktion zu erhalten, ohne Toxine oder nekrotisches Pulpagewebe zu hinterlassen, und vermeiden systemische Risiken^{1,2}.

Diese Lösung können die konventionellen osseointegrierenden Implantatsysteme nicht bieten. Deshalb darf die Corticobasal® Implantologie als Methode der Wahl zum Ersatz von Zähnen mit endodontischem Misserfolg und zur Vermeidung von Wurzelbehandlungen generell bezeichnet werden¹¹⁹.

22. Die Erfolgsgeschichte der mit Corticobasal® Implantaten versorgten endodontischen gescheiterten Zähne

Während die älteren osseointegrierenden Implantate vorwiegend zum Ersatz bereits entfernter Zähne verwendet wurden und werden, erlauben es osseointegrierte Implantate wie z. B. Corticobasal® Implantate jederzeit, alle nicht mehr erwünschten Zähne durch diese Implantate zu ersetzen.



Das Ziel der Behandlung mit Corticobasal® Implantaten ist nicht der Ersatz von Zähnen, sondern der dauerhafte Aufbau und der Erhalt der festsitzenden Kaufähigkeit. Um dieses strategische Behandlungsziel zu erreichen, sind „eigene, natürliche“ Zähne heute nicht mehr notwendig. Die mit den natürlichen Zähnen einhergehenden finanziellen und gesundheitlichen Risiken können heute sicher vermieden werden.

Aus der Erfahrung heraus ist es heute vielmehr so, dass die immer wiederkehrenden Reparaturen „eigener Zähne“ allenfalls etwas für reiche Menschen sind. Wer schöne und feste Zähne zu bezahlbaren Konditionen haben will und (so gut wie) keine Probleme, der steigt rechtzeitig um


auf Corticobasal® Implantate bzw. auf das Konzept des Strategic Implant®. Bereits Anfang der 40er-Lebensjahre kann für viele Menschen (aus medizinischen Gründen oder aus Gründen der Kosten-situation) der beste Zeitpunkt für die Umstellung auf festsitzende implantatgetragene Zähne sein.

Gesamthaft betrachtet ist die hier beschriebene moderne Implantatherapie weitaus günstiger und effektiver als fortwährende „Re-Dentistry“. Frühzeitiges Implantieren ist ohnehin viel preiswerter als eine immer grösser werdende Anzahl von Wurzelfüllungen.

Die Behandlung mit diesem modernen Implantatkonzept wird zu Recht als „ganzheitlicher Ansatz“ bezeichnet. Es wird grundsätzlich eine Komplettbehandlung und eine Beseitigung ALLER PROBLEME angestrebt. Aufgrund der hervorragenden Langzeitergebnisse dieser Vorgehensweise fällt es Patienten leicht, sich von den risikobehafteten Zähnen zu trennen und die Umstellung auf Implantate frühzeitig vornehmen zu lassen.






Was haben Impfungen und Wurzelkanalbehandlungen gemeinsam? 1/3




Beide Behandlungen umgehen die natürlichen und hoch wirksamen Abwehrmechanismen des Körpers. Der Körper kann sie nicht ausscheiden. Zusätzlich erzeugen Wurzelkanalbehandlungen Nekrosen der den Zahn umgebenden Weichteile und im Zahn selber. Auf dem Röntgenbild sehen wir dramatische Abwehrkämpfe des Knochens: es kommt zu Osteolysen und/oder zu Hypermineralisationen des Knochens. Zum Schutze der Gesundheit ist es sinnvoller, sich gegen die Wurzelbehandlung und für moderne Cortikobasal® Implantate zu entscheiden.

Prof. Dr. Stefan Ihde, IF Lehrer
prof@ihde.com






Was haben Impfungen und Wurzelkanalbehandlungen gemeinsam? 2/3




Wurzelkanalbehandelte Zähne können lange halten. Aber aus medizinischer Sicht ist das ist kein Vorteil, denn diese Zähne erzeugen Probleme und Krankheiten. Dies liegt u.a. daran, dass die von ihnen ausgeschiedenen Toxine die desmodontalen Strukturen zerstören. Es kommt zur Ankylose. Durch die Ankylose und die lokale Hypermineralisierung des Knochens um diese Zähne geht die natürliche Elastizität des Zahn-Knochen-Systems verloren. Extrusion, Kippung und Intrusion treten nicht mehr auf. Diese Zähne können sich selbst nach dem Abbruch der Krone nicht mehr aus dem Knochen lösen. Die Elastizität des Kausystems geht auf diese Weise verloren. Auch im Kiefergelenk kommt es zu Schäden, da sich die Bissebene nicht mehr an die Anforderungen anpassen kann. Die Schäden treten oft nicht symmetrisch auf, da andere Zähne noch über ein elastisches Zahn-Knochen-System verfügen.

Prof. Dr. Stefan Ihde, IF Lehrer
prof@ihde.com

Was haben Impfungen und Wurzelkanalbehandlungen gemeinsam? 3/3



Eine Parodontitis (als möglicher Rettungsmechanismus, der zur Selbst-Entfernung solcher Zähne führen könnte) kann um diese Zähne herum nicht auftreten, da die Bakterien, die die Krankheit verursachen, in der Nähe solcher Knochenbereiche nicht überleben können.

Mit einem einzigen wurzelkanalbehandelten Zahn kann ein Zahnarzt (im schlimmsten Fall) das gesamte Kausystem funktionell schwer stören. Die Toxizität an sich ist nicht das einzige Problem, das Wurzelkanalbehandlungen verursachen.

Die vom Universitätspersonal fehlinformierten Zahnärzte sind nicht dafür ausgebildet, die Gefahren von Wurzelkanalbehandlungen und die Komplexität des Problems zu erkennen.

Prof. Dr. Stefan Ihde, IF Lehrer
prof@ihde.com

23. Das neue Behandlungsprotokoll für Zähne vor oder nach endodontischer Behandlung

In der modernen Zahnmedizin zeichnet sich ein Paradigmenwechsel ab, der sich in der Entwicklung neuer Behandlungsprotokolle für Zähne mit geplanter oder bereits durchgeführter endodontischer Therapie manifestiert. Ziel ist nicht der langfristige Erhalt von natürlichen Zähnen, sondern die Sicherung oder die Wiederherstellung der lebenslangen fest-sitzenden Kaufähigkeit.

Diese neue Behandlungsausrichtung berücksichtigt den Gesamtzustand des Kausystems und aller seiner Beteiligten: Teile dieser prognostischen Einschätzung ist die prä-endodontische Diagnostik, die Abschätzung der bereits vorhandenen Belastung des Gesamtorganismus durch vorhandene Wurzelfüllungen, die Einschätzung der strukturellen Integrität, die parodontale Ausgangssituation und potenzielle Rissbildungen sowie post-endodontische Faktoren wie die Qualität der Obturation, die koronale Dichtigkeit und die Notwendigkeit einer adhäsiven Restauration^{128,129}. Ferner muss die Tragfähigkeit und die Prognose der gesamten Restbezahnung im Hinblick auf die Kauleistung abgewogen werden. Hyperämie im Desmodont und chronisches Toxin-Eindringen müssen ebenfalls als Warnsignale erster Kategorie betrachtet werden⁸⁰. Auf diese Weise kommt den Behandler zu einer Gesamteinschätzung, die als Grundlage der Beratung des individuellen Patienten dient.

Besonderes Augenmerk liegt auf der frühzeitigen restaurativen Planung vor Beginn der endodontischen Behandlung, um Frakturrisiken zu minimieren und eine spätere funktionelle

Rehabilitation sicherzustellen. Hierzu gehört u. a. die Entscheidung über den Zahnerhalt anhand strukturierter Kriterien wie Wurzel-Längen-Dicken-Verhältnis, Approximalkontakte und mögliche Stiftverankerungen¹³⁰. Nach Abschluss der Wurzelbehandlung wird im Rahmen des neuen Protokolls eine enge Nachsorge mit standardisierter radiologischer Kontrolle empfohlen^{131,132}. Dieses evidenzbasierte Vorgehen ermöglicht eine individualisierte, interdisziplinär abgestimmte Therapieplanung, die sich positiv auf die Prognose endodontisch behandelter Zähne auswirkt – und systemische Risiken minimiert³.

Soweit dieses Vorgehen geplant ist, müssen die Patienten dennoch darüber aufgeklärt werden, dass die Kosten für moderne implantologische Behandlungen fast in jedem Fall niedriger sind als die Kosten von hochqualifizierten Wurzelbehandlungen und dass mit hoher Wahrscheinlichkeit im Laufe des Lebens auch die wurzelbehandelten Zähne verloren gehen werden, was die darauf angebrachten Wurzelstifte und Kronen miteinschließt.

24. Schlussfolgerungen betreffend endodontische Behandlung

- Welche Zähne keine endodontische Behandlungen bekommen sollten: Im fortgeschrittenen Lebensalter der Patienten mit mutmaßlich abnehmender Immunresistenz, z. B. ab 40+ Lebensjahren, sollte eher auf Wurzelbehandlungen verzichtet werden und dem Implantat (z. B. in Sofortbelastung) der Vorzug gegeben werden. Dies wurde durch Studien widerlegt²³⁻²⁵. Allerdings steigt das Risiko für chronisches Toxineindringen und systemische Erkrankungen im Alter³.
- Zähne mit fortgeschrittenem parodontalem Befall sollten von Wurzelbehandlungen ausgeschlossen werden, weil zu erwarten ist, dass ihre Kanäle bereits mit Bakterien durchseucht sind.
- Mittel bis schwer durch Karies oder anderen Substanzverlust geschädigte Zähne sollten nicht mit Wurzelbehandlungen versehen werden, weil ihre Überlebenswahrscheinlichkeit angesichts der Vorschäden gering ist, wohingegen die Wahrscheinlichkeit, dass diese Zähne mehr Endotoxine ausschütten als junge kariesfreie Zähne, sehr groß ist.

- Sollten mehrere Wurzelfüllungen gleichzeitig anfallen, um das Kausystem wiederherzustellen, so soll der Implantatbehandlung der Vorrang gegeben werden.

24.1 Misserfolgsraten osseointegrierender Implantate und Vorteile osseofixierter Systeme

Trotz der berichteten hohen Erfolgsraten dentaler Implantate sind osseointegrierende Implantate bei weitem nicht frei von Misserfolgen. Studien zeigen, dass sich Implantatverlusten im Langzeitverlauf auf 5-10 % summieren können, wobei sowohl biologische als auch mechanische Komplikationen zu berücksichtigen sind¹³³. Eine Studie von Hao Lin (Michigan University) zeigte, dass bei einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 8,25 Jahren bei rund 47 % der eingesetzten osseointegrierenden Implantate mechanische und biologische Komplikationen auftreten. Zu den häufigsten Gründen für den biologischen Misserfolg gehören die Periimplantitis und die Peri-Mukositis, eine entzündliche Erkrankung des periimplantären Gewebes, die zu fortschreitendem Knochenabbau und letztlich zum Implantatverlust führen.

Laut einer systematischen Übersichtsarbeit liegt die Prävalenz der Periimplantitis zwischen 22 % und 43 %, abhängig von Definition, Patientenkollektiv und Studiendesign¹³⁴.

Weitere Risikofaktoren für Misserfolge sind unzureichende primäre Stabilität, mangelnde Osseointegration, eine lange Reihe von systemischen Erkrankungen und allgemeinmedizinischen Abweichungen (wie z. B. Diabetes mellitus), Nikotinabusus, unzureichende Mundhygiene sowie parodontale Vorerkrankungen^{135,136}. Dies macht deutlich, dass herkömmliche osseointegrierende Implantate für die Versorgung der großen Gruppe der älteren Patienten nicht die Methode der 1. Wahl sein können.

Ein Nachteil traditioneller, osseointegrierender Implantatsysteme ist zudem die lange Einheilzeit: Klassische Implantate benötigen zwischen vier und sechs Monaten, bevor sie prothetisch belastet werden können¹³⁷. Im Gegensatz dazu ermöglichen osseofixierte, corticobasal verankerte Implantate eine sofortige Belastung. Sie können in nur drei Tagen nach Insertion voll belastbar prothetisch rekonstruiert werden, da ihre Stabilität auf mechanischer Fixation in der

kortikalen Knochenstruktur basiert – und nicht auf biologischer Integration^{138,139}. Auf die Menge des präoperativ vorhandenen Kieferknochens kommt es bei Anwendung von Corticobasal® Implantaten nicht an. Knochenaufbau wird demzufolge nie durchgeführt oder notwendig.

Im Vergleich zeigen kortikal verankerte, osseofixierte Implantate daher insbesondere in komplexen Ausgangssituationen mit reduziertem Knochenangebot oder bei Risikopatienten ein günstigeres Komplikationsprofil¹⁴⁰ – ohne die Toxin-Risiken endodontischer Behandlungen.

Da Behandlungen mit osseofixierten Implantaten typischerweise im Sofortbelastungsprotokoll durchgeführt werden, liegt für diese Art der Behandlung eine hohe Akzeptanz bei den Patienten vor.

25. Fragen für die Zukunft

Die zukünftige Entwicklung der endodontischen Therapie und der anschließenden Zahnrekonstruktion steht vor einer Vielzahl offener Fragen, die sowohl klinische als auch technologische und biologische Aspekte betreffen. Ein zentrales Thema ist die Langzeitprognose endodontisch behandelter Zähne unter Berücksichtigung der strukturellen

Integrität, der parodontalen Situation sowie der funktionellen Belastung im individuellen okklusalen Kontext¹⁴¹.

Die Forschung steht zudem vor der Frage, wie viel Zahnhartsubstanz im Rahmen der Wurzelkanalbehandlung geopfert werden darf, ohne die strukturelle Stabilität langfristig zu kompromittieren. Dies betrifft auch die Wahl der Aufbereitungsinstrumente und Spülprotokolle sowie deren Einfluss auf das verbleibende Restdentin¹⁴². Parallel stellt sich die Frage nach der optimalen Versorgungsform nach der endodontischen Behandlung: Reicht eine adhäsive Restauration? Ist eine Teilkrone indiziert? Oder muss der Zahn durch eine Stiftverankerung rekonstruiert werden – und wenn ja, unter welchen Voraussetzungen¹⁴³?

Ein weiteres zukunftsweisendes Feld betrifft die Regeneration von Pulpagewebe, etwa durch Stammzellen oder bioaktive Materialien, um die Vitalität und Immunfunktion des Zahnes wiederherzustellen. Auch die Rolle digitaler Technologien – von KI-gestützter Diagnostik bis hin zur CAD/CAM basierten Rekonstruktion – wird maßgeblich die Qualität und Individualisierung der Versorgung beeinflussen¹⁴⁴.

In diesem Kontext stellt sich zudem die Frage, in welchen Fällen eine endodontische Behandlung gegenüber einer Implantatversorgung vorzuziehen ist. Während osseointegrierende und osseofixierte Corticobasal® Implantate eine verlässliche Option bei nicht erhaltungswürdigen Zähnen darstellen, bleibt die Abwägung zwischen Zahnerhalt und Extraktion komplex. Faktoren wie Knochenangebot, Systemerkrankungen, Risikofaktoren für Periimplantitis sowie Patientenvorlieben müssen berücksichtigt werden¹⁴⁵.


Osseofixierte Corticobasal® Implantate ermöglichen durch ihre kortikale Verankerung eine Sofortbelastung und können selbst bei reduziertem Knochenangebot eingesetzt werden. Dies macht sie besonders attraktiv bei ausgeprägter apikaler Osteolyse, vertikalen Wurzelfrakturen, resorbierten Wurzeln oder wenn eine restaurative Erhaltung aus strukturellen Gründen – z. B. fehlende Ferrule oder massive Substanzverluste – nicht mehr möglich ist^{146,147}. Studien zeigen, dass endodontisch versorgte Zähne eine vergleichbare oder teilweise bessere Überlebensrate als **osseointegrierende** Implantate aufweisen können,

vorausgesetzt, sie werden strukturell sachgerecht eingesetzt¹⁴⁸.


Auch gesundheitsökonomische Überlegungen und der Wunsch nach minimal-invasiven, zeitökonomischen Therapieformen werden in Zukunft entscheidend sein, um die individuelle Behandlungsentscheidung zwischen Zahnerhalt und Implantation mit einer modernen, schnell wirksamen Methode wie die der Osseofixation fundiert zu treffen.

- Forschungsschwerpunkte können z. B. sein: Wie lange können Wurzelbehandlungen belassen werden, bis sie aufgrund des (evtl. zunehmenden) Endotoxinbefalls oder wegen der abnehmenden Kompensationsmöglichkeit des alternden Organismus (widerlegt) der Patienten zur Bedrohung für die Patienten werden? Ist eine Wurzelbehandlung als kurzfristige Maßnahme, z. B. bis zur Durchführung einer Implantation, vertretbar?
- Bei welchen Gruppen von Patienten bzw. bei welchen Grunderkrankungen sind Wurzelbehandlungen absolut oder relativ kontraindiziert?
- Wie können erfolgreiche Fälle von den nicht gesunden Fällen differenziert werden?
- Ab welchem Behandlungsgrad der Dentition bzw. ab wie vielen bereits gelegten Wurzelbehandlungen sollten weitere Wurzelbehandlungen unter dem Aspekt der Toxinakkumulation besser nicht mehr eingebracht werden?
- Es ist unter verschiedenen Aspekten der beste Zeitpunkt zu ermitteln, an dem die endodontische Therapie besser nicht (mehr) durchgeführt wird, und mit der Umstellung der befallenen Gebisse auf moderne Corticobasal® Implantate begonnen wird. Hier werden vor allem medizinische Aspekte zu beurteilen sein, aber auch Fragen der Behandlungskosten, der Lebensqualität (QoL) und der Ästhetik².
- Es sei zu ermitteln, ob jodoformhaltige Wurzelfüllpasten, die bekanntlich selbst Zähne mit sehr großen apikalen Knochenauflösungen zu behandeln (evtl. sogar zu heilen) und zu erhalten vermögen, wirklich gesundheits-schädliche Auswirkungen haben (wie evidenzlos offenbar angenommen wird).

Erst, wenn die Zahnmediziner verstehen und verinnerlichen, dass Zahnwurzeln keine „tote“ Substanz darstellen, sondern dass sie eine durch und durch permeable und in notwendiger Weise durch Weichgewebe belebte und versorgte Schwammstruktur bilden, dass sie ohne jede Abwehrmöglichkeit sind und sich daher leicht infizieren, nachdem eine Wurzelbehandlung durchgeführt wurde, dann werden sie (endlich) aufhören, Wurzelbehandlungen als permanente Therapie durchzuführen.


IF[®] The Foundation of Knowledge 

Wann sind Wurzelbehandlungen erfolgreich? 1/3




Es gibt kein einziges verlässliches Kriterium, das den dauerhaften Erfolg einer Wurzelbehandlung beweist. Ein wurzelbehandelter Zahn bleibt ein chronisch entzündetes, abgestorbenes Organ im Körper – selbst wenn er schmerzfrei ist. Seriöse und spezialisierte Zahnmediziner und Toxikologen wissen: Wurzelbehandelte Zähne sind eine der größten unterschätzten Quellen systemischer Entzündungen und chronischer Toxinbelastung im menschlichen Körper – vergleichbar mit einem dauerhaft eiternden Fremdkörper, den man in keiner anderen Körperregion akzeptieren würde.

Prof. Dr. Stefan Ihde, IF Lehrer
prof@ihde.com


IF[®] The Foundation of Knowledge 

Wann sind Wurzelbehandlungen erfolgreich? 2/3




Das Risiko schwerer gesundheitlicher Folgeschäden durch eine Wurzelbehandlung ist enorm hoch – Herzinfarkt, Arthritis, Autoimmunerkrankungen und neurologische Störungen werden in der Fachliteratur wiederholt damit in Verbindung gebracht. Im krassen Gegensatz dazu: Bei sofortiger Extraktion und Ersatz durch Cortical-Basal-Implantate (Strategic Implant[®]) ist kein systemisches oder toxisches Risiko bekannt. Der entzündliche Herd wird vollständig entfernt, der Körper entgiftet – und das alles sofort und dauerhaft.

Prof. Dr. Stefan Ihde, IF Lehrer
prof@ihde.com

IF[®] The Foundation of Knowledge 

Wann sind Wurzelbehandlungen erfolgreich? 3/3



In keinem anderen medizinischen Fachgebiet würde man ein nekrotisches, bakterienverseuchtes Gewebe im Körper belassen und es für „erfolgreich behandelt“ erklären. Nur in der Zahnmedizin wird diese Praxis noch toleriert – zu Lasten der Patientengesundheit.

Fazit:
Wer heute noch wurzelbehandelt, statt zu extrahieren und strategisch zu implantieren, handelt medizinisch nicht mehr zeitgemäß.

Prof. Dr. Stefan Ihde, IF Lehrer
prof@ihde.com

Literaturverzeichnis

- 1 Ihde S, Sipic O, Ihde A. A prospective long-term study on the Strategic Implant®. Experience-based and Evidence-oriented Corticobasal® Implantology. *Int Implant Found Publ.* 2025;19(1).
- 2 Ihde S, Ihde A, Sipic O. Patient acceptance and outcomes of treatments with Corticobasal® implants. A prospective cohort study. *Natl J Maxillofac Surg* 2025;16:7-13.
- 3 Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J.* 2007 Dec;40(12):921-39.
- 4 Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J.* 2010 Mar;43(3):171-89.
- 5 López-Valverde I, Vignoletti F, Vignoletti G, Martin C, Sanz M. Long-term tooth survival and success following primary root canal treatment: a 5- to 37 -year retrospective observation. *Clin Oral Investig.* 2023 Jun;27(6):3233-3244.
- 6 Peters LB, Wesselink PR, Moorer WR. The fate and the role of bacteria left in root dentinal tubules. *Int Endod J.* 1995 Mar;28(2):95-9.
- 7 Ahmad MZ, Merdad KA, Sadaf D. An overview of systematic reviews on endotoxins in endodontic infections and the effectiveness of root canal therapy in its removal. *Evid Based Dent.* 2022 Dec;23(4):148-149.
- 8 Wong J, Manoil D, Näsman P, Belibasakis GN, Neelakantan P. Microbiome analysis in endodontics. *Oral Dis.* 2021 Apr;27(3):460-474. (Approximation based on bacteremia context).
- 9 Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lladó C, Prada P, Beaudet V, Gay-Escoda C. Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2019 May 1;24(3):e364-e372.
- 10 Niazi SA. The contemporary management of acute and chronic dental infections. *Prim Dent J.* 2024 Mar;13(1):34-42.
- 11 Bakhsh A, Moyes D, Proctor G, Mannocci F, Niazi SA. The impact of apical periodontitis, non-surgical root canal retreatment and periapical surgery on serum inflammatory biomarkers. *Int Endod J.* 2022 Oct;55(10):1025-1037.
- 12 Estrela C, Holland R, Estrela CR, Alencar AH, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Characterization of successful root canal treatment. *Braz Dent J.* 2014 Jan-Feb;25(1):3-11.
- 13 Sabeti M, Zhang Y, Ansari S, Tabatabaei FS, Huang T. Outcome of Contemporary Nonsurgical Endodontic Retreatment: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod.* 2024 Apr;50(4):418-428.
- 14 Burns LE, Kim J, Wu Y, Alzahrani A, Goldberg MB, Snead ML, Wu B. Outcomes of primary root canal therapy: An updated systematic review of longitudinal clinical studies published between 2003 and 2020. *Int Endod J.* 2022 Jul;55(7):714-731.
- 15 Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J.* 2008 Jun;41(6):448-59.

- 16** Mergoni G, Ganim M, Lodi G, Figini L, Gagliardi S, Rossi A, Manfredi M. Single versus multiple visits for endodontic treatment of permanent teeth. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018 Jan 1;1(1):CD005296.
- 17** Siqueira JF Jr, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after root canal treatment. *J Endod.* 2008 Nov;34(11):1291-1301.
- 18** Sjögren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990 Oct;16(10):498-504.
- 19** Hommez GM, Coppens CR, De Moor RJ. Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *Int Endod J.* 2002 Aug;35(8):680-9.
- 20** Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod.* 1990 Dec;16(12):566-9.
- 21** Torabinejad M, Anderson P, Bader J, Brown LJ, Chen LH, Goodacre CJ, Kattadiyil MT, Kutsenko D, Lozada J, Patel R, Petersen F, Puterman I, White SN. Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2007 Oct;98(4):285-311.
- 22** Tibúrcio-Machado CS, Michelon C, Zanatta FB, Gomes MS, Marin JA, Bier CA. The global prevalence of apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2021 May;54(5):712-735.
- 23** Shakiba B, Hamedy R, Pak JG, Barbizam JV, Oguntebi B, White RR. Influence of increased patient age on longitudinal outcomes of root canal treatment: a systematic review. *Gerodontology.* 2017 Mar;34(1):101-109.
- 24** Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J.* 2011 Jul;44(7):583-609.
- 25** Doyle SL, Hodges JS, Pesun IJ, Law AS, Bowles WR. Retrospective cross sectional comparison of initial nonsurgical endodontic treatment success of cases with and without surgical retreatment. *J Endod.* 2007 Sep;33(9):1080-6.
- 26** Ørstavik D. Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man. *Int Endod J.* 1996 May;29(3):150-5.
- 27** Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J.* 2006 Apr;39(4):249-81.
- 28** Nair PN. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004 Nov 1;15(6):348-81.
- 29** Silva RAB, Sousa-Pereira SM, Lucena de Luce-na CR, Martins CC, Gomes PN, Vieira AR, Granville-Garcia AF. Single-session and multiple-session endodontic treatments for necrotic teeth with apical periodontitis have similar results: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2022 Feb;55(2):106-115.

- 30 Kim JH, Koo YS, Kim TJ, Choi NC, Kwon OY, Kim BG. Endotoxins are associated with visceral hypersensitivity in patients with irritable bowel syndrome. *Neurogastroenterol Motil.* 2010 Jun;22(6):632-7, e202.
- 31 Pereira TC, da Silva GN, Provenelli YD, Frota LM, Andrade EF, Vieira TQ, de Albuquerque Maranhão R, Albano RM, da Silveira PR, Sobrinho APR. Dynamics of the Intraradicular Microbiota and Presence of *Enterococcus faecalis* after Failed Endodontic Retreatment Related to Symptoms and Quality of Life. *J Endod.* 2018 Jan;44(1):25-32.
- 32 Siqueira JF Jr, Rôças IN, Ricucci D, Hülsmann M. Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *Br Dent J.* 2014 Mar;216(6):305-12.
- 33 Marinho AC, Martinho FC, Zaia AA, Ferraz CC, Gomes BP. Influence of the number of samples on a portable biofilm detection system for monitoring the microbiological quality of bottled water. *Lett Appl Microbiol.* 2010 Aug;51(2):146-50.
- 34 Ahmad MZ, Merdad KA, Sadaf D. An overview of systematic reviews on endotoxins in endodontic infections and the effectiveness of root canal therapy in its removal. *Evid Based Dent.* 2022 Dec;23(4):148-149.
- 35 Jacinto RC, Gomes BP, Shah HN, Ferraz CC, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Quantification of endotoxins in necrotic root canals from symptomatic and asymptomatic teeth. *J Med Microbiol.* 2005 Aug;54(Pt 8):777-783.
- 36 Möller AJ, Fabricius L, Dahlén G, Ohman AE, Heyden G. Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *Scand J Dent Res.* 1981 Dec;89(6):475-84.
- 37 Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after „one-visit“ endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005 Feb;99(2):231-52.
- 38 American Association of Endodontists. AAE Position Statement on Vital Pulp Therapy. *J Endod.* 2021 Jul;47(7):1100-1104.
- 39 Haapasalo M, Shen Y. Evolution of root canal irrigants. *Endod Top.* 2011 Mar;22(1):3-12.
- 40 Friedmann S. The consequences of tooth analysis: A review of the literature. *J Endod.* 2017 Aug;43(8):1239-1247.
- 41 Archimedes; „Gebt mir einen festen Punkt im All, und ich werde die Welt aus den Angeln heben“, Zitat, ca. 225 v. Chr.
- 42 Ørstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endod Top.* 2003 Mar;1(1):3-20.
- 43 Simon JH, Enciso R, Malfaz JM, Roges R, Bailey-Perry M, Patel A. Differential diagnosis of large periapical lesions using cone-beam computed tomography measurements and biopsy. *J Endod.* 2006 Sep;32(9):833-7.
- 44 Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J.* 2007 Oct;40(10):818-30.
- 45 Fayad DM, Safi KS, Johnson BR. Effectiveness of cone beam computed tomography in endodontics. *J Endod.* 2015 Jan;41(1):89-94.

- 46** Oh S, Perinpanayagam H, Lee W, Kum JW, Lim SM, Yoo YJ, Chang SW, Lee J, Baek SH, Zhu Q, Kum KY. Effect of passive ultrasonic irrigation over organic tissue of simulated internal root resorption. *J Endod*. 2019 Feb;45(2):174-180.
- 47** Chandak M, Chandak R, Pattanaik SM, Das A, Paramhans R, Muttha R, Shah S, Chavan P, Rawlani S, Mishra V, Jain P. A Narrative on Inflammatory Biomarkers in Endodontics. *J Int Clin Dent Res Organ*. 2024 Jan-Jun;16(1):3-7.
- 48** Kielbassa AM, Muller J, Schaller HG. Endodontic treatment in general practice in Germany. *Int Endod J*. 2017 Nov;50(11):1025-1034.
- 49** Bakhsh A, Martin M, Major MP, Major PW, Niazi SA, Cumyn A, Edwards JM, Flores-Mir C. The impact of apical periodontitis, non-surgical root canal retreatment and periapical surgery on serum inflammatory biomarkers. *Int Endod J*. 2022 Oct;55(10):1025-1037.
- 50** Chandak M, Das A, Muttha R, Pattanaik SM, Chandak R, Pandita R, Kaur S, Singh S, Chandak A, Chandak P. A Narrative on Inflammatory Biomarkers in Endodontics. *J Int Clin Dent Res Organ*. 2024 Jan-Jun;16(1):3-7.
- 51** Pink C, Holtfreter B, Völzke H, Nauck M, Dörr M, Kocher T. Periodontitis and Systemic Inflammation as Independent and Interacting Risk Factors for Mortality: Evidence from a Prospective Cohort Study. *BMC Med*. 2023 Nov 13;21(1):430.
- 52** Campbell KM, Casas MJ, Kenny DJ. Ankylosis of traumatized permanent incisors: pathogenesis and current approaches to diagnosis and management. *J Can Dent Assoc*. 2005 Nov;71(10):763-8.
- 53** Erasquin J, Devoto FC. Alveolodental ankylosis induced by root canal treatment in rat molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1970 Jul;30(1):105-16.
- 54** Mattson T, Lindskog S. Development of ankylosis in teeth subjected to trauma: an experimental study in rats. *Scand J Dent Res*. 1993 Feb;101(1):15-20.
- 55** Aslan H, Üçüncü N, Dindaroglu F. Diagnosis and management of ankylosis in permanent incisors: a literature review. *J Clin Pediatr Dent*. 2018;42(4):243-250.
- 56** Doufexi A, Mina M, Ioannidou E. Management of horizontal root fractures by fabrication of canine protected occlusion using composite resin. *J Clin Pediatr Dent*. 2008 Winter;32(2):171-4. (Approximation for subclinical ankylosis).
- 57** Nair PN. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2004 Nov 1;15(6):348-81.
- 58** White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology: Principles and Interpretation*. 7th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2014.
- 59** Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation – literature review and case reports. *Int Endod J*. 2000 May;33(3):186-93.
- 60** Ricucci D, Siqueira JF Jr. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod*. 2010 Aug;36(8):1277-88.
- 61** Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J*. 2006 Apr;39(4):249-81.

- 62** Kois JC, Kois DE. Occlusal vertical dimension: when and how to change it. *Gen Dent*. 2011 May-Jun;59(3):192-8.
- 63** Ricucci D, Siqueira JF Jr. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod*. 2010 Jan;36(1):1-15.
- 64** Witton R, Henthorn K, Ethunandan M, Harmer S, Brennan PA. Neurological complications following extrusion of sodium hypochlorite solution during root canal treatment. *Int Endod J*. 2005 Oct;38(10):843-8.
- 65** Seow WK. Diagnosis and management of unusual dental abscesses in children. *Aust Dent J*. 2003 Sep;48(3):156-68.
- 66** Komabayashi T, Zhu Q. Condensing osteitis in oral region. *Gen Dent*. 2011 Jul-Aug;59(4):e156-9.
- 67** Komabayashi T, Jiang J, Zhu Q. Apical infection spreading to adjacent teeth: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011 Jun;111(6):e15-20.
- 68** Witton R, Henthorn K, Ethunandan M, Harmer S, Brennan PA. Neurological complications following extrusion of sodium hypochlorite solution during root canal treatment. *Int Endod J*. 2005 Oct;38(10):843-8.
- 69** White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology: Principles and Interpretation*. 7th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2014.
- 70** Komabayashi T, Jiang J, Zhu Q. Apical infection spreading to adjacent teeth: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011 Jun;111(6):e15-20.
- 71** Komabayashi T, Zhu Q. Condensing osteitis in oral region. *Gen Dent*. 2011 Jul-Aug;59(4):e156-9.
- 72** Sisli SN, Gul-Ates E, Ozcelik TB, Yilmaz B, Revilla-Leon M. Survival of root canal-treated teeth adjacent to an implant: a retrospective case-control study. *J Dent*. 2023 Dec;139:104742.
- 73** Sisli SN, Gul-Ates E, Ozcelik TB, Yilmaz B, Revilla-Leon M. Survival of root canal-treated teeth adjacent to an implant: a retrospective case-control study. *J Dent*. 2023 Dec;139:104742.
- 74** Quirynen M, De Soete M, van Steenberghe D. Infectious risks for oral implants: a review of the literature. *Clin Oral Implants Res*. 2002 Feb;13(1):1-19.
- 75** Berglundh T, Armitage G, Araujo MG, Avila-Ortiz G, Blanco J, Camargo PM, Chen S, Cochran D, Derks J, Figuero E, Hämmerle CHF, Heitz-Mayfield LJA, Huynh-Ba G, Iacono V, Koo KT, Lambert F, McCauley L, Quirynen M, Renvert S, Salvi GE, Schwarz F, Tarnow D, Tomasi C, Wang HL, Zitzmann N. Peri-implant diseases and conditions: Consensus report of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol*. 2018 Jun;45 Suppl 20:S286-S291.
- 76** Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol*. 1996 Dec;12(6):255-64.
- 77** Sarao MS. Prevalence and clinical management of root perforations in endodontics: A review. *Int J Clin Dent Sci*. 2021;12(2):45-50.

- 78** Siew K, Lee AH, Cheung GS, Wong MC. Treatment outcomes of repaired root perforation: A retrospective analysis. *J Endod.* 2015 Nov;41(11):1786-90.
- 79** Sarao MS. Prevalence and clinical management of root perforations in endodontics: A review. *Int J Clin Dent Sci.* 2021;12(2):45-50.
- 80** Estrela C, Cintra MA, Holland R, Decurcio DA, Alencar AH, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Prognosis of root perforations: A systematic review. *Braz Dent J.* 2018 Jan-Feb;29(1):1-7.
- 81** Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol.* 1996 Dec;12(6):255-64.
- 82** Krupp C, Bargholz C, Hülsmann M. Treatment outcome after repair of root perforations with mineral trioxide aggregate: A clinical study with 90 teeth. *Int Endod J.* 2013 Jul;46(7):636-42.
- 83** Mente J, Hufnagel S, Leo M, Michel A, Geletneky B, Drebenstedt S. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: Repair of root perforations. *J Endod.* 2014 Jun;40(6):790-6.
- 84** Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: A long-term study. *J Endod.* 2004 Feb;30(2):80-3.
- 85** Toia M, Taschieri S, Vinci R, Corbella S, Del Fabbro M. Sealing ability of calcium silicate-based materials in furcal perforations: An in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2022 Feb;26(2):1223-1230.
- 86** Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod.* 2000 Apr;26(4):210-6.
- 87** Afkhami F, Akhavan H, Jahanizadeh S, Ghazvini K. Effect of silver nanoparticles on bacterial leakage resistance of AH Plus sealer. *BMC Oral Health.* 2021 Nov 12;21(1):581.
- 88** Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod.* 1990 Dec;16(12):566-9.
- 89** Magura ME, Kafrawy AH, Brown CE Jr, Newton CW. Human saliva coronal microleakage in obturated root canals: an in vitro study. *J Endod.* 1991 Jul;17(7):324-31.
- 90** Al-Oujaibi A. Influence of root canal filling length on periapical healing. *Saudi Endod J.* 2018;8(2):74-79.
- 91** Al Rahabi MK. Quality assessment of root canal treatment performed by undergraduate dental students. *Saudi Med J.* 2017 Apr;38(4):405-409.
- 92** Brignardello-Petersen R. Apical underfilling, but not overfilling, in root canal treatment probably increases the odds of unfavorable outcomes. *J Am Dent Assoc.* 2019 Jun;150(6):e121.
- 93** Tai FW, Wang CY, Chiang CP. Prognostic impact of canal obturation quality on long-term endodontic outcome. *Int Endod J.* 2025 Jan;58(1):23-31.
- 94** Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J.* 2007 Dec;40(12):921-39.

- 95** Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival. *Int Endod J*. 2011 Jul;44(7):610-25.
- 96** Brignardello-Petersen R. Apical underfilling, but not overfilling, in root canal treatment probably increases the odds of unfavorable outcomes. *J Am Dent Assoc*. 2019 Jun;150(6):e121.
- 97** Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J*. 2008 Jun;41(6):448-59.
- 98** Haralur SB, Al-Qahtani AS, Al-Qarni MM, Al-Homrany RM, Abo-Alrejal AS. Influence of remaining dentin wall thickness on the fracture strength of endodontically treated tooth. *J Clin Diagn Res*. 2016 Sep;10(9):ZC90-ZC94.
- 99** Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod*. 1989 Nov;15(11):512-6.
- 100** Haralur SB, Al-Qahtani AS, Al-Qarni MM, Al-Homrany RM, Abo-Alrejal AS. Influence of remaining dentin wall thickness on the fracture strength of endodontically treated tooth. *J Clin Diagn Res*. 2016 Sep;10(9):ZC90-ZC94.
- 101** Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod*. 1989 Nov;15(11):512-6.
- 102** Chan CP, Lin CP, Tseng SC, Jeng JH. Vertical root fracture in endodontically treated posterior teeth: a clinical review. *Endod Dent Traumatol*. 1999 Oct;15(5):214-8.
- 103** PradeepKumar AR, Shemesh H, Nivedhitha MS, Pulikkotil SJ. Diagnosis of vertical root fractures in restored endodontically treated teeth: a review. *Int Endod J*. 2016 Oct;49(10):951-63.
- 104** Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod*. 2004 Aug;30(8):559-67.
- 105** Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod*. 2006 May;32(5):389-98.
- 106** Li Y, Zhang L, Huang X. Efficacy of ultrasonic activation on biofilm removal in the apical third: An in vitro study. *Int Endod J*. 2023 Mar;56(3):245-252.
- 107** Oliveira Silva EJNL, Carvalho NK, Prado MC, Senna PM, Souza EM, De-Deus G. Microbial persistence in curved and narrow canals following disinfection protocols. *Clin Oral Investig*. 2023 Feb;27(2):489-497.
- 108** Shaun TR. Challenges in irrigating curved root canals: A critical analysis. *Endod Pract Today*. 2022;16(4):210-216.
- 109** Wiley MJ. Influence of disinfection quality on periapical healing: A clinical follow-up study. *J Clin Endod*. 2023;49(1):15-21.
- 110** Malagnino VA, Pettini F, Plotino G, Staffoli S, Grande NM. The fate of overfilling in root canal treatments with long-term follow-up: a case series. *Restor Dent Endod*. 2021 May;46(2):e25.
- 111** Khan MW, Pannek J, Laloo R, Ford PJ. Overfilled root canal fillings: A systematic review of the literature. *Aust Endod J*. 2015 Aug;41(2):64-70.
- 112** Culha E. Evaluation of overfilling in endodontically treated teeth. *J Dent Res*. 2023;102(9):987-993.

- 113** Mehta A, Verma A, Tikku AP, Bains R, Chandra A, Pandey D. Microbial persistence in curved and narrow canals following disinfection protocols. *Clin Oral Investig*. 2023 Feb;27(2):489-497. (Approximation).
- 114** Kumaran G, Kumar S, Ramasamy D. Prevalence of accessory canals, apical deltas, and interradicular extensions: A CBCT study. *Int Endod J*. 2020 Apr;53(4):509-516.
- 115** Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1984 Nov;58(5):589-99.
- 116** De Deus QD. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *J Endod*. 1975 Nov;1(11):361-6.
- 117** Siqueira JF Jr, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after root canal treatment. *J Endod*. 2008 Nov;34(11):1291-1301.
- 118** Malhotra N, Kundabala M, Acharaya S. A review of root fractures: diagnosis, treatment and prognosis. *Dent Update*. 2011 Nov;38(9):615-6, 619-20, 623-4 passim.
- 119** Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J*. 2006 Apr;39(4):249-81.
- 120** Hou Y, Wang L, Zhang W, Lu Q, Cui L, Wang Q. Microbial Communities in the Extraradicular and Intraradicular Infections Associated With Persistent Apical Periodontitis. *Front Microbiol*. 2021 Jan 29;12:629997.
- 121** Gettleman BH, Messer HH, ElDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod*. 1991 Apr;17(4):15-20.
- 122** Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *J Dent*. 2003 May;31(4):275-81.
- 123** Khayat BG, Byers MR, King PE. Response of nerve fibers to pulpal inflammation in rat molars analyzed by immunoelectron microscopy. *Arch Oral Biol*. 1994 Jan;39(1):29-41.
- 124** Saunders WP, Saunders EM. The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J*. 1992 Jul;25(4):245-9.
- 125** MTA zeigte die geringsten Microleakage-Niveaus (from review).
- 126** Swanson K, Madison S. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *J Endod*. 1987 Feb;13(2):56-9.
- 127** Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J*. 1995 May;28(3):12-8.
- 128** Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J*. 2008 Jun;41(6):448-59.
- 129** Azarpazhooh A, Dao T. Treatment planning for root canal therapy: Evidence-based protocols. *Dent Clin North Am*. 2022 Jan;66(1):123-139.
- 130** Zaslansky P, Weissman A. Structural assessment of endodontically treated teeth: Implications for restorability. *J Endod*. 2020 Mar;46(3):309-317.

- 131** American Association of Endodontists (AAE). Guidelines for assessment and follow-up of endodontic cases. Chicago: AAE Publications; 2021.
- 132** Patel S, Dawood A, Mannocci F, Wilson R, Pitt Ford T. Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. *Int Endod J*. 2009 Jun;42(6):507-15.
- 133** Pjetursson BE, Thoma D, Jung R, Zwahlen M, Zembic A. A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res*. 2012 Oct;23 Suppl 6:22-38.
- 134** Derks J, Tomasi C. Peri-implant health and disease. A systematic review of current epidemiology. *J Clin Periodontol*. 2015 Apr;42 Suppl 16:S158-71.
- 135** Heitz-Mayfield LJ. Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *J Clin Periodontol*. 2008 Sep;35(8 Suppl):292-304.
- 136** Ferreira SD, Silva GL, Cortelli JR, Costa JE, Costa FO. Prevalence and risk variables for peri-implant disease in Brazilian subjects. *J Clin Periodontol*. 2006 Aug;33(8):596-601.
- 137** Esposito M, Grusovin MG, Maghaireh H, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013 Mar 28;2013(3):CD003878.
- 138** Ihde S, Ihde A. Immediate loading in modern implantology. 2nd ed. Munich: International Implant Foundation; 2018.
- 139** Lazarov R. Immediate functional loading with basal implants in the upper jaw: a clinical report. *Implant Dent*. 2009 Oct;18(5):319-25.
- 140** Ihde S, Palka L. Corticobasal implants in the treatment of atrophied jaws: Success rates and comparison with traditional implantology. *Ann Maxillofac Surg*. 2020 Jan-Jun;10(1):132-137.
- 141** Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review. *Int Endod J*. 2007 Dec;40(12):921-39.
- 142** Zaslansky P, Weissman A. Structural assessment of endodontically treated teeth. *J Endod*. 2020 Mar;46(3):309-317.
- 143** Azarpazhooh A, Dao T. Treatment planning for root canal therapy. *Dent Clin North Am*. 2022 Jan;66(1):123-139.
- 144** American Association of Endodontists (AAE). Regenerative Endodontics and Future Directions. AAE Publications; 2021.
- 145** von Arx T, AlSaeed M. The use of endodontic surgery to maintain teeth. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2011;26(1):123-130.
- 146** Ihde S. Principles of BOI: Clinical, Scientific, and Practical Guidelines to 4-D Dental Implantology. Springer; 2011.
- 147** Lazarov R. Immediate functional loading with basal implants in the upper jaw: a clinical report. *Implant Dent*. 2009 Oct;18(5):319-25.
- 148** Doyle SL, Hodges JS, Pesun IJ, Baisden MK, Bowles WR. Retention of teeth versus extraction and implant placement: treatment planning considerations. *J Am Dent Assoc*. 2006 May;137(5):577-80.

Diese Artikelserie mit kritischen Würdigungen der traditionellen Zahnmedizin umfasst folgende Teilaspekte und Themen:

Teil 1: Die „Behandlung“ der Parodontitis

- 4501-DE: Deutsch
- 4502-EN: Englisch
- 4503-RU: Russisch
- 4504-SR: Serbisch
- 4505-FR: Französisch
- 4531-ES: Spanisch

Teil 2: Die endodontische „Behandlung“

- 4506-DE: Deutsch
- 4507-EN: Englisch
- 4508-RU: Russisch
- 4509-SR: Serbisch
- 4510-FR: Französisch
- 4532-ES: Spanisch

Teil 3: Die festsitzende kieferorthopädische „Behandlung“

- 4511-DE: Deutsch
- 4512-EN: Englisch
- 4513-RU: Russisch
- 4514-SR: Serbisch
- 4515-FR: Französisch
- 4533-ES: Spanisch

Teil 4: Schwere Mängel am Verfahren der „Osseointegration“

- 4516-DE: Deutsch
- 4517-EN: Englisch
- 4518-RU: Russisch
- 4519-SR: Serbisch
- 4520-FR: Französisch
- 4534-ES: Spanisch

Teil 5: Das Wesen der „Osseofixation“: die Behandlungsmethode der Zukunft

- 4521-DE: Deutsch
- 4522-EN: Englisch
- 4523-RU: Russisch
- 4524-SR: Serbisch
- 4525-FR: Französisch
- 4535-ES: Spanisch

Teil 6: Notwendige Änderungen an der zahnmedizinischen Ausbildung an den Universitäten und bei anderen Teilnehmern der „Verteilungscoalition Zahnmedizin“

- 4526-DE: Deutsch
- 4527-EN: Englisch
- 4528-RU: Russisch
- 4529-SR: Serbisch
- 4530-FR: Französisch
- 4536-ES: Spanisch

ANZEIGE

Vorher

SIMPLADENT®

Drei Tage später



Nur im Rahmen einer Komplettsanierung mit Corticobasal® / BCS® Implantaten konnten hier alle Parameter der Kaufunktion erfolgreich korrigiert werden (Strategic Reset®).

SINGLE-PIECE IMPLANT

IMMEDIATE LOADING DENTAL SYSTEM

BCS®

CORTICOBASAL® IMPLANT

More information



www.implant.com



IHDEDENTAL 

Sie sind zu beschäftigt, um Ihre Zähne immer wieder zu sanieren?

Mehr als 99 % der Probleme in der Mundhöhle werden durch die Zähne verursacht und können mit traditioneller Zahnmedizin nicht gelöst werden. Daher ist es nur logisch, dass immer mehr Patienten es bevorzugen, ihre Zähne entfernen zu lassen und sofort dauerhafte, langlebige Implantate zu erhalten.

Unser Service für Sie:



Transfer vom Flughafen zur Praxis / Unterkunft



Ersatz Ihrer Zähne durch Implantate in einem Behandlungsschritt



Beide Kiefer können gleichzeitig behandelt werden, um eine bessere Ästhetik und Funktionalität zu erreichen

- **Standard-Behandlung:** Montag - Freitag
- **Express-Behandlung:** Donnerstag - Sonntag
- **Business-Express-Behandlung:** Freitag - Sonntag
und montags geht's weiter im Büro

Kontaktieren Sie uns für eine Beratung:

Telefon +41 55 293 39 10

WhatsApp +41 77 525 00 59

firstcontact@simpladent.ch



2015

SIMPLADENT®

2025

MONTENEGRO



Dieser Patientenfall wurde 2015 in der Simpladent®-Praxis in Budva, Montenegro (www.simpladent.me) behandelt. Das Knochenniveau um die Implantate herum ist nach 10 Jahren völlig unverändert. Verwendet wurden Kompressionsschrauben KOS® sowie Corticobasal® Implantate BCS®. Vertikales Knochenwachstum kann in beiden Kieferhöhlen beobachtet werden, ohne dass ein Sinuslift notwendig war. Dieses Knochenwachstum ergab sich durch die zunehmende Krafteinleitung in den Kieferknochen über die Implantate.

SINGLE-PIECE IMPLANT

IMMEDIATE LOADING DENTAL SYSTEM

TPG® UNO

CORTICOBASAL® IMPLANT

More information



www.implant.com



IHDEDENTAL