

Aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

Dissertation

Klinischer Methodenvergleich des
präimplantologischen Managements der Extraktionsalveole

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

J. Thomas Neisius
aus Saarbrücken

Datum der Promotion: 05.06.2016

Für Erna und Hermann und gegen das Vergessen,
für Virginie und unser Hier und Jetzt,
für Jeanne und Julien und alles, was es noch zu entdecken gibt.

Klinischer Methodenvergleich des
präimplantologischen Managements der Extraktionsalveole

Eine prospektive Studie aus den Jahren 2013 und 2014

Inhaltsverzeichnis

1	ABSTRAKT	3
2	EINLEITUNG	7
2.1	EPIDEMIOLOGIE	7
2.2	ÄTIOLOGIE UND PATHOGENESE.....	8
2.3	KLASSIFIZIERUNG	10
2.4	KLINISCHE METHODEN	14
2.4.1	Chirurgische Behandlungsmethoden.....	14
2.4.2	Untersuchungsmethoden.....	26
2.5	AUFGABENSTELLUNG	28
2.5.1	Nutzen der Alveolenerhaltungstechnik	28
2.5.2	Probleme der Alveolenerhaltungstechnik	28
2.5.3	Ziel der Untersuchung	28
2.5.4	Differentialtherapeutische Überlegungen.....	29
2.6	FRAGESTELLUNG.....	29
3	METHODIK.....	30
3.1	MATERIAL.....	30
3.1.1	Einschluss	30
3.1.2	Ausschluss	30
3.1.3	Aufbau	31
3.2	METHODE.....	32
3.2.1	Untersuchungs- und Behandlungsprogramm	32
3.2.2	Datenerhebung.....	33
3.3	ZIELGRÖßEN.....	34
3.3.1	Implantierbarkeit	34
3.3.2	Volumenerhalt.....	34
3.3.3	Komplikationsrate	34
3.3.4	Zeitlicher Aufwand	34
3.3.5	Finanzieller Aufwand	35
3.3.6	Rentabilität.....	35
3.4	DATENAUFBEREITUNG.....	35
3.4.1	Umfang	35
3.4.2	Aufbau	35
3.4.3	Untergruppen.....	36
3.5	STATISTISCHE AUSWERTUNG	37
3.5.1	Univariate Analyse.....	37
3.5.2	Statistische Tests.....	37
3.5.3	Hilfsmittel	38

4	ERGEBNISSE.....	39
4.1	VERTEILUNG UND HÄUFIGKEITEN.....	40
4.2	BEHANDLUNGSZIELE.....	46
4.2.1	Implantierbarkeit.....	46
4.2.2	Volumenerhalt.....	55
4.2.3	Komplikationen.....	61
4.2.4	Zeitlicher Aufwand.....	62
4.2.5	Finanzieller Aufwand.....	63
4.2.6	Rentabilität.....	65
4.3	STATISTISCHER VERGLEICH.....	66
4.3.1	Kollagenkegel mit Kontrollgruppe.....	66
4.3.2	Tuber-Os-Mukosa Transplantat mit Kontrollgruppe.....	69
4.3.3	Kollagenkegel mit Tuber-Os-Mukosa Transplantat.....	72
5	DISKUSSION.....	75
5.1	ALLGEMEINES.....	75
5.2	KLINISCHE RELIABILITÄT.....	76
5.2.1	Implantierbarkeit.....	76
5.2.2	Volumenerhalt.....	79
5.2.3	Komplikationen.....	84
5.3	PRAKTISCHE RELEVANZ.....	85
5.3.1	Zeitlicher Aufwand.....	85
5.3.2	Finanzieller Aufwand.....	85
5.3.3	Rentabilität.....	86
6	LITERATURVERZEICHNIS.....	87
7	ANHANG.....	97
7.1	LEBENS LAUF.....	97
7.2	PUBLIKATIONS LISTE.....	97
7.3	EIDESSTÄTTLICHE VERSICHERUNG.....	99
7.4	DANKSAGUNG.....	100

1 ABSTRAKT

Einleitung

Das Zahnfach unterliegt nach der Extraktion einer Atrophie mit Veränderung der Abmessungen. Alveolarfortsatz-erhaltende Maßnahmen sollen die Ausgangssituation bei der späteren Implantatsetzung verbessern. Das Ziel dieser randomisierten kontrollierten Studie ist die Bewertung des Nutzens zweier unterschiedlicher Socket Preservation Maßnahmen.

Methodik

120 Fälle von Zahnentfernungen in der ästhetischen Zone wurden stratifiziert randomisiert drei Studienarmen zugeteilt:

Eine Gruppe erhielt eine Verfüllung der Alveole mit einem porcinen Kollagenkegel und Abdeckung mit einer Membran.

Die andere Gruppe erhielt ein autogenes Composit-Transplantat aus Tuberknochen mit bedeckender Mukosa.

In der Kontrollgruppe erfolgte die Heilung durch Koagelbildung.

Der Grund des Zahnverlustes, die Lokalisation und die Defektsituation wurden dokumentiert und die Alveole vermessen.

Zur Einteilung der Defektsituation bei Extraktion und Implantation wird dafür ein funktionelles Klassifikationschema vorgeschlagen:

Bei Klasse I liegen alle Alveolenwände im physiologischen Bereich unter der gedachten Schmelz-Zement-Grenze.

In Klasse II sind eine bis drei Regenerationsflächen höhenreduziert.

In Klasse III ist die Alveolenhöhe insgesamt reduziert.

Nach 4 Monaten erfolgte eine Frühimplantation.

Zur Evaluation wurden die Implantationswahrscheinlichkeit, die Defektsituation, metrische Knochenrandveränderungen und die Notwendigkeit weiterer Knochenaufbauten betrachtet.

Die Kosteneffizienz der unterschiedlichen Maßnahmen wurde berechnet.

Ergebnisse

In der Kollagengruppe war die Implantationswahrscheinlichkeit nicht höher als in der Kontrollgruppe. Nur in Fällen mit Parodontitis marginalis profunda fand sich ein Vorteil, der statistisch nicht signifikant war.

Der Verlust von Alveolarfortsatzbreite konnte reduziert werden. Am offensichtlichsten war der stabilisierende Effekt durch Kollagenkegel im entzündlich veränderten Parodontalgewebe. Signifikanz wurde nicht erreicht.

Für den routinemäßigen Einsatz in allen Fällen zeigte sich eine negative Kosteneffizienz.

In der Gruppe mit autogenen Tuber-Os-Mukosa Transplantaten war die Implantationswahrscheinlichkeit signifikant höher als in der Kollagengruppe.

In den Untergruppen ohne Parodontitis marginalis profunda sowie in den Klassen I und III war die Implantationswahrscheinlichkeit allerdings nur gering erhöht.

Die klinische Breite wurde in allen Untergruppen mit Ausnahme der Klasse III signifikant verbessert.

Es zeigte sich eine positive Kosteneffizienz für den Patienten und eine ausreichende Profitabilität für den Behandler.

Schlussfolgerung

Für Klasse I Defekte ohne entzündliche Veränderungen ist eine natürliche Abheilung ausreichend. Bei entzündlichen Veränderungen des Parodonts reduziert ein Kollagenkegel oder ein Tuber-Os-Mukosa Transplantat den Breitenverlust.

Bei Klasse II Defekten verbessert ein Transplantat das Knochenangebot und die Implantationswahrscheinlichkeit.

Bei Klasse III Defekten können Socket Preservation Maßnahmen später notwendig werdende Knochenaufbauten nicht verhindern.

ABSTRACT

Objective

The alveolar ridge undergoes atrophy and dimensional changes subsequent to tooth removal. Preservation of the alveolar crest can enhance the surgical site before implant placement. The aim of this randomized controlled trial is to evaluate the benefits of two different socket preservation measures.

Methods

120 cases of tooth extraction in the esthetic zone were randomly assigned to three groups:

One test group received grafting of a porcine collagen cone covered with a membrane. The other test group received an autologous composite graft from bone of the maxillary tuberosity with its attached mucosa.

The control group underwent healing through blood clot formation.

The reason for tooth-loss, the localization and the defective situation of the sockets were recorded. The dimensions were measured.

In order to grade the defective situations in extraction and implantation sites, a functional classification scheme is proposed:

Class I means that all four walls of the socket reach the physiological height.

In class II cases, one to three walls of the host bone are diminished.

In class III, the whole alveolus shows a reduced height.

After 4 months of healing, early implantation was performed.

The evaluation included the implantation probability, the defective situation, marginal bone level changes and the need for additional augmentation procedures.

The cost-effectiveness of the different measures was calculated.

Results

In the group with collagen, implantation probability was less achievable as in the control group. Only cases with deep marginal periodontitis resulted in an advantage which was not significant.

The decrease in clinical width could be reduced with collagen. What was mostly obvious was the stabilizing effect in inflammatory periodontal tissue.

For a standard use in all cases, a negative cost-effectiveness was revealed.

In the group with autologous bone grafts, implantation was significantly more likely to be achieved.

Nevertheless, the results were only slightly superior in improving the implantation probability in cases of non-inflammatory tooth loss and class I and III defects.

Clinical width was significantly improved in all subgroups except class III defects.

There was a positive cost-effectiveness ratio for the patient and sufficient profitability for the practitioner.

Conclusion

For class I defects without inflammatory change natural healing is sufficient. With inflammatory changes in the periodontal tissue, a collagen cone or a Tuber-Os-Mucosa graft reduces width loss.

In class II defects the autograft improves the bone width and the implantation probability.

In class III defects, socket preservation measures cannot prevent future bone augmentation.

2 EINLEITUNG

Nach Extraktion eines Zahnes ist die sofortige Implantation oft nicht möglich oder ratsam. In einem meist infizierten Umfeld, häufig mit Defekten der Alveolenwand, Inkongruenz des Wurzelfaches mit dem Implantatkörper sowie nicht vorhersagbarer Resorptionsrate des Bündelknochens der vestibulären Lamelle ist in der Konsequenz die Sofortimplantation die Ausnahme.

Zumeist wird eine Konsolidierung der Alveole mit Weichgewebeausreifung nach 6 Wochen (verzögerte Sofortimplantation) oder Hartgewebeausreifung (Früh- und Spätimplantation: nach 3 bzw. 6 Monaten) abgewartet.

Dabei tritt die Problemstellung auf, dass bei fortschreitender Konsolidierung die Alveole zunehmend in Höhe und Breite kollabiert: Das ästhetische und funktionelle Ergebnis ist oft eingeschränkt oder eine Implantation ohne Augmentation nicht mehr möglich.

In wissenschaftlichen Publikationen und Empfehlungen der Dentalindustrie werden eine Vielzahl von verschiedenen Verfahren und Materialien angegeben, die nach Entfernung des Zahnes die Ausgangssituation für eine spätere Implantation verbessern sollen.

Mögliche Schwierigkeiten, die den Erfolg dieser Maßnahmen beeinflussen, ergeben sich dabei in Bezug auf die Technik des Operateurs, die Lokalisation des Gebietes, mögliche Infektionen der Alveole sowie auf Größe und Art eventueller Defekte.

2.1 Epidemiologie

Pro Jahr werden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 13 Millionen Zähne extrahiert (KZBV 2011).

Gleichzeitig wurden im Jahr 2010 schätzungsweise über 1 Million Implantate inseriert. In etwa der Hälfte der Fälle ist ein Aufbau von Gewebe nötig, um aus funktionellen Gründen eine gewünschte linguale und vestibuläre Knochendicke von ca. 2 mm über dem Implantatkörper sowie ein günstiges Implantat/Kronenlängenverhältnis zu erzielen (Suhr et al. 2011) sowie aus ästhetischen Gründen bis zu den zweiten Prämolaren im Oberkiefer eine adäquate Rot – Weiß Ästhetik zu realisieren (Hu et al. 2013).

Im eigenen Patientengut lag bei über 1000 Implantaten der Anteil von Knochenaufbaumaßnahmen durch einen vorgeschalteten separaten Eingriff bei 31%, im gleichen Eingriff bei 57%. Weichgewebeaufbauten waren in 6 % der Fälle nötig.

2.2 Ätiologie und Pathogenese

Knochen besteht zu 70 % aus modifiziertem Hydroxylapatit. Dieser mineralische Bestandteil verleiht ihm seine mechanische Festigkeit. Die verbleibenden 30 % entfallen auf Wasser und organische Bestandteile. Durch die faserartig organisierte extrazelluläre Matrix (Osteoid), vorwiegend Typ-I-Kollagen, erhält der Knochen seine Zugfestigkeit (Felsenberg 2001). Lediglich 2 % der Masse entfallen auf Zellen. Bei der desmalen Ossifikation scheiden Osteoblasten das Osteoid als unmineralisierte Knochensubstanz ab. Durch Mineralisierung entsteht Geflechtknochen, wobei 10-30 % der Zellen in die Knochensubstanz eingeschlossen werden und nun als Osteozyten über Zellfortsätze ein Netzwerk von Dehnungs- und Spannungssensoren bilden, das einen Umbau zu Lamellenknochen und ein funktionelles Remodeling der Knochenstruktur durch Osteoblasten und Osteozyten reguliert (Benner 2010).

Im Oberkiefer findet sich Geflecht-, im Unterkiefer überwiegend Lamellenknochen.

Der Geflechtknochentyp besitzt einen geringen Mineralgehalt und somit auch eine herabgesetzte mechanische Festigkeit. Er entsteht sowohl in der Entwicklung als auch bei der sekundären Frakturheilung und wird durch reifen Lamellenknochen ersetzt.

Bündel- und Faserknochengewebe sind eine Sonderform des Geflechtknochens, die ausschließlich im Bereich von Sehnen und Bändern gefunden werden. Er tritt im Bereich der Ansatzzonen des ligamentären Parodontiums auf (Schroeder 1987).

Der marginale Alveolarrand kann als ossifiziertes Band des Zahnhalteapparates angesehen werden und wird über dieses ernährt. Als Teil der Zahneinheit ist er ektodermaler Herkunft und wird nach der Entfernung eines Zahnes in Ermangelung einer physiologischen Funktion resorbiert, was einen kompletten Masseverlust dieses dünnen Abschnittes bedeuten kann und der bedeckenden Schleimhaut die Unterstützung entzieht (Friedmann 2007). Damit verkleinert sich der Knochendefekt, in dessen dreidimensionaler Begrenzung aus dem Blutkoagulum neuer Knochen entsteht.

Der erste, katabole Abschnitt der Latenz der Wundheilung beginnt nach Minuten mit der *Phase der Hämostase*. Thrombozyten bilden durch ein Fibrinnetzwerk das Koagel und aktivieren Fibroblasten. Die daran anschließende zweite, exsudative *Phase der Inflammation* nach wenigen Stunden bis zum dritten Tag ist gekennzeichnet durch erhöhte Durchlässigkeit des Endothels und dadurch ermöglichte Granulozytenmigration. Diese induziert mit chemotaktisch aktivierten Makrophagen die Phagozytose von

Gewebetrümmern und Bakterien. Durch die Freisetzung von Kollagenasen und Proteasen wird die Anheftung von Fibroblasten an Kollagen Typ 1 bewirkt.

Der folgende anabole Abschnitt unterteilt sich in die *Phase der Proliferation* mit Kollagenbiosynthese durch Fibroblasten und Angioneogenese durch Periozyten. Eine Woche danach beginnt die *reparative Phase*. Nach anfänglich verstärkter Kollagensynthese schrumpft das Gewebe durch Wasserentzug bis auf 30% und wird von den Rändern aus epithelisiert. Durch Aktivierung von Osteoblasten erfolgt zunächst die Ausbildung von Geflechtknochen vor der belastungsabhängigen Umformung zu Lamellenknochen Wochen später (Bauknecht und Boese-Landgraf 1992).

Die Kontraktionstendenz des Reparationsgewebes und des sich neu bildenden bedeckenden Epithels unterstützt dabei die Kollapsneigung der Alveole.

Hier, wie in der Parodontalchirurgie und der chirurgischen Behandlung der Periimplantitis, erfolgt die knöcherne Regeneration auf dem Niveau des knöchern begrenzten dreidimensionalen Hohlraums d.h. auf den Verbindungslinien der Ränder des intraossären Defektraums und nicht darüber hinaus (Schwarz et al. 2010).

Die Mesenchymzellen bilden darin den Granulationskallus, der durch Osteoidbildung zum Osteoidkallus wird. Durch funktionelle Belastung formt sich lamellärer Knochen.

Die Knochenbildung im Kallus wird unter anderem von der Knochenart, vom Alter, Allgemeinerkrankungen und Hormonstatus des Patienten sowie lokal durch die Schwere des Gewebetraumas, eventueller Verlust des Hämatoms, inadäquater Immobilisierung sowie möglicher Infektion beeinflusst (Jerosch et al. 2002).

Nach Abschluss der alveolären Wundheilung kommt es bei Nichtbelastung weiter zur Involutionsatrophie des Knochens (Atwood 1971). Diese anatomischen Veränderungen werden vom Weichgewebe begleitet (Cawood und Howell 1988), deren metrische Ausmaße zeitabhängig sind (Utz 1991). Hierbei verschiebt sich die Mukogingivallinie nach krestolingual. Im ersten Jahr gehen etwa 50% der Kammbreite und ca. 1 mm Höhe verloren, 60 % davon in den ersten 3 Monaten (Schropp et al. 2003). Die buccale Lamelle ist davon am stärksten betroffen (Tan et al. 2012; Hämmerle et al. 2012).

Zeit nach der Extraktion	Resorption (sagittal und anterior gemessen)	
	Unterkiefer (mm)	Oberkiefer (mm)
3 Wochen	ca. 2	ca. 1
3 Monate	ca. 4	ca. 2
1 Jahr	ca. 5	ca. 3
danach pro Jahr	0,2 – 0,1	0 - 0,5

Tabelle 1: Ausmaß der Resorption des Alveolarknochens (Utz 1991)

2.3 Klassifizierung

Basierend auf der Einteilungen von Atwood (1963), Fallschüssel (1986) sowie Cawood und Howell (1988) wurde auf dem 4th International Congress on Preprosthetic Surgery 1991 die unten beschriebenen Resorptionsklassen definiert (Terry und Zarb 1991).

Klasse I	bezahnt
Klasse II	Unmittelbar post extraktionem
Klasse III	Konvexe Kammform, ausreichend Höhe und Breite
Klasse IV	Messerscharfe Kammform, ausreichende Höhe, unzureichende Breite
Klasse V	Flache Kammform, unzureichende Höhe und Breite
Klasse VI	Ausgeprägte Basalbogenresorption

Tabelle 2: Klassifikation der Alveolarfortsatzresorption (Terry und Zarb 1991)

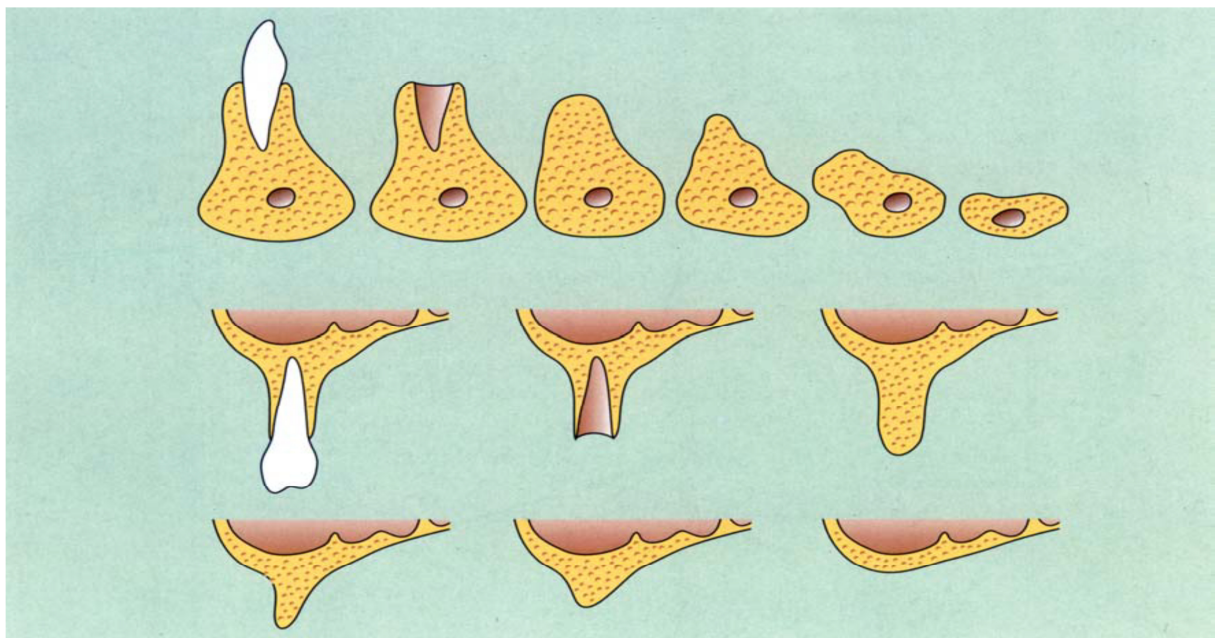


Abbildung 1: Darstellung der Knochenresorption (Cawood und Howell, 1988)

Zur Darstellung von Alveolendefekten kommen hier die Klassen II, III, IV und V in Frage, beschreiben sie jedoch nicht hinreichend.

Eine vereinfachte Einteilung in 3 Klassen findet sich bei Seibert (1983): Klasse I horizontaler Defekt; Klasse II vertikaler Defekt, Klasse III kombinierter Defekt.

Elian et al. (2007) unterscheiden 3 Klassen von Extraktionsalveolen ausschließlich nach der Höhe des bukkalen Hart- und Weichgewebes.

Klasse I	Erhaltene bukkale Lamelle auf Höhe des palatinalen Alveolenrandes
Klasse II	Weichgewebe bukkal erhalten bei reduzierter knöcherner Lamelle
Klasse III	Weich- und Hartgewebe bukkal reduziert

Tabelle 3: Klassifikation der Extraktionsalveole (Elian et al. 2007)

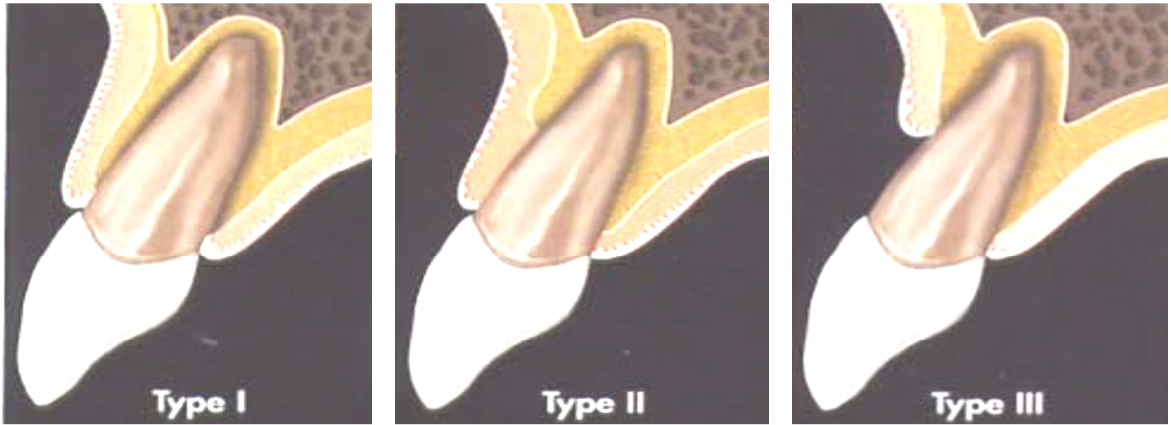


Abbildung 2: Klassifikation der Extraktionsalveole (Elian et al. 2007)

Als therapeutische Konsequenz wird für Klasse I keine erhaltende Maßnahme und für Klasse II die Einlage einer Membran ohne Periostablösung in die Alveole zur crestalen Abdeckung von einzubringendem Knochenersatzmaterial (KEM) empfohlen.

Für Klasse III wird ein mehrstufiger Hart- und Weichgewebeaufbau favorisiert.

Schwarz et al. (2007) klassifizieren Knochendefekte bei der Periimplantitisbehandlung und leiteten 2010 aus der unterschiedlichen Regenerationsfähigkeit nur für die intraossäre Defektklassen knochenbauende Behandlungsempfehlungen ab.

Klasse		
I	a	Vestibuläre Dehiszenz
	b	Vestibuläre Dehiszenz + semizirkumferentielle Resorption
	c	Vestibuläre Dehiszenz + zirkumferentielle Resorption
	d	Vestibuläre + orale Dehiszenz + zirkumferentielle Resorption
	e	Zirkumferentielle Resorption
II		Suprakrestales Defizit

Tabelle 4: Kategorien der Knochendefekte (Schwarz et al. 2007)

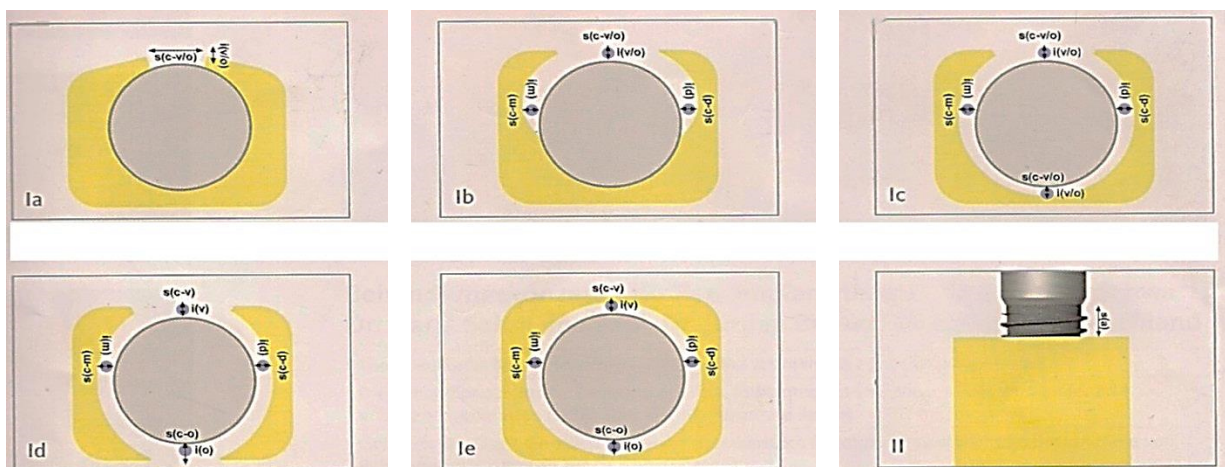


Abbildung 3: Darstellung der Knochendefekte bei Periimplantitis (Schwarz et al. 2007)

Prinzipiell kann also zwischen einem Dehiszenzdefekt innerhalb des knöchernen Envelope und einem konturformenden Defekt außerhalb des Envelopes unterschieden werden (Klein und Al-Nawas 2011).

Um sowohl die postextraktionelle Alveole als auch den präimplantologischen Alveolarfortsatz besser klassifizieren zu können, wird hier eine weitere Einteilung vorgeschlagen, die Elemente der Einteilung nach Terry und Zarb (1991) wie auch der Einteilung nach Schwarz (2007) integriert und Bezug zum Therapieentscheid nimmt:

Klasse	Subklasse		Therapieempfehlung
I	Höhe aller 4 begrenzenden Wände \leq 3 mm unter SZG		Socket Preservation (Einlagerung)
	a	apikale Fenestration	
	b	buccale Fenestration	
	c	orale Fenestration	
II	Alveolenhöhe von 1-3 Wände $>$ 3 mm unter SZG		Ridge Preservation (Anlagerung)
	a	approx. erhalten: buccaler + oraler Defekt	
	b	buccaler Defekt	
	c	oraler Defekt	
III	Alveolenhöhe aller Wände $>$ 3 mm unter SZG		Sekundärer Aufbau (Auflagerung)

Tabelle 5: Beschreibung der postextraktionellen Alveole bzw. des präimplantologischen Alveolarfortsatzes

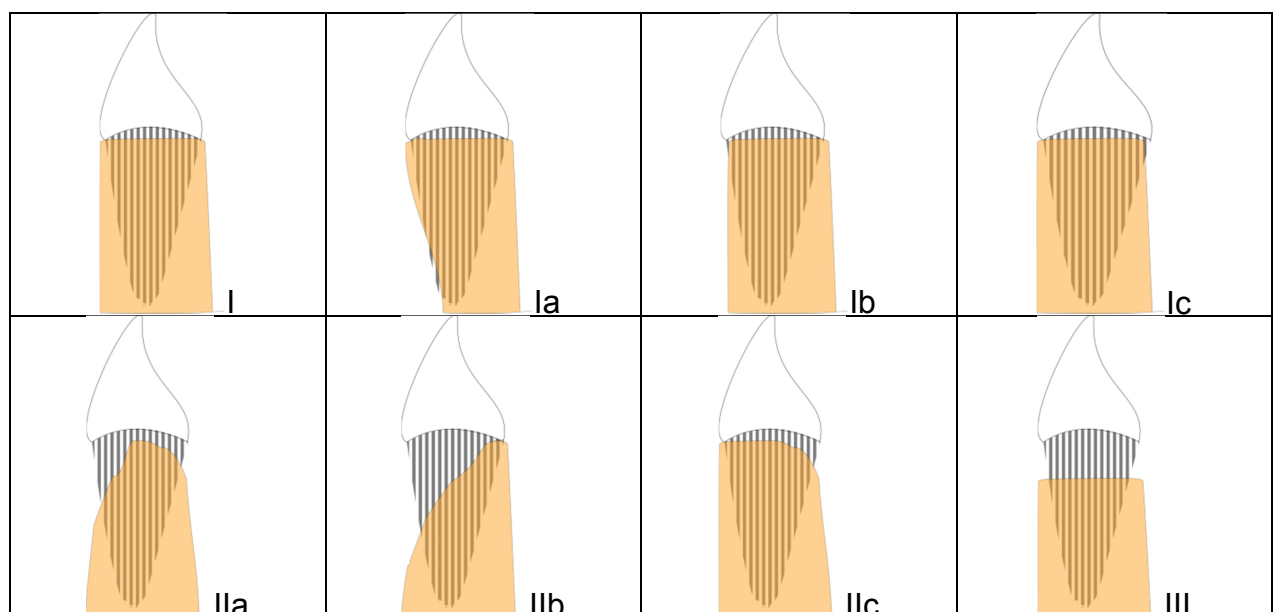


Abbildung 4: Zahn-/Implantattragender Alveolarfortsatz (eigener Vorschlag 2011)

Während Klasse I als Envelope-Defekt („intra-bony defect“) für eine Socket Preservation im Sinne einer Einlagerungsplastik und Klasse II als horizontal außerhalb des

skelettalen Rahmens gelegener Defekt („contained defect“) für eine konturgebende Ridge Preservation im Sinne einer Anlagerungsplastik geeignet sind, machen Maßnahmen zum Alveolenerhalt bei Klasse III (vertikaler Alveolarkammdefekt) nur Sinn, wenn statt einer sekundären absoluten Kieferkammerhöhung durch Auflagerungsplastik eine relative Kieferkammerhöhung durch Sinuslift oder Nervverlagerung unter Inkaufnahme einer längeren Krone angestrebt wird. Nicht nur das Kronen / Implantatverhältnis sondern insbesondere die Kronenhöhe ab 15 mm limitieren durch zunehmende prothetische Misserfolge diese Vorgehensweise (Nissan et al. 2011). Ebenso verweist der Leitfaden der BDIZ EDI (2011) darauf, dass in Bezug auf kurze und angulierte Implantate aufgrund der publizierten retrospektiven Erfahrungswerte und kurzen Beobachtungszeiten sowie fehlender Evidenz (Grad 3) der Goldstandard heute immer noch der Einsatz von Standardimplantaten im ggf. augmentierten Knochenlager ist.

In der Regel ist somit in Klasse III eine absolute Kieferkammerhöhung durch einen Knochenaufbau indiziert.

In Klasse I kann durch das tangential-horizontale Regenerationpotential eine komplette Ausheilung in 54 % bis 97 % erwartet werden, was bei diesen Defekten des „Dehiszenztyps“ den Einsatz von Füllmaterialien zur Stabilisierung rechtfertigen kann (Klein und Al-Nawas 2011).

Klasse II besitzt als konturformender Defekt mit nur einer unterstützender horizontalen Knochenwand ein geringeres Ossifikationspotential und wird wegen der erhöhten Komplikationsrate von Knochenersatzmaterialien bei diesen Defekten des „Fenestrationstyps“ am sinnvollsten und sichersten durch einen autogenen Knochenblock aufgebaut (Klein und Al-Nawas 2011, AWMF Leitlinie 2013).

Klasse III hat von basal ausschließlich vertikales Regenerationpotential, was bei zunehmender Defektgröße die separate Augmentation vor Implantation nahelegt, da die endgültige Knochenhöhe als Resultat von basaler ossärer Integration und crestaler Resorption schwer im Voraus abschätzbar ist und deutlich höhere Komplikationsraten birgt (AWMF Leitlinie 2013).

2.4 Klinische Methoden

Im Folgenden werden die in der Literatur beschriebenen Methoden dargestellt und mit den eigenen subjektiven Erfahrungen korreliert. Beides dient im anschließenden Abschnitt zur Konzipierung der Studienarme.

2.4.1 Chirurgische Behandlungsmethoden

Zunächst sollen die Wege von der Entfernung des erkrankten Zahns bis zum Implantatersatz dargestellt werden. Das gewünschte Ergebnis ist die anatomisch korrekte Stellung der Fixtur 2 bis 4 mm unter der Schmelz-Zement-Grenze (SZG) mit zirkulär 1 bis 1,5 mm bedeckendem Hartgewebe sowie, zur Vermeidung von Pumpeffekten, ca. 2 mm keratinisierte Gingiva um den Implantatsulcus (Neugebauer et al. 2008).

Limitierende Faktoren einer ungestörten Regeneration sind dabei:

- Nutrition
- Trauma und
- Inflammation

2.4.1.1 ALLGEMEINE PRINZIPIEN

Wie in der Tumorchirurgie wird auch in der septischen Chirurgie nach sicherer Entfernung der erkrankten Struktur ein funktioneller und ästhetischer Gewebeaufbau zur Funktionssicherung angestrebt: Parallel zur Therapie des pathologischen Befundes setzt die Rehabilitation an. Möglichst in der gleichen Sitzung beginnt nach ablativem Eingriff die anatomische Rekonstruktion, um dem Patienten weitere Eingriffe und Zeit zum Aufbau vor prothetischer Rehabilitation nach Möglichkeit zu ersparen und um zu einem besseren ästhetischen Ergebnis zu kommen.

Bei angestrebter Sofortversorgung sollte sichergestellt sein, dass durch das Verbleiben von pathologischen Reststrukturen das Transplantat weder durch die biologischen Strukturen noch durch eine notwendig werdende Nachoperation gefährdet wird.

Während in der Tumorchirurgie nach makroskopischen Erreichen eines „sauberen“ Wundrandes die dort als Indikator eingesetzten Schnellschnitte dann doch nur in rund 70% der Fälle auch mikroskopisch eine Randfreiheit diagnostizieren (Neisius 1998), fehlt in der septischen Chirurgie, zu der die Entfernung von beherdeten Zähnen gehört, ein solcher Marker zum Nachweis der Abwesenheit von Erregern, Entzündungszellen und Zytokinen. Dabei können verbleibende Erreger zu einer Infektion des

Knochenersatzmaterials oder Transplantates führen; Entzündungsgewebshormone sowie erniedrigter pH-Wert verhindern möglicherweise das Einheilen des Transplantates. Eine Konsolidierungszeit von zwei und mehr Wochen vor aufbauenden Maßnahmen wird in solchen Fällen empfohlen (Misch et al. 1999), jedoch kann auch noch nach vier bis acht Wochen in bis zu 50% der Fälle histologisch eine fibrinolytische Restalveolitis nachgewiesen werden (Lestiboudois und Terheyden 2014).

2.4.1.2 ZAHNENTFERNUNGSTECHNIKEN

Ziel der Zahntfernung ist die gründliche Entfernung des erkrankten Gewebes bei maximaler Schonung und geringstmöglicher Traumatisierung des nicht befallenen Hart- und Weichgewebes. Zirkulations- und Diffusionsstörungen sowie übermäßige Ausschüttung von entzündungsprozessstimulierenden Gewebshormonen sollen so vermieden werden (Quayle 1990).

Die traditionellen Extraktionstechniken wie

- Zangenextraktion mit gezieltem Aufdehnen des Alveolenfaches nach vestibulär
- Hebelextraktion mit intraligamentärer Druckerhöhung
- Osteotomie mit gezieltem Abtragen von Hartgewebe

kommen insbesondere bei einer Deperiostierung durch Aufklappung wegen der nachfolgend erhöhten Resorptionsrate (Araújo et al. 2005) nicht in Frage.

Schonender sind Verfahren wie diese (Herrera et al. 2001, Levitt 2001):

- scharfes Lösen des Ligamentes durch Periotom oder 11er Skalpell
- axialer Zug durch Benex-Luxator oder eingedrehte Wurzelkanalinstrumente
- intraalveoläres Zerteilen der Wurzel und Implodieren der Fragmente

Von Hürzeler (2010) wird die Socket-Shield-Technik mit Belassen der Wurzeloberfläche und den inserierenden Fasern zum Erhalt des alveolären Rahmens beschrieben.

2.4.1.3 ALVEOLENERHALTUNGSVERFAHREN

Mit der Einblutung in den Defektraum besiedeln die Vorläuferzellen der Osteoblasten die Alveole. Ein stabiles Koagel in der Alveole wird zunächst bindegewebig organisiert und bildet die Matrix zur Osteoidbildung. Dünner lamellärer Knochen wird aufgrund fehlender Nutrition resorbiert. Nicht unterstütztes Weichgewebe fällt ein und zieht sich zusammen. Das führt zu einem kleineren Innenraum für die zu bildende Knochenmatrix. Ziel der erhaltenden Maßnahmen ist das Verhindern des Kollapses der Alveole und der folgenden Involution. Man kann analog zur Implantation sofort, verzögert sofort und spät rekonstruieren (Terheyden 2006).

In der Zeit zwischen Zahnentfernung und Implantation unterscheidet man von der

- offenen Koagelheilung, die die Alveole der natürlichen Abheilung überlässt

die Sofortrekonstruktionsarten:

- Socket Preservation, die das Koagels durch Fremdmaterialien stabilisieren will
- Socket Seal, die das Koagel durch Verschließen der Alveole stabilisieren will
- Ridge Preservation, die den knöchernen Alveolenrahmen wieder aufbauen soll

Eine Stabilisierung des Koagulums in dem Knochendefekt kann durch Abdeckung der Alveole durch Weichgewebetransplantat oder Membranen sowie autogenen, allogenen, xenogenen oder alloplastischen Materialien angestrebt werden (von Arx et al. 2001) und wirkt einem oberflächlichen Verlust durch bakterielle Besiedelung entgegen. Die füllenden Stoffe stützen ihrerseits die Abdeckung der Alveole und verhindern einen Kollaps des Defektlumens (von Arx und Buser 2006). Knochenblocktransplantate, partikulierter autogener Knochen und Knochenersatzmaterialien finden Verwendung, um zusätzliches Knochenvolumen an einer defizitären Stelle des Alveolarkamms zu gewinnen. Alloplastische Materialien sollen osteokonduktiv sein, während autogenen Knochentransplantaten osteoinduktive Potenz zugesprochen wird.

Osteoinduktion bedeutet, dass das Transplantat die Differenzierung von Zellen zu Osteoblasten im Gewebe initiiert (Zerbo et al. 2003, Jensen et al. 2006).

Osteokonduktion hingegen stellt lediglich ein biologisch optimiertes Gerüst dar, das in Kontakt mit einer exponierten Knochenoberfläche von den Vorläuferzellen aus dem Knochen bewandert und besiedelt werden kann (Friedmann 2007).

Keine Alveolenerhaltungstechnik kann bislang die Schrumpfung gänzlich verhindern; bei der Füllung der Alveole scheint sie jedoch geringer auszufallen (Fickl et al. 2008) und kann Folgebehandlungen reduzieren oder gar ersetzen (Schmidlin et al. 2004).

Ob einige Materialien oder Techniken anderen überlegen sind, kann gegenwärtig in der Studienlage nicht festgestellt werden (Weng et al. 2011, Vignoletti 2012). Für eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, ein Implantat setzen zu können, gibt es bislang keine Evidenz (Darby et al. 2009).

2.4.1.3.1 Offene Koagelheilung

Kommt es zur Resorption des vestibulären Lamellenknochens sinkt die knöcherne Regenerationslinie nach vestibulär ab. Das Epithel tendiert zur Verkleinerung und zum Abdecken der Wundfläche durch zentripetales Wachstum mit Einziehung des Weichgewebes und verkleinertem Regenerationsinnenraum. Da auch das sich organisierende Koagel eine Kontraktionsneigung besitzt, resultiert eine geringere

Menge des neu gebildeten Hartgewebes. In der Folge kommt es zum quantitativen Verlust der dem Knochen straff anliegenden Gingiva propria (Misch et al. 1999). Findet zusätzlich ein Koagelzerfall durch Ausspülen und Keimbesiedelung statt, resultiert eine langsame Sekundärheilung aus der Tiefe mit hoher Resorptionsrate.

2.4.1.3.2 Gedeckte Heilung

Ziel der Abdeckung des Regerationsraumes ist es, die Matrix vor chemischen, physikalischen und bakteriellen Noxen zu schützen, die Penetration von Epithelzellen in die Alveole zu verhindern und die Epithelschrumpfung zu vermeiden. Das Koagel wird dabei mit einem Pontic nach dem „Cervical Contouring Concept“ (Bichacho und Landsberg 1994), ortsfremder Mukosa oder Membran abgedeckt.

2.4.1.3.3 gestielte Lappen

In der rekonstruktiven Chirurgie werden sichere Ergebnisse mit breit gestielten Lappen erzielt, sofern das Verhältnis Breite zu Länge nicht 1:3 unterschreitet (Schubert 2012).

In der Oralchirurgie ist der Dehnungslappen nach Rehrmann gebräuchlich:

Der vestibulär breit gestielte Mukoperiostlappen mit basaler Periostschlitzung gewährleistet eine sichere Versorgung, bringt allerdings eine Verschiebung der mukogingivalen Grenzlinie und damit eine Vestibulumverstreichung mit sich.

Ein Breiten-Längenverhältnis von 1:6 kann durch die Einbeziehung eines definierten Gefäßbündels erreicht werden wie bspw. im palatinal gestielten Gaumenlappen:

Mit diesem Bindegewebelappen wird neben einer sicheren Versorgung auch eine gewünschte Weichgewebevermehrung crestal und vestibulär erzielt. Der medial an der A. incisiva gestielte Lappen (s.u.) führt aber auch zu einer unerwünschten palatinalen Weichgewebevermehrung durch Stieldoppelung. Eine distal gestielte Variante ohne Doppelung stellt der palatinal Rotationslappen dar (Nemcovsky et al. 2000). Eigene Versuche mit einem palatinalen Ausklapplappen (als umgekehrter Rolllappen von palatinal) wurden wegen hoher Misserfolgsrate wieder eingestellt.



Abbildung 5: Socket Preservation mit Weichgewebeaufbau durch palatinal gestielten Bindegewebelappen

2.4.1.3.3.1 freie Transplantate

In der rekonstruktiven Chirurgie werden freie Transplantate durch Überknüpfverbände in das Transplantatbett zur Vermeidung isolierender Koagel gedrückt. Die Ernährung der eher großen und möglichst dünnen Transplantate erfolgt durch Diffusion vorwiegend über die Unterfläche und nur marginal über die seitliche Kontaktfläche.

In der Oralchirurgie verschließt das als „Socket Seal Surgery“ (Landsberg und Bichacho 1994) bekannte Verfahren nach Umschneidung des epithelialen Sulcusrands die intakte Alveole mit einem passgenauen Schleimhautpunch vom Gaumen.

Nach Adaptation der Ränder erfolgt die Ernährung der zumeist kleinen und dicken Transplantate ausschließlich peripher über die seitliche Kontaktfläche.

Bei einem angenommenen Durchmesser einer Alveole von 8 mm und 2 mm Schleimhautdicke ergibt sich ein zu versorgendes Volumen ($A \times h = \pi r^2 \times h$) von $100,48 \text{ mm}^3$ bei einer Diffusionsfläche ($U \times h = 2\pi r \times h$) von $50,24 \text{ mm}^2$. Der Quotient für dieses freie Transplantat zu seiner versorgenden Fläche beträgt somit 2:1.

Das gleiche Transplantat in der rekonstruktiven Chirurgie in einem Transplantatbett besitzt eine Diffusionsfläche von 100,48 (Grundfläche + Rand: $A + U \times h$) und somit einen Quotienten von 1:1.

Trotz des ungünstigen Ernährungsquotienten finden sich in der Literatur mit 43 % vitaler Einheilung (Tal 1999) nicht nur die erwarteten niedrigen sondern auch erstaunlich hohe Erfolgsraten und gute Fallbeschreibungen (Jung et al. 2004, Bolz et al. 2010).

Eigene Erfahrungen mit einem Schleimhautpunch des Gaumens in der Vorstudie führten in allen Fällen (8/8) zum Verlust.

Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Transplantatüberlebenschancen liegt in der Vergrößerung der Diffusionsfläche durch Verwendung eines kombinierten Bindegewebe-Schleimhaut-Transplantats mit Einschlagen der subepithelialen Komponente in einen Spaltlappen (Stimmelmayer 2010) oder eines kombinierten Bindegewebe-Knochen-Transplantats (Misch et al. 1999).

In der eigenen Vorstudie erfolgte die Diffusionsflächenvermehrung durch Vergrößerung der seitlichen Anlagerungsfläche zunächst durch das Einbringen eines durchschnittlich 4 mm dicken Bindegewebe-Patches vom fibrösen Tuber, was zu einer Verbesserung der Überlebenschancen auf 30% (7/10) führte. Später erfolgte das Einbringen von im Mittel 8 mm dicken kombinierten Os-Mukosa-Transplantaten der retromolaren, der interforaminären und der Tuberregion, was die eigene Erfolgsrate auf 78% (7/9) steigerte. (Siehe Seite 22)

2.4.1.3.3.2 Membranen

Zur Guided Bone Regeneration (GBR) kann eine nicht resorbierbare oder eine resorbierbare Membran über einen Knochendefekt eingebracht werden um ihn effektiv nach außen abzugrenzen. Eine solche Membran deckt den Regeationsbereich ab und verhindert einen direkten Kontakt zwischen den Fibroblasten aus dem Weichgewebe und dem Defektinneren (Dahlin et al. 1989). Man unterscheidet resorbierbare und nicht resorbierbare Membranen:

Bei der synthetischen, nicht resorbierbaren Membran aus PTFE (Polytetrafluoräthylen) ist ein primärer Wundverschluss nicht notwendig; Sie ist verformbar und bioinert. Die Membran ist als Wundabdeckung ausreichend und kann oral exponiert bleiben. Nach drei Wochen wird sie entfernt. PTFE-Membranen galten lange Zeit als Goldstandard (Buser et al. 1993). In der eigenen Vorstudie kam es in 33 % (2/6) zu Dislokationen durch die Rückstellkraft der Membran.

Galten resorbierbare Kollagenmembranen tierischen Ursprungs (porcin, equin) lange Zeit wegen schneller Keimbesiedelung als nicht oral exponierbar (Wang et al. 1994), so werden sie in den letzten 10 Jahren verstärkt in der Alveolenaugmentation eingesetzt. Dabei entscheidet die Degradationskinetik bei Exposition der Dermis-, Sehnen- oder Pericardmembran sowie deren mögliche Quervernetzung über die Dauer des Schutzes für das Koagel und ggf. das Augmentationsmaterial vor Besiedelung durch kollagenasebildende Keime aus dem Mundraum und die Barrieredauer für Fibroblasten. Um einen Prolaps der resorbierbaren Membran zu verhindern, empfiehlt sich im Gegensatz zu nicht resorbierbaren Membranen der Einsatz von Knochen oder KEM als Stütze (Strietzel et al. 2006). KEM mit Membran führt dabei zu einer höheren Position des gingivalen Rands als die Membranabdeckung allein (Esposito et al. 2006). Die Schrumpfungstendenz des Weichgewebes kann bis zum Abschluss der Epithelisierung jedoch nicht verhindert werden (Terheyden 2006).

2.4.1.3.4 Koagelstabilisierung und Substitution

Autogene, allogene, xenogene oder alloplastische Materialien können als füllende Stoffe die Abdeckung der Alveole stützen und einen Kollaps des Defektlumens verhindern (von Arx und Buser 2006). Sie dienen sowohl als Platzhalter als auch als osteokonduktive Leitstruktur und unterstützen die Knochenbildung von den Defektwänden hin zum Defektzentrum (Ruffieux und Köhli 2010).

2.4.1.3.4.1 Kollagen

Kegelförmiges, natives porcines Kollagen mit hämostyptischer Wirkung soll zur gezielten Wundheilung durch Koagelstabilisierung, Schrumpfungsverringering und Stützung von Weichgewebe in der Extraktionsalveole beitragen. Eine oberflächliche Schicht Kollagen schützt das Darunterliegende vor bakterieller Besiedelung (Terheyden und Ighaut 2006). Dabei wird die Blutgerinnung durch Thrombozytenaktivierung unterstützt (Rothamel et al. 2006), der Wachstumsfaktor PDGF ausgeschüttet und der Mineralisierungsanteil nach Kollagenapplikation erhöht (Cardaropoli et al. 2005).

In den eigenen Vorversuchen kam es mit verschiedenen Produkten in 46 % (18/39) zu Misserfolgen, die partiell sogar zu einer Verschlechterung der Ausgangssituation durch die Ausbildung einer Dry Socket bzw. Alveolitis führten. Durch die Abdeckung mit einer Lage Kollagen konnten Infektionen und Verluste verringert werden.

2.4.1.3.4.2 Knochenersatzmaterial

Knochenersatzmaterialien (KEM) in partikulärer oder Blockform sollen neben der Abstützung der Bedeckung zusätzliches Knochenvolumen an der defizitären Stelle der Alveole gewinnen. Sie sind osteokonduktiv, und somit ein biologisches Gerüst, das in Abhängigkeit von der Kontaktfläche des exponierten Knochens von den Vorläuferzellen aus diesem Knochen bewandert und besiedelt wird und in der Folge substituiert werden kann (Friedmann 2007).

Schmid et al. (1997) finden bei bovinem Hydroxylapatit insbesondere in der Frühphase eine verstärkte Knochenneubildung, die sich allerdings nach zwei Monaten der natürlichen Knochenneubildung im Koagel angleicht. In anderen Studien zeigt sich die Knochenbildung mit KEM geringer bzw. verspätet (Diès et al. 1996; Araújo et al. 2009). Immunreaktionen und die Übertragung von Prionen sind bei allogenen und xenogenen Knochentransplantaten prinzipiell möglich (Jerosch et al. 2002).

Neben den xenogenen, allogenen und synthetischen Hydroxylapatiten kommen auch β -Tricalciumphosphate sowie weitere Stoffe und Stoffgemische wie beispielsweise bioaktive Gläser oder Kalziumsulfat zur Anwendung, die in den unterschiedlichen Applikationsformen auch in Kollagen eingebettet sein können und teilweise aushärten.

Erhöhte Infektionsneigung und längere Heilungszeit bei der Verwendung von KEM im Vergleich zu autogenen Transplantaten werden beobachtet (Terheyden 2011). Bei nicht- oder schwer resorbierbaren KEM kann es zu bindegewebigen Einscheidungen kommen (Carmagnola et al. 2003) und damit das Risiko einer ausbleibenden Regeneration und

später einer ausbleibenden Implantatintegration erhöhen (Neugebauer et al. 2008). Während die Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK (2005) die Abdeckung von KEM mit einer Membran empfiehlt, wird dies von einigen Autoren wegen der notwendigen Manipulation des Weichgewebes abgelehnt (Happe 2007).

Angaben zur Knochenbildung in KEM sind widersprüchlich: Während Shakibaie (2009) schon nach 3 bis 4 Monaten verknöchertes KEM zur Implantation vorfindet, berichten Araújo und Lindhe (2009) auch nach 6 Monaten von keiner erhöhten Knochenneubildung, jedoch von einer besseren Kontur und vom Profilerhalt des Alveolarfortsatzes.

In der Vielzahl der von der Industrie angebotenen Produkte kamen in den eigenen Vorstudien verschiedene bovine (Bio Oss[®], NuOss[®]) und synthetische Hydroxylapatite (Nano Bone[®], Maxresorb[®]) in granulärer und Blockform sowie selbstaushärtendes β -Tricalciumphosphat (Easy-graft[®]) zur Anwendung. In 75 % (15/20) der Fälle ergaben sich erhebliche Komplikationen durch partikulären Verlust, Infekte und sulziges Granulationsgewebe und wurden daher ohne Abdeckung nicht mehr durchgeführt.

2.4.1.3.4.3 Eigenknochen

Dem Einbringen eines Autografts wird osteoinduktive Wirkung, also die Fähigkeit zum Umwandeln undifferenzierter mesenchymaler Vorläuferzellen zu Osteoprogenitorzellen mit nachfolgender Osteogenese, zugeschrieben (Smeets et al. 2014). Neben der identischen organischen und anorganischen Knochenstruktur werden Osteozyten und Wachstumsfaktoren gleich mit eingebracht, sofern die extrakorporale Lagerung in NaCl eine kritische Zeitgrenze von drei Stunden nicht überschreitet (Puranen 1966).

Die Komplikationsrate von autogenem Knochen im Empfängerbett ist im Vergleich zu Knochenersatzmaterialien geringer, Histokompatibilitätsprobleme sind ebenso wie eine Übertragung von Krankheiten ausgeschlossen (Jensen et al. 1998). Hier unterliegt es einem raschen „creeping substitut“ durch Abbau und Ersatz, der bereits nach 4 Wochen beobachtet werden kann (Goldberg und Akhavan 2005). Die induktive Qualität von autogenem, rein kortikalem Knochen ist allerdings umstritten (Zerbo et al. 2003, Jensen et al. 2006). Es finden sich auch Beobachtungen, dass xenogene, allogene und autogene Knochentransplantate die Alveolenheilung gleichermaßen behindern können (Becker et al. 1998) bzw. weder fördern noch behindern (Araújo und Lindhe 2011).

In den eigenen Vorversuchen kam es zu unterschiedlichen Erfolgsraten in Abhängigkeit des Knochenentnahmeortes. Während bei der Transplantation von vorwiegend

kompakter Struktur aus dem Unterkiefer (Kinn, Kieferwinkel und die bei Wurzelspitzenresektionen gewonnenen Knochendeckel) es nur in 43% zu einem Einheilen kam, wurde bei der Transplantation von vorwiegend spongiösem Oberkieferknochen (Tuber) in allen Fällen zumindest ein Teilerfolg erzielt. In nur 27 % (3/11) kam es zu einem Teilverlust. Als Sonderform des Autografts wurde hierbei ein Composit Graft (Hart und Weichgewebe) verwandt, das mit Hilfe eines Trepanbohrers als zusammenhängendes Tuber-Os-Mukosa (TOM) Transplantat gehoben wurde.

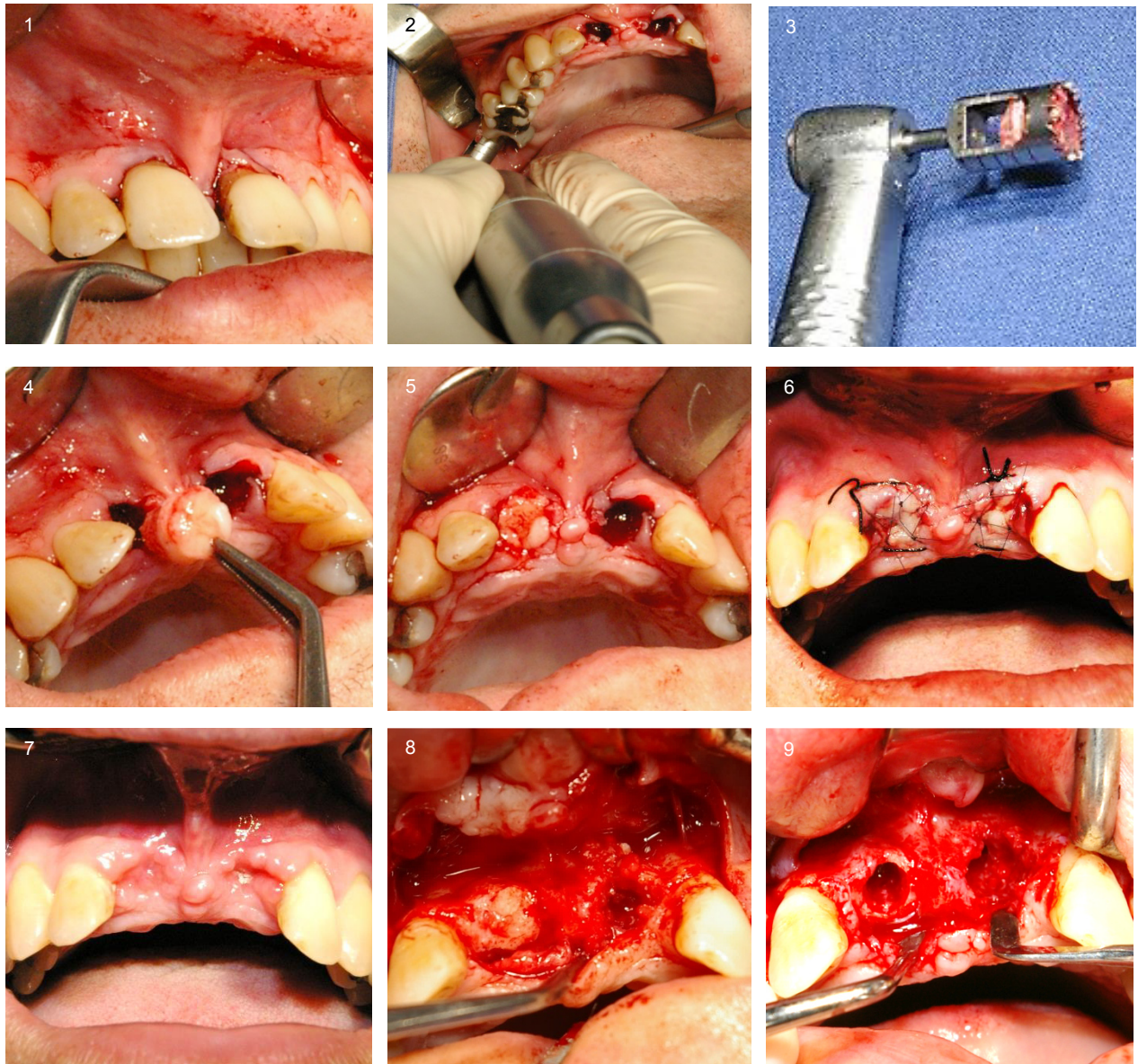


Abbildung 6: Tuber-Os-Mukosa-Transplantat 11 und Tuber-Patch mit KEM 21

- 1: Ausgangsbefund 11, 21 mit Parodontitis marginalis profunda, Trema und schmaler keratinisierter Gingiva
- 2: Nach Exzision 11, 21: Gewinnung eines kombinierten Tubertransplantates re. (sowie eines einfachen Tuber-BGW Patches li.)
- 3: gehobenes Tuber-Os-Mukosa Transplantat
- 4: Einbringen des Transplantates in die Alveole 11
- 5: Transplantat 11 in situ (Alveole 21: Verfüllung mit Knochenersatzmaterial und Verschluss mit Bindegewebe)
- 6: Fixation und Kompression mit gekreuzter Tabakbeutelnaht und Adaptation mit Einzelknopfnähten eine Woche post-OP
- 7: Einheilung 11; zentrale Nekrose 21 mit punktuell freiliegendem Knochenersatzmaterial
- 8: Darstellung des Hartgewebes bei Reentry zur Implantatsetzung: unzureichende Konsolidierung regio 21
- 9: fertige Implantatstollen: Setzung 11 ohne weiteren Aufbau; 21 nur mit lateraler Augmentation möglich

2.4.1.4 SEKUNDÄRER HARTGEWEBEAUFBAU

Lassen Abbauvorgänge und Involution keine vollständige Insertion in den ortsständigen Knochen mit zirkulär 1,5 mm Knochenbreite (Tarnow et al. 2000) zu, müssen Maßnahmen zum Aufbau als „Site development“ getroffen werden.

Voraussetzung einer verzögerten Sofortrekonstruktion ist eine abgeheilte Weichgewebebedecke. Sie kann mit der Implantatsetzung simultan durchgeführt werden. Die Spätrekonstruktion wartet auch die Heilungsvorgänge des Hartgewebes ab (Terheyden 2006).

2.4.1.4.1 Periimplantärer Aufbau

Gelingt eine primärstabile Insertion, kann zeitgleich das Knochendefizit ausgeglichen werden. Dies kann nach etwa 6 Wochen geschehen.

Die einfachste Form stellt dabei die laterale Augmentation mit partikulärem KEM und Membran da, wenn die Knochenbreite nur an einer Seite nicht ausreichend ist und das Weichgewebe durch die noch vorhandenen ortsständigen Knochenwände gestützt wird. Fehlt mehr als eine Knochenwand, muss das bedeckende Weichgewebe zusätzlich gestützt werden. Dazu bedarf es eines formgebenden, fixierten Aufbaus durch ein Knochentransplantat zur Verschalung.

Als Verschalungen bei Implantatsetzung mit ortsnahem Knochen haben sich in der eigenen Praxis im Oberkiefer Transplantate aus der Crista cygomatico-alveolaris und der Spina nasalis, im Unterkiefer Halbtrepäne aus Kinn und Kieferwinkel bewährt.



Abbildung 7: fixiertes Spina-Nasalis-Transplantat bei Implantatsetzung

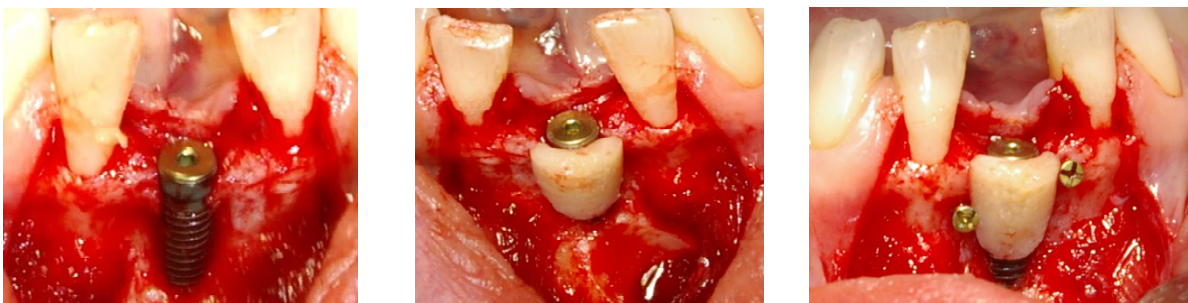


Abbildung 8: fixiertes Kinn-Halbtrepän-Transplantat bei Implantatsetzung

2.4.1.4.2 Präimplantärer Aufbau

Gelingt keine primärstabile Insertion mit dem vorhandenen Knochenangebot, muss das Lager durch einen vorgeschalteten separaten Eingriff verbessert werden.

Dabei sollte ein angestrebtes Kronen-Implantatverhältnis von 1,2-1 nicht unterschritten werden; Ab einer Kronenlänge von 15 mm ist trotz Verblockung mit Bruch der Abutmentschraube und Verlust der Sekundärstruktur zu rechnen (Nissan et al. 2011).

Bei den formgebenden Knochenaufbauten ermöglicht ein fester Platzhalter (auto-, xeno-, allogen oder synthetisch) das Freihalten des Regenerationsraumes und damit einen Aufbau von Höhe und Breite (Friedmann 2007).

Den limitierenden Faktor für Aufbauten mit Knochenersatzmaterial stellt dabei die Angiogenese dar, die von der Knochenunterlage ausgeht und nur wenige Millimeter erreicht. Biomaterialien, die von der Regenerationsfläche mehr als 4mm entfernt sind, werden in der Regel nur narbig eingeheilt (Terheyden 2015).



Abbildung 9: 3D Verschalungsaufbau mit Eigenknochen nach Höhen- und Breitenverlust durch misslungene Socket Preservation
Links: bindegewebig eingeschickenes KEM (Easy Graf®); Mitte: Aufbau crestale Lamelle; Rechts: vestibuläre Verschalung

2.4.1.5 SEKUNDÄRER WEICHGEWEBEAUFBAU

Ein Weichgewebeaufbau vor dem Hartgewebeaufbau kann die Deckung des augmentierten Bereichs erleichtern und / oder einen dünnen Gingivatyp in einen dicken überführen (Stimmelmayer et al. 2010). Dazu kann das freie Bindegewebetransplantat als auch das gestielte palatinale Bindegewebetransplantat dienen. Die Dilatation des Weichgewebes mit osmotischen Expandern ist möglich (von See et al. 2010). Freie Schleimhauttransplantate nach Knochenaufbau und Implantation können zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva sinnvoll werden (Cairo et al. 2008).

2.4.1.6 IMPLANTATION

Der Implantationszeitpunkt lässt sich in vier Gruppen unterteilen (Hämmerle et al. 2004):

2.4.1.6.1 Sofortimplantation

Bei der Sofortimplantation füllt das Implantat die Alveole weitgehend aus. Der verbleibende „Jumping gap“ verfüllt sich bis 1 mm durch Koagel und Knochenbildung.

Die Resorption des „Bundle Bone“ kann nicht verhindert werden; die Resorption der buccalen Lamelle ist daher nicht sicher voraussagbar. Insbesondere bei dünnem Gingivatyp und im ästhetisch relevanten Bereich sollte daher davon Abstand genommen werden (Araújo et al. 2005). Bei kumulierten Misserfolgsraten von ca. 9 % (Rocci et al. 2003) zählt das einzeitige „single-step“ Vorgehen nicht als Routineverfahren (Cochran et al. 2004) und wird eher für den Prämolarenbereich empfohlen (Hämmerle et al. 2012).

2.4.1.6.2 Verzögerte Sofortimplantation

Die verzögerte Implantation mit vollständiger Weichgewebeabheilung nach ca. 6 Wochen wartet als „staged approach“ die initialen Veränderungen ab und ermöglicht durch eine abgeschlossene Weichgewebeheilung die Deckung von aufbauenden oder verstärkenden Maßnahmen.

Eingebrachte Knochenersatzmaterialien stören in der Frühphase die Wundheilung und führen zu einer verminderten Menge neu gebildeten Knochens (Araújo et al. 2009).

2.4.1.6.3 Frühimplantation

Nach Abschluss der Umbauvorgänge mit Knochenregeneration drei bis vier Monate post extractionem findet eine Frühimplantation statt, die eine weitere Involutionstrophie verhindern soll. Gleichzeitige Knochenaufbauten können dabei durchgeführt werden.

Die Wahrscheinlichkeit einer Alveolarkammaugmentation bei der Implantation ist etwa 5-mal häufiger, wenn bei der Extraktion keine Maßnahmen zum Alveolenerhalt getroffen wurden (Weng et al. 2011).

2.4.1.6.4 Spätimplantation

Wird erst nach vollständigem Ausheilen zu einem Zeitpunkt mehr als sechs Monate nach der Zahnentfernung implantiert, spricht man von einer Spätimplantation.

Aufbauende Maßnahmen zur räumlich korrekten Positionierung der Implantate werden in der Regel notwendig; oftmals auch als separater Eingriff vor der eigentlichen Implantatsetzung.

2.4.2 Untersuchungsmethoden

Zur Darstellung der Quantität und Qualität von Hart- und Weichgewebe bei Implantation können klinische Vermessung, radiologische Darstellung und histologische Beurteilung verwandt werden.

2.4.2.1 KLINISCHE METHODE

Mit einfacher Millimetersonde können die Grundparameter wie Alveolenbreite, -länge und -tiefe, Defektausdehnung sowie nach Verbindung der Schmelz-Zement-Grenze (SZG) der Nachbarzähne die Lage der Alveole unter dieser SZG bestimmt werden.

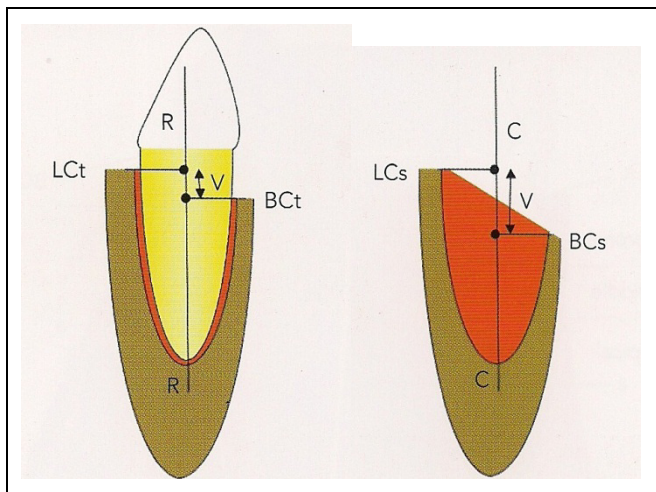


Abbildung 10: Bestimmung der Lage der lingualen (LCt) und buccalen Lamelle (BCt) unter SZG, Alveolentiefe und vestibulärer Defekt (V) durch Resorption der buccalen Lamelle (BCs) (Araújo et al. 2008)

2.4.2.1.1 Alveolarfortsatzmesszirkel

Ein dreidimensionaler Alveolarfortsatzmesszirkel mit zusätzlichem crestalem Taster (Zepf, Seitingen) ermöglicht die Bestimmung der Knochenbreite in einer definierten Tiefe vom crestalen Rand.

2.4.2.1.2 Messsonde mit Stopper

Durch die Verwendung einer spitzen Sonde mit Wurzelkanalinstrument-Gummistopper kann die Dicke der bedeckenden Schleimhaut bestimmt werden.

Die Verwendung dieser Stopper ist auch mit dem dreidimensionalen Alveolarfortsatzmesszirkel möglich.

2.4.2.2 RADIOLOGISCHE METHODE

2.4.2.2.1 Panoramaschichtaufnahme

Das klassische Orthopantomogramm liefert mit einem genormten Referenzkörper wie Messkugel oder Bohrhülse Informationen über die Breite der Lücke und die Höhe des Alveolarfortsatzes.

2.4.2.2.2 *Transversale Schichtaufnahme*

Die transversale Tomographie ist mit dem Aufnahmegerät der Panoramaschichtaufnahme durchführbar und liefert eine zweite Ebene zur Bestimmung der Dicke des Alveolarfortsatzes. Spezielle Softwareprogramme der Hersteller können eine partielle Panoramaschichtaufnahme und eine transversale Tomographie in einem Aufnahmezyklus liefern.

2.4.2.2.3 *Digitale Volumentomographie*

Die Cone-Beam-Tomographie zur dreidimensionalen Darstellung liegt mit ihrer Strahlenbelastung um etwa den Faktor 4 unter dem der Mehrzeilentomographie, übersteigt jedoch diejenige einer Panoramaschichtaufnahme um das drei bis vierzigfache und sollte daher Fragestellungen vorbehalten bleiben, die mit konventionellen Verfahren nicht zu lösen sind (Schulze et al. 2010).

2.4.2.3 *HISTOLOGISCHE METHODE*

Menge und Qualität von Hart- und Weichgewebe können in der Histomorphometrie eines standardisierten Probenzylinders ausgezählt werden. In einer üblichen Hämatoxylin-Eosin-Färbung lassen sich Zellstrukturen und Kalkstrukturen wie Geflecht- und Faserknochen darstellen, mit der Elastica van Gieson das Bindegewebe. Die Menge und der Reifungsgrad von vitalem Knochengewebe können somit ebenso wie die Reste von Fremdmaterial und die Dicke und der Kollagengehalt von Weichgewebe bestimmt werden. Zur Quantifizierung dient eine Morphometriesoftware (z.B. „Image J“).

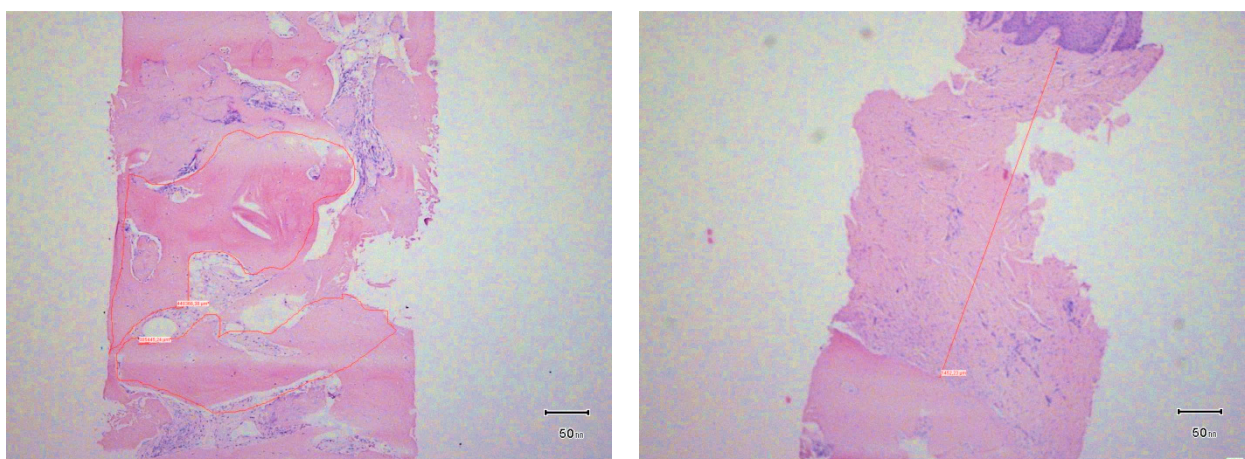


Abbildung 11: HE-Färbung Probezylinder nach Socket Preservation: Volumenbestimmung des vitalen Knochens [li.] und der Dicke des subepitheliales Bindegewebe [re.] (Probengewinnung: Dr. Neisius; Probenaufbereitung: Prof. Dr. Niedobitek)

2.4.2.4 *ERFASSUNG DER KOSTENEFFEKTIVITÄT*

Das klinische Outcome kann mit den entstandenen Kosten im Sinne einer Kosteneffektivitätsvergleichsstudie gegenübergestellt werden.

Dazu müssen direkte medizinische Kosten wie Arztkontakte bzw. Behandlungszeit, Materialaufwand für Medizinprodukte und Dienstleistungen erfasst werden. Auch die Erfassung von direkten nichtmedizinischen Kosten wie Patientenzeit, Fahrkosten und ggf. zusätzlichen Mundhygienemittel können ebenso wie indirekte Kosten durch zusätzliche Arbeitsunfähigkeit mit berücksichtigt werden.

Die medianen Kosten der verschiedenen Versorgungsangebote sind in den Zähler und der mediane Nutzen in den Nenner zu setzen und benennt den „Inkrementellen Kosteneffektivitätsquotient ICER“ (Bauling et al. 2011):

$$\text{ICER} = \frac{\text{Kosten Alternative} - \text{Kosten Standard}}{\text{Nutzen Alternative} - \text{Nutzen Standard}}$$

2.5 Aufgabenstellung

2.5.1 *Nutzen der Alveolenerhaltungstechnik*

Der Nutzen bei der späteren Implantation kann in Bezug auf das nicht notwendig werden von weiteren chirurgischen Maßnahmen mit Zeitgewinn und Vermeiden von weiteren Kosten und Komplikationen gesehen werden. Es ist ein narbenfreieres Zahnfleisch und ein ästhetisch natürlicheres Ergebnis zu erwarten.

2.5.2 *Probleme der Alveolenerhaltungstechnik*

Ein nekrotisches, infiziertes Zahnfach führt zu den typischen Beschwerden einer Alveolitis (Dry Socket) und lässt ein schlechteres Outcome erwarten als eine ungestörte Koagelheilung.

Eigentransplantate implizieren Beschwerden und mögliche Komplikationen des Spenderareals; Fremdmaterialien führen zu zusätzlichen Kosten.

Daraus leiten sich für den Behandler die Frage nach der Zuverlässigkeit und Gesamtnutzen als Entscheidungshilfe der zu wählenden Therapie ab.

2.5.3 *Ziel der Untersuchung*

Aufgabe dieser Untersuchung ist es:

- Maßnahmen in Bezug auf Zuverlässigkeit und Nutzen zu evaluieren, mit Ersatzmaterial oder Transplantaten die Alveole zu stabilisieren
- diese Maßnahmen im praktischen Praxisablauf in Bezug auf Fehlertoleranz, Zeitaufwand und Kosten zu vergleichen

2.5.4 Differentialtherapeutische Überlegungen

Die erläuterten Verfahren zielen mit unterschiedlichen Abbau- und Umwandlungszeiten auf unterschiedliche Implantationszeitpunkte.

Während die Sofortimplantation selbst als eine Maßnahme zur Alveolenerhaltung angesehen werden könnte, wartet die verzögerte Sofortimplantation die Konsolidierung des Weichgewebes und initialen Knochenumbauvorgänge, die Frühimplantation die Alveolenkonsolidierung ab. Der Einsatz von KEM ist dabei wegen des noch fehlenden Umbaus bzw. der Behinderung der Osteoneogenese nur bedingt sinnvoll, da zwar mit besserem Konturerhalt des Alveolarfortsatzes aber nicht mit zusätzlichem knöchernem Lager oder dem Erhalt der vestibulären Lamelle gerechnet werden kann. Dadurch kann die Entfernung der fibrokeramischen Masse und ein weiterer Knochenaufbau mit der Frühimplantation notwendig werden.

Ist der Umbau des KEM zu eigenem Knochen erwünscht, muss zu einem späten Zeitpunkt implantiert und weitere Resorptionsvorgänge hingenommen werden.

Für die hier bevorzugte Frühimplantation bieten sich zur Alveolenversorgung somit Kollagen zur Stabilisierung und Substitution sowie Eigenknochentransplantate an.

2.6 Fragestellung

Es lassen sich folgende Fragestellungen nach Zuverlässigkeit und Nutzens der beiden gewählten Methoden im Vergleich zur Kontrollgruppe ableiten:

- Ist die Frühimplantation in allen Gruppen mit gleicher Wahrscheinlichkeit möglich?
- Entspricht sich die Menge des verfügbaren Hartgewebes in den Gruppen?
- Entspricht sich die Komplikationsrate der Empfängerstelle in den Gruppen?
- Wie hoch ist die Komplikationsrate bei Autotransplantaten an der Donorstelle?
- Wie hoch ist der zusätzliche Zeitaufwand bei Durchführung der Socket Preservation?
- Wie hoch ist der Zeitaufwand in der Nachsorge der beiden Versuchsgruppen?
- Wie hoch ist der zusätzliche finanzielle Aufwand in den beiden Versuchsgruppen?
- Für welche Aufgabenstellung wie z.B. Wandaufbau bei Defekten oder Vorgehen bei Infektionen ist das eine oder andere Verfahren mehr, für welche weniger geeignet?
- Sind in einer der Gruppen häufiger weitere Knochenaufbauten notwendig und in welchem Umfang?
- Wie unterscheiden sich die finanzielle Gesamtbelastung für den Patienten und die Rentabilität für den Behandler bis zur Zielsetzung Implantatinsertion?

3 METHODIK

Das Studienprotokoll wurde der Ethikkommission der Ärztekammer Berlin vorgelegt (Eth-24/12) und nach deren Votum modifiziert.

Nach Absprache mit dem Statistiker Herr Alexander Krannich (Institut für medizinische Biostatistik der Charité) konnte durch Stratifizierung eine Randomisierung in den Teilgruppen erzielt werden (Krummenauer et al. 2014), ohne das Selbstbestimmungsrecht des Patienten in Bezug auf Ablehnung eines weiteren Operationssitus oder Ablehnung von tierischem Fremdmaterial zu verletzen.

Dadurch ergab sich folgendes Design:

3.1 Material

Die Wertigkeit wird unter Praxisbedingungen als randomisierte prospektive klinische Studie am Patienten evaluiert. Es wird eine dreiarmlige Studie konzipiert. Zwei dieser Arme werden jeweils miteinander verglichen.

Als Beobachtungseinheit dient die einzelne Alveole; multiple Alveolen bei einem Probanden werden ggf. unterschiedlichen Armen zugeordnet.

3.1.1 *Einschluss*

In die Untersuchung werden Patienten eingeschlossen, die sich einer Zahnentfernung unterziehen und sich an gleicher Stelle eine Implantatversorgung wünschen. Voraussetzung ist die Aufklärung und Einwilligung des Patienten.

3.1.2 *Ausschluss*

Schon vor Extraktion nicht ausreichende Knochenhöhe (<10mm), die a priori einen konturgebenden Alveolarfortsatzaufbau (Knochenblock) benötigen, werden von der Untersuchung ausgeschlossen. Nicht konturgebende Knochenaufbauten wie in- und externer Sinuslift sowie Nervverlagerungen sind hingegen nicht ausgeschlossen.

Weitere Ausschlusskriterien sind nicht eingestellter Diabetes (HbA1c > 7 mmol), Bluterkrankungen, Osteoporose, Nikotinabusus > 20 Zigaretten/d, systemische Corticoid- und Bisphosphonattherapie sowie Patient die jünger als 18 Jahre sind.

3.1.3 *Aufbau*

3.1.3.1 *PATIENTENGUT*

Das Material für diese Untersuchung rekrutiert sich aus Patientendaten der Praxis für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie Dres. Kuhls & Neisius, Berlin, aus der Zeit vom 1.1.2013 bis 30.9.2014.

Zur Durchführung wird eine prospektive Ergebnisanalyse durchgeführt.

Gegenstand der Untersuchung sind alle Vorgänge des Behandlers Neisius dieses Zeitraumes mit Entfernung eines oder mehrerer einwurzeliger Zähne (Ausnahme 1. Prämolaren des Oberkiefers) mit späterer Implantation nach entsprechender Aufklärung. Entfernte persistierende Milchzähne zum implantologischen Ersatz bei Erwachsenen werden nicht mit aufgenommen.

Die Studienbegleitung der Patienten läuft über mindestens vier Monate.

3.1.3.2 *KOHORTENBILDUNG*

Bei allen Teilnehmern wird eine mögliche Transplantathebung anhand von Bezahnung sowie Tuber- und Kieferhöhlenausdehnung klinisch und radiologisch geprüft.

Nach Aufklärung des Patienten erfolgt die Zuordnung zu den Gruppen gemäß der gegebenen Einwilligung und der stratifizierten Randomisierung.

Bei einem Signifikanzniveau von 0,05 und einer Teststärke von 80% werden 24 auswertbare Teilnehmer pro Gruppe benötigt. Bei zu erwartenden Drop-outs soll die Kohortenstärke nach Fallzahlschätzung 27 Mitglieder nicht unterschreiten. Da in dem veranschlagten Zeitraum ein höheres Fallaufkommen zu erwarten ist, werden Blöcke mit 40 Fällen gebildet.

3.2 Methode

Den Probanden der einen Kohorte wird bei Zustimmung zum Einbringen von tierischem Fremdmaterial nach Zahnextraktion die Alveole mit einem porcinen Kollagenkegel (Collacone[®], Botiss Biomaterials; Zossen) verfüllt, mit Kollagenfließ (Jason fleece[®], Botiss Biomaterials; Zossen) abgedeckt und mit Kreuzstichnähten (Perma-Hand Seide[®] 4-0, Ethicon, Norderstedt) unter der Schleimhaut fixiert.

Den Probanden der anderen Kohorte wird nach Zustimmung zu einem weiteren OP-Situs ein mit Hilfe eines im Durchmesser zur Alveole passenden Trepanbohrers (Ustomed, Tuttlingen) gewonnenes Eigentransplantat des Tubers aus Hart- und Weichgewebe in die Extraktionsalveole eingebracht, mit modifizierter Tabakbeutelnaht (Perma-Hand Seide[®] 4-0, gerade Nadel, Ethicon, Norderstedt) an der Schleimhaut fixiert und Einzelknopfnähten (Prolene[®] 6-0, gebogene Nadel, Ethicon, Norderstedt) adaptiert.

Die Extraktionsalveolen der Kontrollgruppe werden ausschließlich der Koagelheilung nach Wundrandadaptation (Perma-Hand Seide[®] 4-0, Ethicon, Norderstedt) überlassen.

3.2.1 Untersuchungs- und Behandlungsprogramm

3.2.1.1 PRÄOPERATIV

Am Tag -1 erfolgt die klinisch und radiologische Untersuchung und Aufklärung.

Es wird anhand der Panoramaschichtaufnahme die Alveolenhöhe radiologisch bestimmt und mit transversaler Tomographie deren vestibulo-orale Breite.

3.2.1.2 INTRAOPERATIV

Am Tag 0 erfolgt die Entfernung des Zahnes nach schonender Ligamentlösung mit 11er Skalpell durch Extrusion unter axialem Zug oder interner Wurzelzerkleinerung mit Lindemannfräse zur Implosion.

Alle Gruppen spülen einmalig präoperativ mit 2% Chlorhexamed[®] (GlaxoSmithKline, München). Auf eine perioperative Antibiotikagabe wird verzichtet.

Alveolentiefe, -durchmesser und Lage unter SZG werden ebenso wie die Dicke von vestibulärer, oraler und crestaler Schleimhaut metrisch erfasst, knöcherne Alveolarfortsatzbreite und mögliche vestibuläre und orale Defekte vermessen.

Zur Socket Preservation wird zusätzlicher Zeitbedarf und finanzieller Aufwand ermittelt.

3.2.1.3 POSTOPERATIV

Am Tag 10 nach der operative Maßnahme werden Beschwerden und Komplikationen sowie die Anzahl und Gesamtdauer aller notwendigen Nachbehandlungen festgehalten.

Nach drei Monaten werden die zur Implantatsetzung angefertigte neue Panoramaschichtaufnahme und transversale Tomographie vermessen.

3.2.1.4 ABSCHLUSS DER BEOBACHTUNGSEINHEIT

Bei Implantatsetzung nach 3 bis 4 Monaten finden klinisch eine 3D-Alveolarfortsatzmessung, die Bestimmung der Lage und Ausdehnung des Alveolarfortsatzes sowie die Quantifizierung möglicher Defekte und eine Dickenbestimmung der bedeckenden Schleimhaut statt.

Wenn möglich erfolgt zur Implantatsetzung die Pilotbohrung transgingival mit einem dünnen Trepanbohrer des Durchmessers 2,2mm (Ustomed, Tuttlingen) zur Gewinnung von histologischen Zylindern, die in einer späteren Untersuchung ausgewertet werden sollen.

Es wird die Implantierbarkeit beurteilt sowie der maximal mögliche Implantatdurchmesser und die Implantatlänge bestimmt.

Notwendigkeit und Ausmaß eines weiteren Knochenaufbaus werden mit Zeitaufwand und finanzieller Folgebelastrung dokumentiert.

3.2.2 Datenerhebung

3.2.2.1 ERHEBUNGSBOGEN

Mit Hilfe eines standardisierten Erhebungsbogens werden die Patienten bis zum 30.9.2014 nachverfolgt.

3.2.2.2 DROP-OUTS

Patienten, die in die Studie aufgenommen, aber nicht bis zu Ende beobachtet werden können (Umzug, Erkrankung, non compliance, später keine Versorgung mit Implantat oder Versorgung durch Kollegen) fallen aus der Untersuchung. Versorgungen vor Ablauf von 6 Wochen und nach 9 Monaten finden keine Berücksichtigung in der Berechnung. Eine notwendig werdende Änderung des geplanten chirurgischen Vorgehens, wie z.B. die plastische Deckung einer Mund-Antrum-Verbindung bei Extraktion, bedingt ein Drop-out.

3.3 Zielgrößen

3.3.1 *Implantierbarkeit*

Die Haupthypothese der Untersuchung lautet:

- Die Methoden sind in Bezug auf den Behandlungserfolg gleichwertig

Als Erfolg wird das nicht notwendig werden einer zusätzlichen separaten Knochenaufbaumaßnahme zum korrekten Positionieren des Implantates 2-4 mm unter der Schmelz-Zement-Grenze zum Zeitpunkt der Implantation gewertet.

Primärer Endpunkt:

Möglichkeit der korrekten Implantatinsertion

Sekundärer Endpunkt:

Ausmaß der notwendigen Begleitmaßnahmen zur Implantation

Darüber hinaus werden folgende Nebenhypothesen überprüft:

3.3.2 *Volumenerhalt*

Hypothese: - Die Menge des Gewebes ist bei allen Gruppen gleichwertig

Endpunkte: Es wird die Abnahme der radiologischen, instrumentellen und klinischen Knochenhöhe und Breite bei Extraktion und vor Implantation verglichen
Es wird die Dicke des bedeckenden Weichgewebes verglichen

3.3.3 *Komplikationsrate*

Hypothese: - Die Komplikationsraten der Verfahren sind gleich hoch

Endpunkte: Verlust von Koagel (dry socket), Fremdmaterial und Transplantat werden ebenso wie Infektionen als Komplikation gewertet.
Kieferhöhleneröffnung, Infektionen und Verletzung von Blutgefäßen, Nerven und Nachbarzähnen werden erfasst und den Gruppen zugeordnet

3.3.4 *Zeitlicher Aufwand*

Hypothese: - Der Zeitaufwand der Verfahren ist gleich hoch

Endpunkte: Die Anzahl der Nachbehandlungen und die Gesamtbehandlungsdauer werden als Mittelwert in den verschiedenen Gruppen erfasst

3.3.5 *Finanzieller Aufwand*

Hypothese: - Der finanzielle Aufwand für den Patienten ist bei den Verfahren gleich

Endpunkte: Sämtliche zusätzlich notwendigen Maßnahmen mit Material und Behandlungskosten vor, während und nach Implantation zum Erreichen eines ausreichenden Hart- und Weichgewebes werden auf Grundlage der GOZ 2012 als finanzieller Aufwand des Patienten bestimmt und zugeordnet

3.3.6 *Rentabilität*

Hypothese: - Die Rentabilität für den Behandler ist bei den Verfahren gleich

Endpunkte: Der materialbereinigte Erlös durch den zeitlichen Aufwand bestimmt die Rentabilität

3.4 Datenaufbereitung

3.4.1 *Umfang*

Der Umfang des Erhebungsbogens beträgt 56 Datenfelder.

Im Folgenden wird nicht der einzelne Patient, sondern die jeweilige Alveolenversorgung als therapeutische Einheit betrachtet und dazu jeweils ein Datensatz angelegt.

3.4.2 *Aufbau*

Für jeden Satz werden folgende Angaben erhoben und in die Datenbank eines Personal-Computers übertragen:

- Angaben zur Person mit Gruppierung
- Angaben zu systemischen und lokalen Bedingungen
- Defektbestimmung prä- und intraoperativ
- Angaben zum Eingriff
- Angaben zu Dauer, Aufwand und Komplikationen
- Angaben zur Defektregeneration zum Zeitpunkt der Implantation
- Angaben zum therapeutischen Wert und Aufwand

Im Einzelnen beinhaltet ein Datensatz dabei 56 Positionen:

Position 1-7: Code, Geschlecht, Alter, ID-Nummer, Anzahl der Alveolen, Gruppeneinteilung

- Position 8-13: mögliches Spenderareal, Nikotinabusus, Risiko, Grund des Zahnverlustes, Besonderheiten des Falls, Lokalisation der Alveole
- Position 14-25: klinische Knochendicke, klinische Schleimhautdicke vestibulär, oral und crestal, radiologische Höhe und Breite, Defektgröße vestibulär und oral, Alveolendurchmesser und -tiefe, Lage der Alveole unter Schmelz-Zement-Grenze, Defektklasse
- Position 26-34: OP-Datum, Transplantatgröße, zusätzliche Maßnahmen, Komplikationen und Nachbehandlungsdauer, Zeit- und Materialaufwand, Kosten und Erlöse
- Position 35-46: Implantationsdatum, klinische Knochendicke, klinische Schleimhautdicke vestibulär, oral und crestal, radiologische Höhe und Breite, Defektgröße vestibulär und oral, Implantatdurchmesser und Länge, Lage der Alveole unter der Schmelz-Zement-Grenze
- Position 47-56: Resorptionsgrad, histologisch vitale Knochenmenge, Zielführung, weitere Maßnahmen zum Hart- und Weichgewebeaufbau, Zeit- und Materialaufwand, Gesamtkosten und Erlöse, Anmerkung

3.4.3 Untergruppen

Die Daten der Patienten nach Zahnentfernung werden nach Aufgabenstellung gruppiert und der statistischen Auswertung zugeführt.

Werden bei einem Patienten mehr als eine Alveole versorgt, werden entsprechend viele Datensätze in den entsprechenden Gruppen in die Berechnung mit einbezogen.

Die Gruppierung erfolgt nach der Versorgungsart:

- Gruppe 1) Verfüllung mit Kollagenkegel
- Gruppe 2) Aufbau mit Eigentransplantat
- Gruppe 0) Kontrollgruppe ohne weitere Maßnahmen: Koagelheilung

Zusätzlich wird nach Grund des Zahnverlustes, Defektart und Lokalisation klassifiziert.

Der Vergleich erfolgt zwischen Gruppe 1 und der Kontrollgruppe, zwischen Gruppe 2 und der Kontrollgruppe sowie zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2.

3.5 Statistische Auswertung

3.5.1 Univariate Analyse

Für qualitative Merkmale werden von nominalskalierten Daten absolute Häufigkeiten ausgezählt: $H_\eta = H_\eta(x_i)$ als Anzahl der Untersuchungseinheiten mit der Ausprägung (x_i) und daraus prozentuale relative Häufigkeiten gebildet: $\zeta_\eta = \zeta_\eta(x_i) = \frac{1}{n} H_\eta(x_i)$.

Für quantitative Merkmale von verhältnisskalierten Daten erfolgt die Angabe von Mittelwert und Standardabweichung sowie Median und Interquartilabstand.

Der arithmetische Mittelwert errechnet sich nach der Formel $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$.

Die Standardabweichung ergibt sich zu $s = \sqrt{v^2}$.

Der Median ist gegenüber Ausreißern der Werte weniger empfindlich und ergibt sich zu $x_{0,5} = 1/2(x_{(n/2)} + x_{(1+n/2)})$. Der Interquartilsabstand (IQR), wird als Differenz der Quartile $Q_{.25}$ und $Q_{.75}$ berechnet: $IQR = Q_{.75} - Q_{.25}$. Innerhalb des IQR liegen 50% aller Messwerte. Er ist, wie auch der Median, unempfindlicher gegenüber Ausreißern.

3.5.2 Statistische Tests

Statistische Tests dienen dazu, anhand vorliegender Beobachtungen eine begründete Entscheidung über die Gültigkeit oder Ungültigkeit einer Hypothese zu treffen. Bei den Tests für quantitative Variablen wie T-Test und Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test, wird die Übertragbarkeit von Aussagen einer Stichprobe auf die Grundgesamtheit überprüft.

3.5.2.1 T-TEST

$$\tau = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s} \sqrt{n}$$

Er dient dem Vergleich der arithmetischen Mittelwerte bei Normalverteilung.

3.5.2.2 WILCOXON-MANN-WHITNEY-U-TEST

$$W_{m,n} = U + \frac{m(m+1)}{2}$$

Er dient dem Vergleich der Mediane, wenn keine Normalverteilung vorliegt.

Die Nullhypothese $H_0: \mu = \mu_0$ (der erwartete Wert μ entspricht dem Vorgabewert) wird zugunsten der Alternativhypothese $H_1: \mu \neq \mu_0$ verworfen, wenn die Prüfgröße

$\tau = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s} \sqrt{n}$ größer als die festgelegte kritische Grenze $\tau_{n-1; 1 - \frac{\alpha}{2}}$ ist.

Fehler in der Testentscheidung 1. Art können auftreten, wenn die Hypothese H_0 abgelehnt wird, obwohl sie korrekt ist. Als Maß dafür dient die Irrtumswahrscheinlichkeit α , für die standardmäßig ein Signifikanzniveau von α -Werten zwischen 0,05 und 0,001 (= 5%-0,1%) gewählt wird und die kritische Grenze zum Ablehnungsbereich markiert.

Fehler in der Testentscheidung 2. Art können auftreten, wenn die Hypothese H_0 angenommen wird, obwohl sie falsch ist. Als Maß dafür dient die Macht oder Power. Sie ist die Wahrscheinlichkeit, eine falsche Nullhypothese tatsächlich abzulehnen.

Eine weitere Möglichkeit die Testentscheidung zu fällen besteht in der Verwendung des p-Wertes als Signifikanzwahrscheinlichkeit. Ist er kleiner als das Signifikanzniveau wird H_0 abgelehnt (Wies 2011).

3.5.2.3 CHI-QUADRAT-TEST

Im Chi-Quadrat-Test werden qualitative Variablen auf Unabhängigkeit untersucht.

Die Darstellung erfolgt durch Kreuztabellierung der beobachteten Häufigkeiten in einer Kontingenztafel und wird mit den erwarteten Häufigkeiten verglichen.

Variable I	Variable II		
	Ausprägung 1	Ausprägung 2	
Ausprägung I	a	b	a+b=n1
Ausprägung II	c	d	c+d=n2
	a+c=m1	b+d=m2	a+b+c+d=N

Tabelle 6: Vierfeldertafel der beobachteten Häufigkeiten

Die erwarteten Häufigkeiten errechnen sich unter der Annahme der Gültigkeit der Nullhypothese und damit der Unabhängigkeit der Variablen durch die Multiplikation der Randsummen dividiert durch die Gesamtzahl N der Stichprobe:

$E_a = n1*m1/N$	$E_b = n1*m2/N$
$E_c = n2*m1/N$	$E_d = n2*m2/N$

Tabelle 7: Vierfeldertafel der erwarteten Häufigkeiten

Die Prüfgröße testet die Abweichung der beobachteten von der erwarteten Häufigkeit:

$$\chi^2 = (E_a - a)^2 / E_a + (E_b - b)^2 / E_b + (E_c - c)^2 / E_c + (E_d - d)^2 / E_d$$

Die Nullhypothese wird verworfen, falls die berechnete Prüfgröße die tabellierte kritische Schranke überschreitet (Institut für medizinische Statistik der FUB 1995).

3.5.3 Hilfsmittel

Die Analyse der Untersuchung erfolgt mit „Excel 2010“ (Wies 2011), als Rechner dient ein IBM-kompatibler Laptop mit i5 – Prozessor.

Die Testung auf Signifikanzen wird durch den Statistiker Herr Alexander Krannich (Institut für medizinische Biostatistik der Charité) durchgeführt.

4 ERGEBNISSE

120 Extraktionsalveolen bei 83 Patienten wurden in die Untersuchung einbezogen.

Dabei entfielen 40 auf Tuber-Os-Mukosa Transplantate,
 40 auf Kollagenkegel und
 40 auf die natürliche Koagelheilung.

Nach Abzug der 18 Drop Outs durch nicht mit Implantaten oder von anderen Kollegen versorgte Alveolen verblieben 102 Vorgänge bei 70 Patienten zur Auswertung:

 36 TOM-Transplantate
 34 Kollagenaufbauten und
 32 Koagelheilungen.

Von diesen Fällen waren

 34 Frontzähne
 21 Eckzähne und
 47 Prämolaren;

Davon 75 im Oberkiefer und 27 im Unterkiefer.

Das Durchschnittsalter betrug bei der Zahnentfernung 58 Jahre.

Der jüngste Teilnehmer war 20 Jahre, der Ältteste 82 Jahre alt.

62 Alveolen gehörten zu Frauen; 40 zu Männern.

Bei den Patienten mit Kollagenaufbauten gab es zeitgleich 12 Fälle mit einer Koagelheilung in der Kontrollgruppe;

bei den Patienten mit Tuber-Os-Mukosa Transplantat 7 Fälle mit weiteren Alveolen in der Kontrollgruppe.

Beobachtungen nach dem Stichtag 30.9.2014 fanden keine Berücksichtigung.

4.1 Verteilung und Häufigkeiten

4.1.1.1 GESAMTHEIT DER FÄLLE

4.1.1.1.1 Grund Zahnverlust

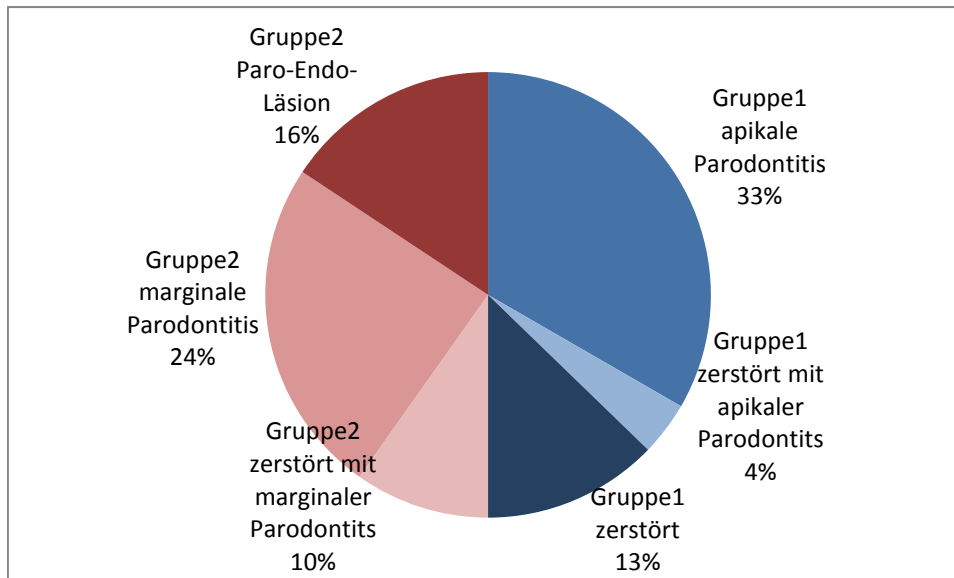


Abbildung 12: Verteilungshäufigkeiten der Gründe für den Zahnverlust

Insgesamt wiesen

50% der extrahierten Zähne eine marginale Parodontopathie und
50% keinen entzündlichen Abbau des Parodonts auf.

4.1.1.1.2 Defektklasse

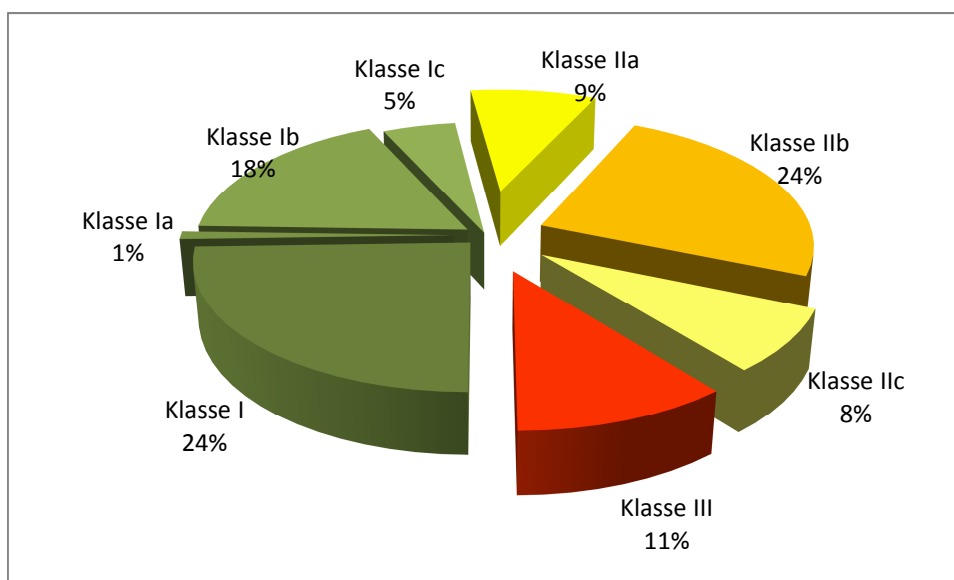


Abbildung 13: Verteilung der Defektklassen

In 49 Fällen standen alle Alveolenwände auf der gewünschten SZG Höhe (Klasse I a-c)

In 42 Fällen erreichte zumindest eine Wand die zu regenerierende Höhe (Klasse II a-c)

11 Fälle hatten nur eine vertikale (basale) Regeationsfläche (Klasse III)

4.1.1.1.3 Lokalisation

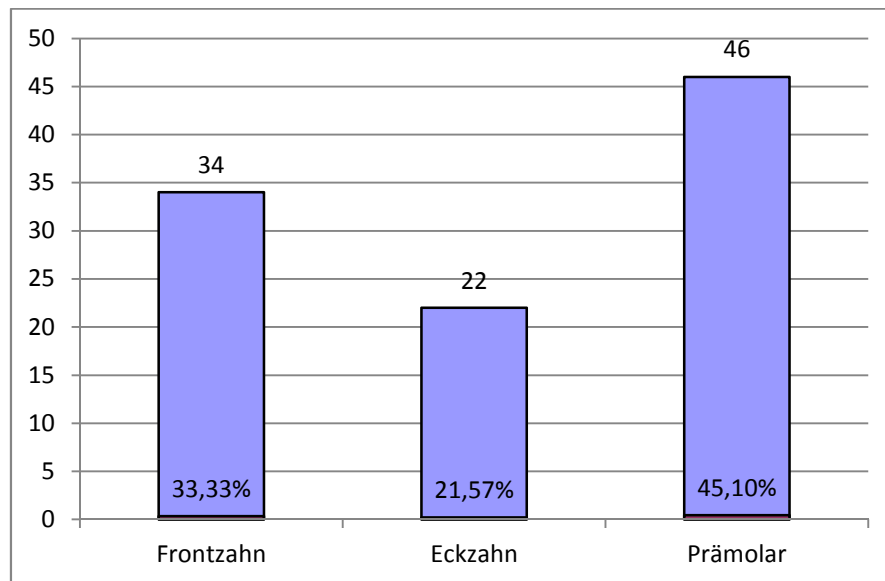


Abbildung 14: Alveolenverteilung bei allen Eingriffen

Es fanden sich 15 zentrale und 19 laterale Inzisiven,
22 Eckzähne sowie
25 erste und 21 zweite Prämolaren.

4.1.1.2 KOAGEL

4.1.1.2.1 Grund Zahnverlust

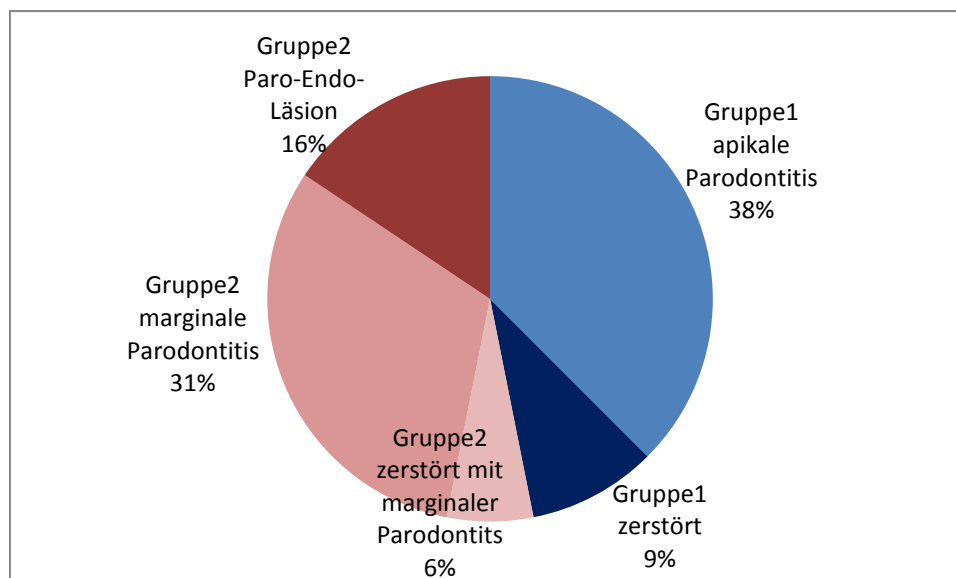


Abbildung 15: Verteilungshäufigkeiten der Gründe für den Zahnverlust in der Kontrollgruppe

Insgesamt wiesen in der Kontrollgruppe
53% der extrahierten Zähne eine marginale Parodontopathie und
47% keinen entzündlichen Abbau des Parodonts auf.

4.1.1.2.2 Defektklasse

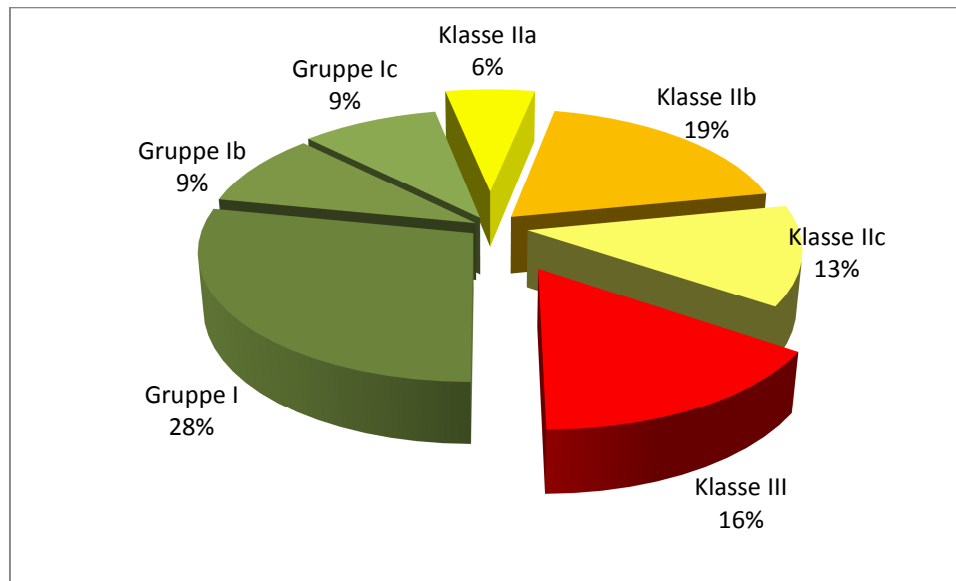


Abbildung 16: Verteilung der Defektklassen in der Kontrollgruppe

In 15 Fällen standen alle Alveolenwände auf der gewünschten SZG Höhe (Klasse I a-c)

In 12 Fällen erreichte zumindest eine Wand die zu regenerierende Höhe (Klasse II a-c)

5 Fälle hatten nur eine vertikale (basale) Regeationsfläche (Klasse III)

4.1.1.2.3 Lokalisation

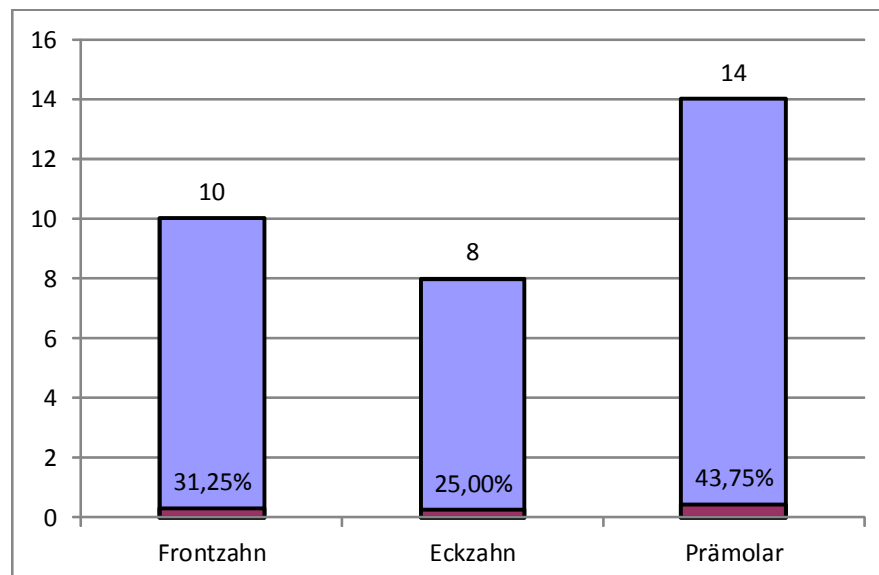


Abbildung 17: Alveolenverteilung in der Kontrollgruppe

Es fanden sich 2 zentrale und 8 laterale Inzisiven,
8 Eckzähne sowie
6 erste und 8 zweite Prämolaren.

4.1.1.3 KOLLAGENKEGEL

4.1.1.3.1 Grund Zahnverlust

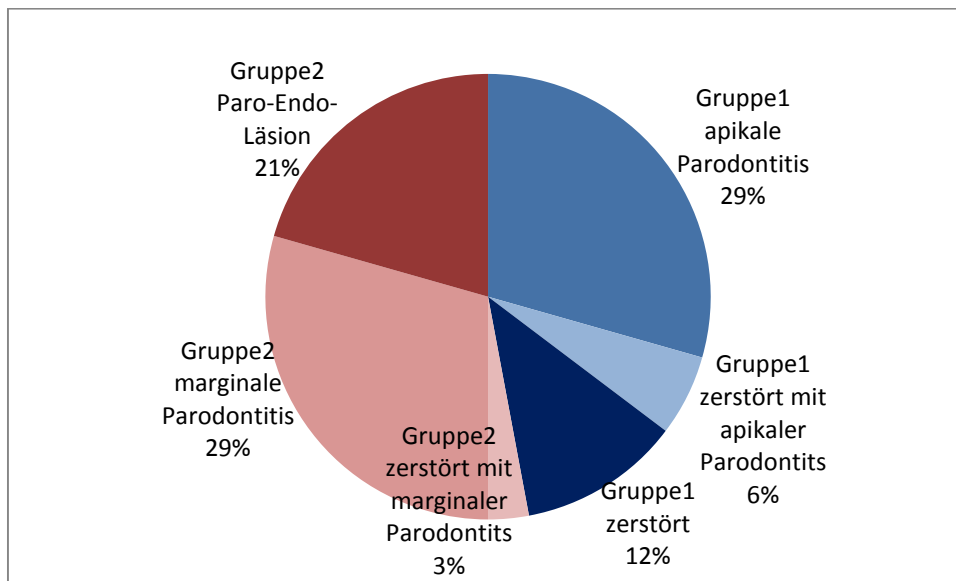


Abbildung 18: Verteilungshäufigkeiten der Gründe für den Zahnverlust in der Gruppe der Kollagenkegel

Insgesamt wiesen in dieser Gruppe

53% der extrahierten Zähne eine marginale Parodontopathie und

47% keinen entzündlichen Abbau des Parodonts auf.

4.1.1.3.2 Defektklasse

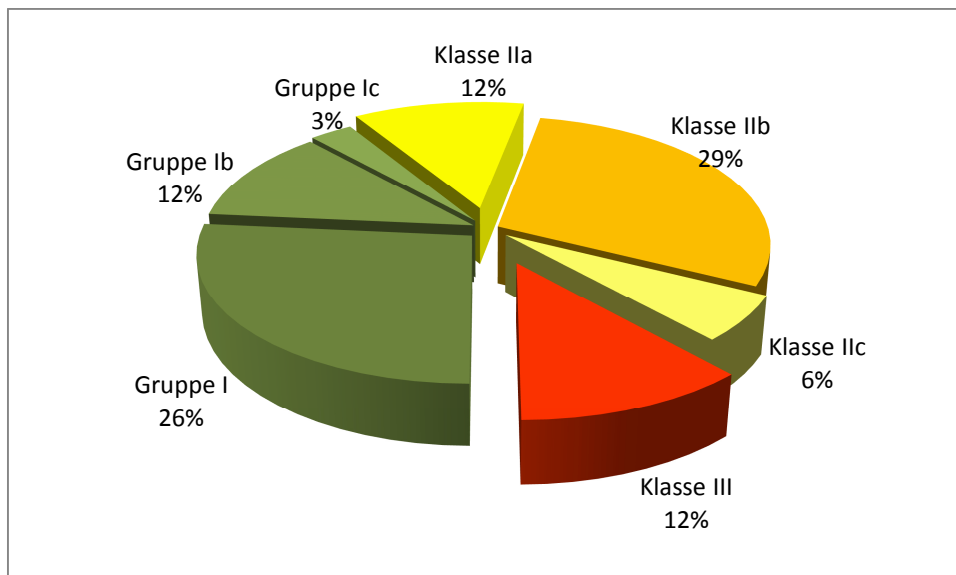


Abbildung 19: Verteilung der Defektklassen in der Gruppe der Kollagenkegel

In 14 Fällen standen alle Alveolenwände auf der gewünschten SZG Höhe (Klasse I a-c)

In 6 Fällen erreichte zumindest eine Wand die zu regenerierende Höhe (Klasse II a-c)

4 Fälle hatten nur eine vertikale (basale) Regerationsfläche (Klasse III)

4.1.1.3.3 Lokalisation

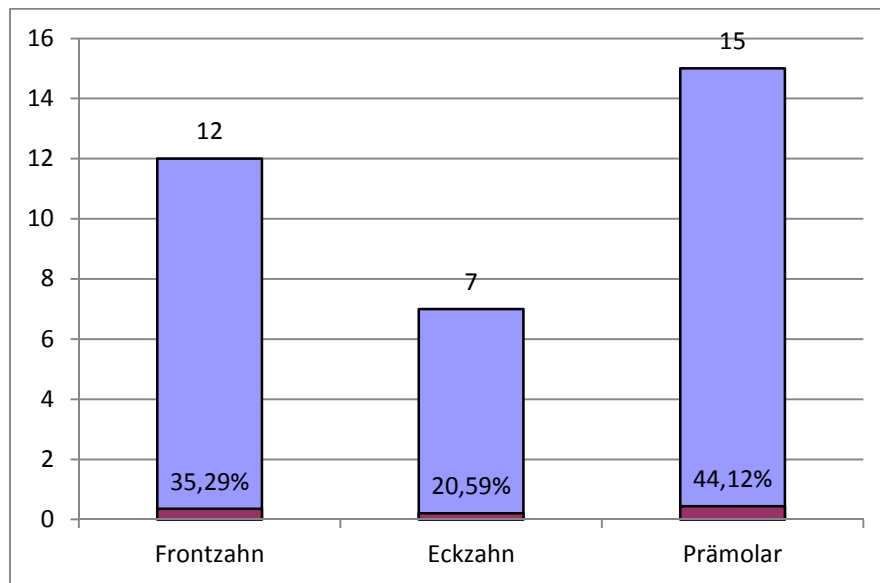


Abbildung 20: Alveolenverteilung bei allen Eingriffen in der Gruppe der Kollagenkegel

Es fanden sich 6 zentrale und 6 laterale Inzisiven,
7 Eckzähne sowie
8 erste und 7 zweite Prämolaren.

4.1.1.4 TUBER-OS-MUKOSA TRANSPLANTAT

4.1.1.4.1 Grund Zahnverlust

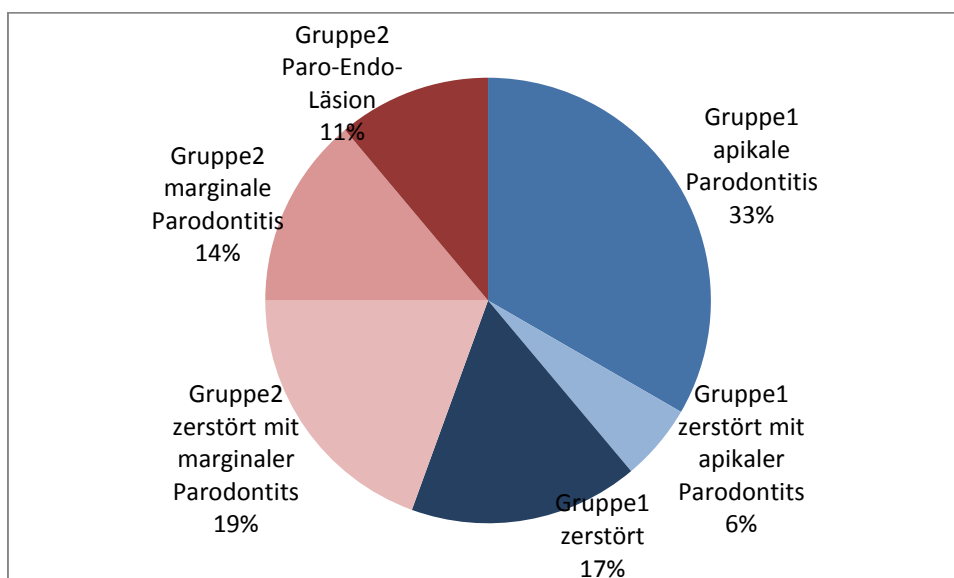


Abbildung 21: Verteilungshäufigkeiten der Gründe für den Zahnverlust bei Tuber-Os-Mukosa Transplantaten

Insgesamt wiesen

44% der extrahierten Zähne eine marginale Parodontopathie und
56% keinen entzündlichen Abbau des Parodonts auf.

4.1.1.4.2 Defektklasse

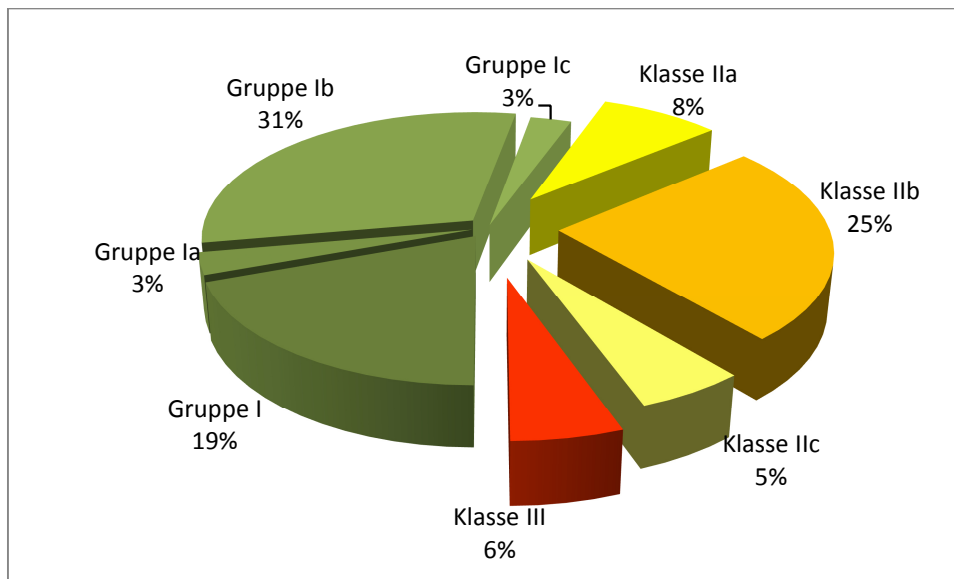


Abbildung 22: Verteilung der Defektklassen bei TOM-Transplantaten

In 20 Fällen standen mehr als drei Alveolenwände auf der gewünschten Höhe (Klasse I)
 In 14 Fällen erreichte zumindest eine Wand die zu regenerierende Höhe (Klasse II a-c)
 2 Fälle hatte nur eine vertikale (basale) Regeationsfläche (Klasse III)

4.1.1.4.3 Lokalisation

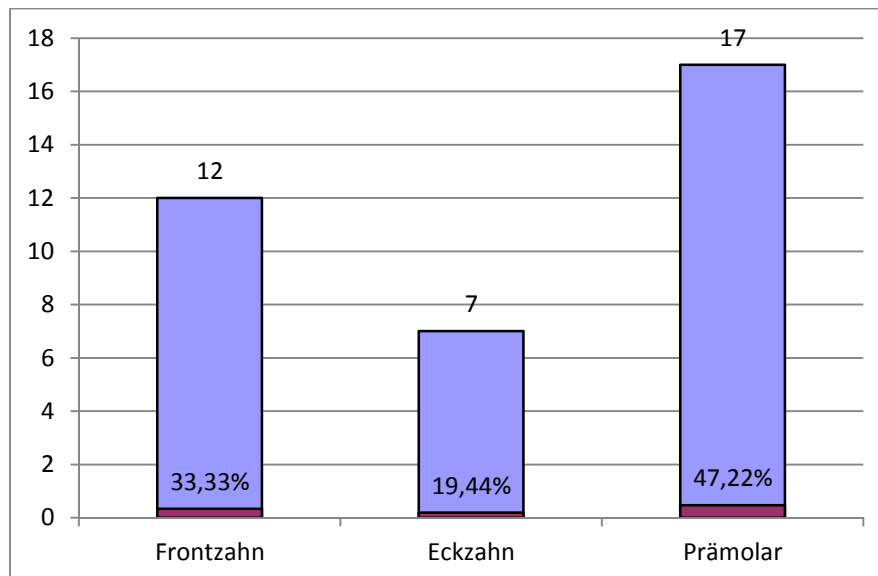


Abbildung 23: Alveolenverteilung bei allen Eingriffen mit TOM-Transplantat

Es fanden sich 7 zentrale und 5 laterale Inzisiven,
 7 Eckzähne sowie
 11 erste und 6 zweite Prämolaren.

Der durchschnittliche Durchmesser eines Transplantates betrug 6,2mm (min 5mm; max 7,5mm); die durchschnittliche Höhe 8mm (min 5mm, max 11mm).

Im Mittel war die Dicke des Hartgewebes mit 4mm wie die des Weichgewebes mit 4mm.

4.2 Behandlungsziele

4.2.1 Implantierbarkeit

4.2.1.1 KOAGEL

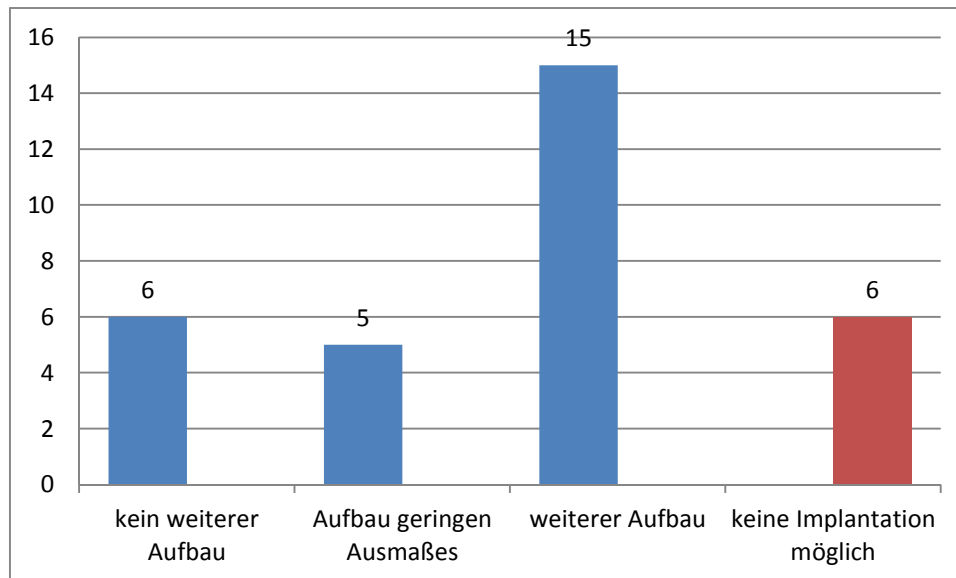


Abbildung 24: Implantierbarkeit in der Kontrollgruppe

Die Second Look Operation fand in dieser Gruppe im Schnitt 118 Tage (Min: 62 d; Max: 260 d) nach der Zahnentfernung statt.

In insgesamt 81% der Fälle war eine Implantation im gleichen Eingriff möglich.

In 6 Fällen (18%) konnte ohne weitere Knochenaufbauenden Maßnahmen in Orthoposition implantiert werden.

5 weitere Fälle (16%) erhielten mit lateraler Augmentation zur Verstärkung der vestibulären Wand Aufbauten in geringerem Umfang, die für die eigentliche Setzung in korrekter Position nicht zwingend nötig gewesen wären.

15 Fälle (47%) bedurften weitergehender Aufbauten durch lateraler Augmentation freiliegender Implantatanteile, Splitt oder Spread des Alveolarfortsatzes, internen Sinuslift oder zusätzlicher Knochentransplantationen.

Das durchschnittlich gesetzte Implantat war 11,8 mm lang, hatte einen Durchmesser von 4,0mm und lag 3,5 mm unter der angenommenen Schmelz-Zement-Grenze.

In 6 Fällen (19%) war eine sachgerechte Implantation nicht möglich. Stattdessen wurde eine Transplantataugmentation notwendig.

4.2.1.1.1 Grund Zahnverlust

% der Implantation	Grund Zahnverlust		
	ohne marginale Parodontitis	mit marginaler Parodontitis	Gesamtergebnis
Implantation			
Ja	100%	65%	81%
Nein	0%	35%	19%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%

Tabelle 8: Implantationsmöglichkeit in Abhängigkeit der Zahnverlustgruppierung in der Kontrollgruppe

In insgesamt 81% aller Fälle der Kontrollgruppe konnte implantiert werden:

In der Untergruppe mit Parodontitis marginalis profunda nur 65%, in der Untergruppe ohne entzündlich bedingten crestalen Verlust alle Fälle.

Alle Fälle, in denen keine Implantation möglich war, gingen mit der präoperativen Zerstörung des marginalen Parodonts einher.

Bei der Implantation benötigten

47% der Fälle ohne Parodontitis marginalis profunda keinen (27%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (20%)

24% der Fälle mit Parodontitis marginalis profunda keinen oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (je 12%)

4.2.1.1.2 Defektklasse

% der Implantation	Defektklasse			
	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Gesamtergebnis
Implantation				
Ja	93%	75%	60%	81%
Nein	7%	25%	40%	19%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%	100%

Tabelle 9: Verteilung von implantierfähigen und nicht implantierfähigen Situationen nach Klasseneinteilung in der Kontrollgruppe

Die Implantationswahrscheinlichkeit nahm von Klasse zu Klasse ab.

Bei der Implantation benötigten

54% der Klasse I Fälle keinen oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (je 27%)

17% der Klasse II Fälle keinen Knochenaufbau

20% der Klasse III Fälle einen geringfügigen Knochenaufbau

4.2.1.1.3 Lokalisation

Die Gegenüberstellung der Lokalisation ergab folgende Verteilung:

% der Implantation	Lokalisation			
Implantation	Frontzahn	Eckzahn	Prämolar	Gesamtergebnis
Ja	90%	75%	79%	81%
Nein	10%	25%	21%	19%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%	100%

Tabelle 10: Verteilung von implantierfähigen und nicht implantierfähigen Lokalisationen in der Kontrollgruppe

Bei der Implantation benötigten

40% der Frontzähne keinen (30%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (10%)

50% der Prämolaren keinen (21%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (29%)

Alle Eckzähne benötigten bei Implantatsetzung einen weiteren Knochenaufbau.

% der Implantation	OK / UK		
Implantation	Oberkiefer	Unterkiefer	Gesamtergebnis
Ja	78%	89%	81%
Nein	22%	11%	19%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%

Tabelle 11: Verteilung nach Implantationsfähigkeit des Kiefers in der Kontrollgruppe

Bei der Implantation benötigten

43% im Oberkiefer keinen (26%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (17%)

11% im Unterkiefer einen geringfügigen Knochenaufbau

4.2.1.2 KOLLAGENKEGEL

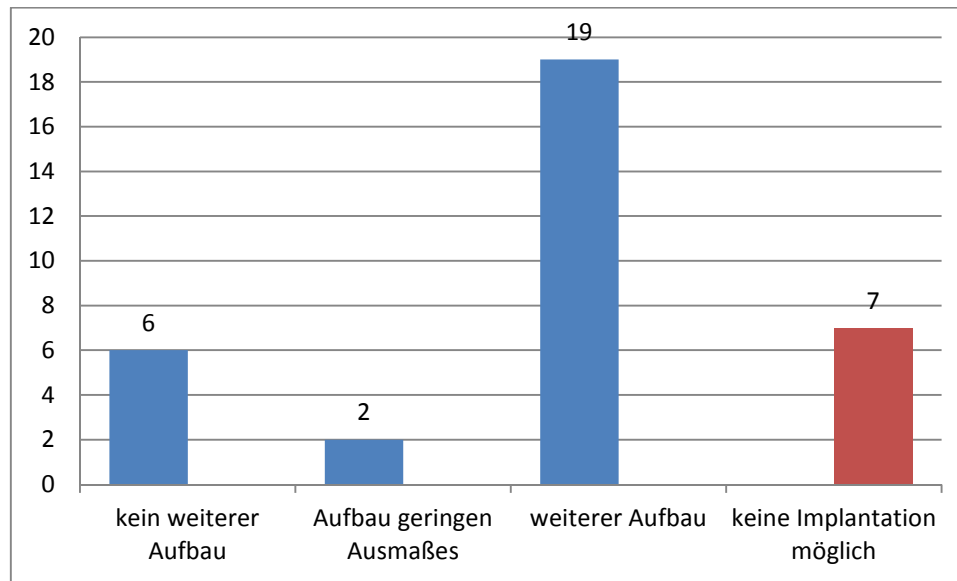


Abbildung 25: Implantierbarkeit in der Kollagengruppe

Die Second Look Operation fand in dieser Gruppe im Schnitt 117 Tage (Min: 43d; Max:260d) nach der Zahnentfernung statt.

In insgesamt 79% der Fälle war eine Implantation im gleichen Eingriff möglich.

In 6 (18%) Fällen konnte ohne weitere Knochenaufbauenden Maßnahmen in Orthoposition implantiert werden.

2 weitere Fälle (6%) erhielten mit lateraler Augmentation zur Verstärkung der vestibulären Wand Aufbauten in geringerem Umfang, die für die eigentliche Setzung in korrekter Position nicht zwingend nötig gewesen wären.

19 Fälle (56%) bedurften weitergehender Aufbauten durch lateraler Augmentation freiliegender Implantatanteile, Splitt oder Spread des Alveolarfortsatzes, internen Sinuslift oder zusätzlicher Transplantationen aus dem Spina nasalis oder Kieferwinkelbereich.

Das durchschnittlich gesetzte Implantat war 11,6mm lang, hatte einen Durchmesser von 3,9mm und lag 3,5mm unter der angenommenen Schmelz-Zement-Grenze.

In 7 Fällen (21%) war eine sachgerechte Implantation nicht möglich, so dass eine weitere Augmentation durchgeführt werden musste.

4.2.1.2.1 Grund Zahnverlust

% der Implantation	Grund Zahnverlust		
	ohne marginale Parodontitis	mit marginaler Parodontitis	Gesamtergebnis
Implantation			
Ja	88%	72%	79%
Nein	13%	28%	21%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%

Tabelle 12: Implantationsmöglichkeit in Abhängigkeit der Zahnverlustgruppierung in der Kollagengruppe

In insgesamt 79% aller Fälle der Kontrollgruppe konnte implantiert werden:

In der Untergruppe mit Parodontitis marginalis profunda 72%, in der Untergruppe ohne entzündlich bedingten crestalen Verlust 88%.

71% der Fälle, in denen keine Implantation möglich war, gingen mit der präoperativen Zerstörung des marginalen Parodonts einher.

Bei der Implantation benötigten

31% der Fälle ohne Parodontitis marginalis profunda keinen (25%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (6%)

17% der Fälle mit Parodontitis marginalis profunda keinen (11%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (6%)

4.2.1.2.2 Defektklasse

% der Implantation	Defektklasse			Gesamtergebnis
	Klasse I	Klasse II	Klasse III	
Implantation				
Ja	93%	69%	75%	79%
Nein	7%	31%	25%	21%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%	100%

Tabelle 13: Verteilung von implantierfähigen und nicht implantierfähigen Situationen nach Klasseneinteilung in der Kollagengruppe

Bei der Implantation benötigten

50% der Klasse I Fälle keinen (36%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (14%)

6% der Klasse II Fälle keinen Knochenaufbau

und alle Klasse III Fälle einen weiteren Knochenaufbau

4.2.1.2.3 Lokalisation

Die Gegenüberstellung der Lokalisation ergab folgende Verteilung:

% der Implantation	Lokalisation			
Implantation	Frontzahn	Eckzahn	Prämolar	Gesamtergebnis
Ja	92%	57%	80%	79%
Nein	8%	43%	20%	21%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%	100%

Tabelle 14: Verteilung von implantierfähigen und nicht implantierfähigen Lokalisationen in der Kollagenruppe

Bei der Implantation benötigten

33% der Frontzähne keinen Knochenaufbau

26% der Prämolaren keinen oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (je 13%)

Auch in dieser Gruppe benötigten alle Eckzähne bei Implantatsetzung einen weiteren Knochenaufbau.

% der Implantation	OK / UK		
Implantation	Oberkiefer	Unterkiefer	Gesamtergebnis
Ja	76%	89%	79%
Nein	24%	11%	21%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%

Tabelle 15: Verteilung nach Implantationsfähigkeit des Kiefers in der Kollagenruppe

Bei der Implantation benötigten

28% im Oberkiefer keinen (24%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (4%)

11% im Unterkiefer einen geringfügigen Knochenaufbau

4.2.1.3 TUBER-OS-MUKOSA TRANSPLANTAT

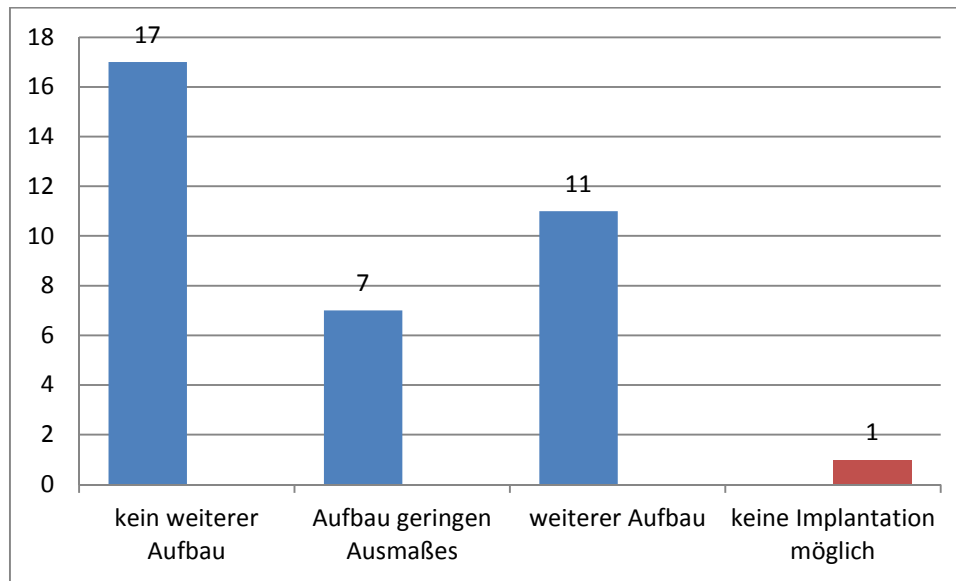


Abbildung 26: Implantierbarkeit in der TOM-Gruppe

Die Second Look Operation fand in dieser Gruppe im Schnitt 136 Tage (Min: 44d; Max: 260d) nach der Zahnentfernung statt.

In 17 Fällen (47%) konnte ohne weitere Knochenaufbauenden Maßnahmen in Orthoposition implantiert werden.

7 weitere (19%) Fälle erhielten mit lateraler Augmentation zur Verstärkung der vestibulären Wand Aufbauten in geringerem Umfang, die für die eigentliche Setzung in korrekter Position nicht zwingend nötig gewesen wären.

11 Fälle (31%) bedurften weitergehender Aufbauten durch lateraler Augmentation freiliegender Implantatanteile, Splitt oder Spread des Alveolarfortsatzes, internen Sinuslift oder zusätzlicher Transplantationen aus dem Spina nasalis oder Kieferwinkelbereich.

Das durchschnittlich gesetzte Implantat war 11,9mm lang, hatte einen Durchmesser von 4,1mm und lag 3,2mm unter der angenommenen Schmelz-Zement-Grenze.

In 1 Fall (3%) war eine sachgerechte Implantation nicht möglich. Stattdessen wurde eine Transplantataugmentation notwendig.

4.2.1.3.1 Grund Zahnverlust

% der Implantation	Grund Zahnverlust		
	ohne marginale Parodontitis	mit marginaler Parodontitis	Gesamtergebnis
Implantation			
Ja	100%	94%	97%
Nein	0%	6%	3%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%

Tabelle 16: Implantationsmöglichkeit in Abhängigkeit der Zahnverlustgruppierung in der TOM-Gruppe

In insgesamt 97% aller Fälle der Kontrollgruppe konnte implantiert werden:

In der Untergruppe mit Parodontitis marginalis profunda 94%, in der Untergruppe ohne entzündlich bedingten crestalen Verlust alle Fälle.

Alle Fälle, in denen keine Implantation möglich waren, gingen mit der präoperativen Zerstörung des marginalen Parodonts einher (100%).

Bei der Implantation benötigten

80% der Fälle ohne Parodontitis marginalis profunda keinen (65%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (15%)

50% der Fälle mit Parodontitis marginalis profunda keinen oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (je 25%)

4.2.1.3.2 Defektklasse

% der Implantation	Defektklasse			
	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Gesamtergebnis
Implantation				
Ja	100%	93%	100%	97%
Nein	0%	7%	0%	3%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%	100%

Tabelle 17: Verteilung von implantierfähigen und nicht implantierfähigen Situationen nach Klasseneinteilung in der TOM-Gruppe

Bei der Implantation benötigten

80% der Klasse I Fälle keinen (65%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (15%)

58% der Klasse II Fälle keinen oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (je 29%)

und alle Klasse III Fälle einen weiteren Knochenaufbau.

4.2.1.3.3 Lokalisation

Die Gegenüberstellung der Lokalisation ergab folgende Verteilung:

% der Implantation	Lokalisation			Gesamtergebnis
	Frontzahn	Eckzahn	Prämolar	
Ja	100%	86%	100%	97%
Nein	0%	14%	0%	3%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%	100%

Tabelle 18: Verteilung von implantierfähigen und nicht implantierfähigen Lokalisationen in der TOM-Gruppe

Bei der Implantation benötigten

66% der Frontzähne keinen (58%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (8%)

71% der Eckzähne keinen (57%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (14%)

64% der Prämolaren keinen (35%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (29%)

% der Implantation	OK / UK		Gesamtergebnis
	Oberkiefer	Unterkiefer	
Ja	96%	100%	97%
Nein	4%	0%	3%
Gesamtergebnis	100%	100%	100%

Tabelle 19: Verteilung nach Implantationsfähigkeit des Kiefers in der TOM-Gruppe

Bei der Implantation benötigten

74% im Oberkiefer keinen (52%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (22%)

44% im Unterkiefer keinen (33%) oder nur einen geringfügigen Knochenaufbau (11%)

4.2.2 Volumenerhalt

4.2.2.1 KOAGEL

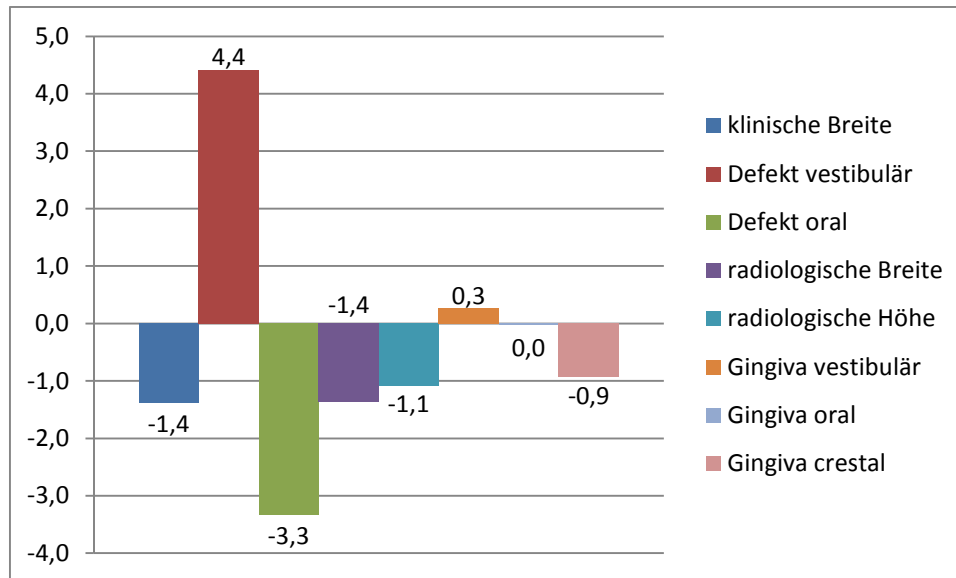


Abbildung 27: Volumenveränderungen in der Kontrollgruppe

Klinisch verringerte sich die transversale Breite der Alveole in der Messung mit dem 3D Zirkel um durchschnittlich -1,4mm (max.1,0mm; min.-3,0mm); relativ um 18%.

Der vestibuläre Defekt vergrößerte sich im Mittel um $4,4\text{mm}^2$ (max.70,0 mm^2 ; min.-24,0 mm^2), prozentual um 42%; der palatinale Defekt verringerte sich um durchschnittlich $-3,3\text{mm}^2$ (max.2,0 mm^2 ; min.-25,0 mm^2), prozentual um 19,0%.

Radiologisch veränderte sich die Breite in der TSA um durchschnittlich -1,4mm (max. 1,0mm; min 4,0mm), was einer relativen Veränderung von 18% entsprach.

Die Höhe verringerte sich in der Panoramaschichtaufnahme um durchschnittlich -1,1mm (max.1,4mm; min -5,4mm), was einer relativen Veränderung von 6% entsprach.

Veränderungen im Weichgewebe zeigten sich an der Gingiva vestibulär im Mittel um 0,3mm oder 26%, palatinal um 0,0mm oder 4%. Das Saumepithel verringerte sich zur crestalen Gingiva um -0,9mm bzw. um 17%.

4.2.2.1.1 Grund Zahnverlust

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
ohne marginale Parodontitis	-1,2 [0,9]	2,5 [5,7]	-3,1 [6,5]	-1,0 [1,0]	-0,4 [0,7]	0,2 [0,5]	-0,4 [1,1]	-1,2 [1,5]
mit marginaler Parodontitis	-1,6 [0,7]	6,1 [18,2]	-3,6 [6,6]	-1,7 [0,9]	-1,7 [2,8]	0,3 [0,9]	0,3 [0,9]	-0,7 [1,6]
Gesamtergebnis	-1,4 [0,9]	4,4 [13,9]	-3,3 [6,6]	-1,4 [1,0]	-1,1 [2,2]	0,3 [0,8]	0,0 [1,1]	-0,9 [1,5]

Tabelle 20: Volumenveränderung nach Grund des Zahnverlustes in der Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe ging ohne Parodontitis mit 13% klinischer Breite und 3% radiologischer Höhe weniger Volumen verloren als mit Parodontitis mit 22% und 9%.

Der vestibuläre Defekt vergrößerte sich in Fällen ohne Parodontitis marginalis profunda im Mittel um 28%, nach marginaler Entzündung um 54%.

4.2.2.1.2 Defektklasse

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
Klasse I	-1,4 [0,7]	4,1 [7,0]	-2,5 [6,5]	-1,4 [1,0]	-0,7 [0,6]	0,1 [0,7]	-0,1 [0,9]	-0,7 [1,0]
Klasse II	-1,4 [1,0]	6,9 [20,9]	-3,9 [7,3]	-1,4 [1,1]	-1,7 [3,3]	0,4 [0,8]	0,0 [1,3]	-0,5 [1,4]
Klasse III	-1,2 [1,0]	-0,8 [2,7]	-4,4 [4,5]	-1,2 [0,4]	-0,6 [1,5]	0,5 [0,9]	0,0 [0,8]	-2,6 [1,9]
Gesamtergebnis	-1,4 [0,9]	4,4 [13,9]	-3,3 [6,6]	-1,4 [1,0]	-1,1 [2,2]	0,3 [0,8]	0,0 [1,1]	-0,9 [1,5]

Tabelle 21: Volumenverlust nach Klasse in der Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe ging mit 19% in Klasse II wenig mehr als in Klasse I mit 18% verloren. Der vestibuläre Defekt in Klasse II nahm um 19% zu, die Höhe um 9% ab.

4.2.2.1.3 Lokalisation

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
Frontzahn	-1,1 [0,9]	5,4 [7,7]	-1,0 [2,4]	-1,1 [0,9]	-0,7 [0,7]	0,1 [0,4]	0,0 [0,8]	-1,1 [0,8]
Eckzahn	-1,6 [0,8]	-0,1 [10,6]	-2,8 [4,5]	-1,1 [0,9]	-2,5 [3,8]	0,5 [0,9]	-0,2 [1,7]	-0,4 [1,6]
Prämolar	-1,5 [0,8]	6,3 [17,9]	-5,3 [8,7]	-1,7 [0,9]	-0,6 [1,0]	0,3 [0,8]	0,0 [0,7]	-1,2 [1,7]
Gesamtergebnis	-1,4 [0,9]	4,4 [13,9]	-3,3 [6,6]	-1,4 [1,0]	-1,1 [2,2]	0,3 [0,8]	0,0 [1,1]	-0,9 [1,5]

Tabelle 22: Volumenverlust nach Lokalisation in der Kontrollgruppe

Der deutlichste Verlust zeigte sich der mittlere Verlust von klinischer Breite mit 24% und radiologischer Höhe mit 11% bei den Eckzähnen.

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
Oberkiefer	-1,4 [0,9]	6,0 [14,7]	-3,9 [7,2]	-1,4 [1,0]	-0,6 [1,0]	0,3 [0,8]	0,1 [0,8]	-1,0 [1,5]
Unterkiefer	-1,4 [0,7]	0,3 [10,7]	-1,9 [7,4]	-1,2 [0,9]	-2,4 [3,5]	0,2 [0,7]	-0,4 [1,5]	-0,8 [1,6]
Gesamtergebnis	-1,4 [0,9]	4,4 [13,9]	-3,3 [6,6]	-1,4 [1,0]	-1,1 [2,2]	0,3 [0,8]	0,0 [1,1]	-0,9 [1,5]

Tabelle 23: Volumenverlust nach Kiefer in der Kontrollgruppe

Im Oberkiefer verringerte sich die Breiten im Mittel um 16% die Höhen um 4%, im Unterkiefer um 23% und 11%.

4.2.2.2 KOLLAGENKEGEL

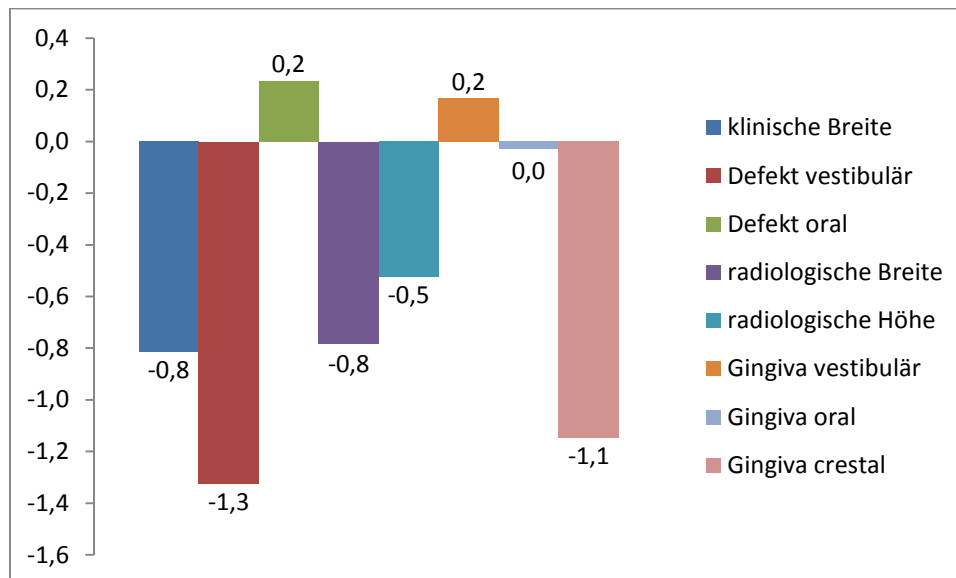


Abbildung 28: Volumenveränderungen der Alveolen in der Kollagengruppe

Klinisch veränderte sich die transversale Breite der Alveole in der Messung mit dem 3D Zirkel um durchschnittlich -0,8mm (max. 4,5mm; min -3,5mm); relativ um 3%.

Der vestibuläre Defekt verringerte sich im Mittel um $-1,3\text{mm}^2$ (max. $12,0\text{mm}^2$; min $-20,0\text{mm}^2$), prozentual um 8%; der palatinale Defekt nahm um durchschnittlich $0,2\text{mm}^2$ (max. $12,0\text{mm}^2$; min. -12mm^2), prozentual um 9% zu.

Radiologisch veränderte sich die Breite in der TSA um durchschnittlich -0,8mm (max. 3,0mm; min -2,8mm), was einer relativen Veränderung von 8% entsprach.

Die Höhe verringerte sich in der Panoramaschichtaufnahme um durchschnittlich -0,5mm (max. 3,0mm; min -5,6mm), was einer relativen Veränderung von 3% entsprach.

Veränderungen im Weichgewebe zeigten sich an der Gingiva vestibulär im Mittel um 0,2mm oder 16%. Die crestale Höhe nahm um -1,1mm oder 25% ab.

4.2.2.2.1 Grund Zahnverlust

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest	oral	crestal
ohne marginale Parodontitis	-0,9 [1,7]	-2,1 [7,9]	0,2 [3,8]	-0,9 [1,0]	-0,7 [0,9]	0,0 [0,5]	-0,2 [0,8]	-1,4 [1,4]
mit marginaler Parodontitis	-0,8 [1,8]	-0,6 [5,4]	0,3 [4,2]	-0,7 [1,5]	-0,4 [1,7]	0,3 [0,7]	0,1 [0,8]	-0,9 [1,0]
Gesamtergebnis	-0,8 [1,8]	-1,3 [6,7]	0,2 [4,0]	-0,8 [1,3]	-0,5 [1,4]	0,2 [0,6]	0,0 [0,8]	-1,1 [1,2]

Tabelle 24: Volumenveränderung nach Grund des Zahnverlustes in der Kollagenruppe

In der Kollagenruppe zeigte sich ohne Parodontitis mit 4% klinischem Breiten- und 4% radiologischem Höhenverlust ähnliche Werte wie mit Parodontitis mit 2% und 1%. Der vestibuläre Defekt vergrößerte sich in Fällen ohne Parodontitis marginalis profunda im Mittel nur noch um 9%, nach marginaler Entzündung um 7%.

4.2.2.2.2 Defektklasse

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
Klasse I	-1,1 [1,7]	-2,0 [6,3]	0,5 [1,1]	-0,9 [0,6]	-0,6 [1,0]	0,2 [0,6]	0,0 [0,5]	-1,2 [1,0]
Klasse II	-0,5 [2,0]	-1,7 [7,1]	0,3 [5,7]	-0,3 [1,5]	-0,5 [1,8]	0,2 [0,7]	0,0 [1,1]	-1,0 [1,4]
Klasse III	-1,0 [0,0]	2,4 [5,6]	-1,0 [1,0]	-2,4 [0,3]	-0,3 [0,4]	0,1 [0,5]	-0,4 [0,4]	-1,8 [1,0]
Gesamtergebnis	-0,8 [1,8]	-1,3 [6,7]	0,2 [4,0]	-0,8 [1,3]	-0,5 [1,4]	0,2 [0,6]	0,0 [0,8]	-1,1 [1,2]

Tabelle 25: Volumenverlust nach Klasse in der Kollagenruppe

In der Kollagenruppe ging mit 5% in Klasse II am wenigsten in klinischer Breite und mit 2% in radiologischer Höhe verloren. Klasse III verlor hier mit 13% und 3 % am meisten.

4.2.2.2.3 Lokalisation

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
Frontzahn	-1,0 [1,6]	-0,4 [2,2]	0,2 [0,5]	-0,8 [1,2]	-0,2 [1,5]	0,1 [0,8]	0,1 [0,6]	-1,4 [1,1]
Eckzahn	0,1 [2,2]	0,3 [9,5]	-1,1 [6,9]	0,1 [1,6]	-1,1 [1,9]	0,1 [0,6]	0,1 [0,7]	-1,5 [1,7]
Prämolar	-1,1 [1,5]	-2,8 [7,2]	0,9 [3,5]	-1,3 [0,9]	-0,5 [0,7]	0,2 [0,5]	-0,2 [1,0]	-0,8 [0,9]
Gesamtergebnis	-0,8 [1,8]	-1,3 [6,7]	0,2 [4,0]	-0,8 [1,3]	-0,5 [1,4]	0,2 [0,6]	0,0 [0,8]	-1,1 [1,2]

Tabelle 26: Volumenverlust nach Lokalisation in der Kollagenruppe

Bei den Eckzähnen konnte weder klinisch noch radiologisch ein Breitenverlust verzeichnet werden. Die Höhe nahm im Mittel um 5% ab.

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
Oberkiefer	-0,5 [1,9]	-2,0 [6,9]	0,2 [4,5]	-0,6 [1,3]	-0,2 [1,1]	0,1 [0,6]	0,1 [0,7]	-1,2 [1,3]
Unterkiefer	-1,6 [1,0]	0,7 [5,7]	0,4 [2,1]	-1,3 [1,0]	-1,5 [1,6]	0,3 [0,7]	-0,4 [1,0]	-0,9 [1,0]
Gesamtergebnis	-0,8 [1,8]	-1,3 [6,7]	0,2 [4,0]	-0,8 [1,3]	-0,5 [1,4]	0,2 [0,6]	0,0 [0,8]	-1,1 [1,2]

Tabelle 27: Volumenverlust nach Kiefer in der Kollagenruppe

Im Oberkiefer verringerte sich die Breite im Mittel um 4%, die Höhe um 1%.

Im Unterkiefer war die Abnahme mit 23% und 8% deutlich größer.

4.2.2.3 TUBER-OS-MUKOSA TRANSPLANTAT

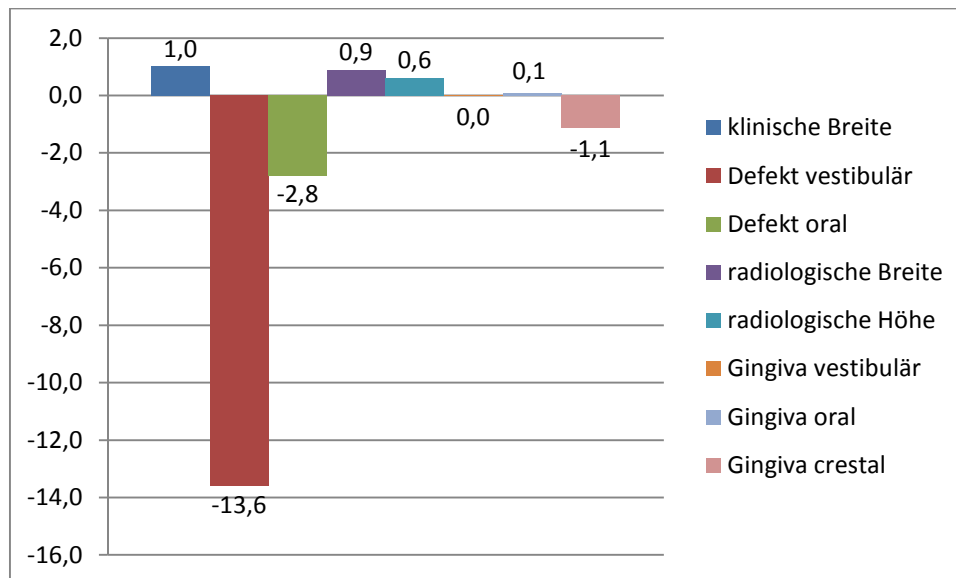


Abbildung 29: Volumenveränderungen der Alveolen in der TOM-Gruppe

Klinisch vergrößerte sich die transversale Breite der Alveole in der Messung mit dem 3D Zirkel um durchschnittlich 1,0mm (max.6,0mm; min -2,0mm); relativ um 39%.

Der vestibuläre Defekt verminderte sich im Mittel um -13,6mm² (max.4,0mm; min -51mm), prozentual um 43%; der palatinale Defekt nahm um durchschnittlich -2,8mm² (max.5,0mm; min. -30,0mm), prozentual um 13% zu.

Radiologisch verbesserte sich die Breite in der TSA um durchschnittlich 0,9mm (max. 5,0mm; min -1,7mm), was einer relativen Veränderung von 27% entsprach.

Die Höhe legte in der Panoramaschichtaufnahme um durchschnittlich 0,6mm zu (max. 5,7mm; min -2,3mm), was einer relativen Veränderung von 7% entsprach.

Veränderungen im Weichgewebe zeigten sich an der Gingiva palatinal im Mittel um 0,1mm oder 7%. Die Dicke des Saumepithels nahm um -1,1mm oder 22% ab.

4.2.2.3.1 Grund Zahnverlust

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
ohne marginale Parodontitis	0,3 [1,9]	-9,3 [13,9]	-0,4 [2,2]	0,7 [1,5]	-0,2 [1,3]	-0,1 [0,5]	0,2 [0,7]	-0,8 [1,4]
mit marginaler Parodontitis	1,9 [2,7]	-19,0 [17,4]	-5,9 [9,6]	1,2 [1,9]	1,7 [2,1]	0,1 [0,9]	0,0 [0,7]	-1,5 [1,4]
Gesamtergebnis	1,0 [2,4]	-13,6 [16,3]	-2,8 [7,1]	0,9 [1,7]	0,6 [1,9]	0,0 [0,7]	0,1 [0,7]	-1,1 [1,4]

Tabelle 28: Volumenveränderung nach Grund des Zahnverlustes in der TOM-Gruppe

In der TOM-Gruppe war nach Parodontitis marginalis profunda der Zugewinn mit 69% Breite und 17% Höhe deutlicher als in Fällen ohne Parodontitis mit 14% und 1%.

Auch die Reduktion des vestibulären und oralen Defekts fiel mit 58% und 26% deutlicher aus als in Fällen ohne stattgehabte entzündliche Veränderung mit 31% und 3%.

4.2.2.3.2 Defektklasse

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
Klasse I	0,2 [1,9]	-9,9 [15,1]	0,0 [0,0]	0,5 [1,5]	-0,1 [1,7]	0,1 [0,6]	0,3 [0,6]	-0,7 [1,3]
Klasse II	2,0 [2,5]	-19,1 [16,9]	-5,2 [9,5]	1,3 [1,5]	1,4 [1,9]	-0,1 [0,9]	-0,1 [0,8]	-1,6 [1,3]
Klasse III	2,0 [3,0]	-12,6 [12,4]	-14,0 [7,0]	1,9 [2,9]	2,3 [1,4]	0,0 [0,0]	-0,5 [0,5]	-2,6 [0,9]
Gesamtergebnis	1,0 [2,4]	-13,6 [16,3]	-2,8 [7,1]	0,9 [1,7]	0,6 [1,9]	0,0 [0,7]	0,1 [0,7]	-1,1 [1,4]

Tabelle 29: Volumenverlust nach Klasse in der TOM-Gruppe

In den Klassen II und III ergaben sich die höchsten Breiten- und Höhenzugewinne, die mit 78% und 18% in Klasse III deutlicher als in Klasse II mit 70% und 30% ausfielen.

4.2.2.3.3 Lokalisation

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
Frontzahn	1,3 [2,3]	-18,2 [18,7]	-2,7 [6,4]	1,7 [1,9]	1,4 [2,3]	-0,2 [0,6]	-0,1 [0,5]	-1,4 [1,6]
Eckzahn	1,0 [2,7]	-14,2 [14,6]	-4,3 [10,5]	0,9 [1,6]	0,2 [1,2]	-0,1 [0,8]	-0,1 [1,0]	-0,8 [1,3]
Prämolar	0,9 [2,3]	-10,1 [14,1]	-2,2 [5,7]	0,4 [1,3]	0,3 [1,7]	0,1 [0,8]	0,3 [0,6]	-1,1 [1,2]
Gesamtergebnis	1,0 [2,4]	-13,6 [16,3]	-2,8 [7,1]	0,9 [1,7]	0,6 [1,9]	0,0 [0,7]	0,1 [0,7]	-1,1 [1,4]

Tabelle 30: Volumenverlust nach Lokalisation in der TOM-Gruppe

Am deutlichsten nahmen die Breite mit 55% und die Höhe mit 15% bei Frontzähnen zu.

Mittelwert [Stdv]	klin. Breite	Defekt vest.	Defekt oral	rad. Breite	rad. Höhe	Gingiva vest.	oral	crestal
Oberkiefer	1,3 [2,5]	-14,8 [16,8]	-3,1 [8,0]	1,0 [1,6]	0,6 [1,9]	-0,1 [0,7]	0,1 [0,8]	-1,1 [1,5]
Unterkiefer	0,3 [1,7]	-10,1 [14,3]	-1,9 [3,6]	0,8 [1,9]	0,6 [1,9]	0,2 [0,8]	0,0 [0,3]	-1,3 [1,1]
Gesamtergebnis	1,0 [2,4]	-13,6 [16,3]	-2,8 [7,1]	0,9 [1,7]	0,6 [1,9]	0,0 [0,7]	0,1 [0,7]	-1,1 [1,4]

Tabelle 31: Volumenverlust nach Kiefer in der TOM-Gruppe

Am stärksten fiel der Zugewinn an klinischer Breite mit 44% im Oberkiefer aus, die radiologische Höhe verbesserte sich in Ober- und Unterkiefer gleichermaßen um 7%.

4.2.3 Komplikationen

4.2.3.1 KOAGEL

Komplikationsart	Komplikation	Anzahl
keine		28
partieller Misserfolg	Teilverlust	3
Verschlechterung	Alveolitis / Dry Socket	1
Gesamtergebnis		32

Tabelle 32: Komplikationen in der Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe kam es in 88% zu einer komplikationslosen Abheilung. Geringfügige Probleme in der Abheilungsphase zeigten sich in 9% der Fälle. In einem Fall (3%) kam es zu einer Verschlechterung der Ausgangssituation.

4.2.3.2 KOLLAGENKEGEL

Komplikationsart	Komplikation	Anzahl
keine		18
partieller Misserfolg	Teilverlust schmieriger Teilverlust	9 1
Misserfolg	Totalverlust	2
Verschlechterung	Alveolitis / Dry Socket sulzige Granulation	3 1
Gesamtergebnis		34

Tabelle 33: Komplikationen in der Kollagengruppe

In der Kollagengruppe kam es nur in 53% zu einer komplikationslosen Abheilung. Geringfügige Probleme zeigten sich in 29% der Fälle (3% mit oberflächlicher Infektion). In 18% der Fälle kam es zu einem Misserfolg oder gar zur Verschlechterung der Ausgangssituation.

4.2.3.3 TUBER-OS-MUKOSA TRANSPLANTAT

Komplikationsart	Komplikation	Anzahl
keine		19
partieller Misserfolg	oberfl. fibrinöse Nekrose partielle Sequester	8 4
Misserfolg	Totalverlust	1
Verschlechterung	sulzige Granulation	1
Entnahmestelle	Blutung Mund-Antrum-Verbindung Verletzung Wange	1 1 1
Gesamtergebnis		36

Tabelle 34: Komplikationen in der TOM-Gruppe

In der TOM-Gruppe kam es nur in 53% zu einer komplikationslosen Abheilung. Geringfügige Probleme zeigten sich in 33% der Fälle. In insgesamt 15% der Fälle kam es zu einem Misserfolg, zur Verschlechterung der Ausgangssituation oder zu Komplikationen an der Entnahmestelle (9%).

4.2.4 Zeitlicher Aufwand

4.2.4.1 KOAGEL

Mittelwert [Stdv]	Mittelwert			
	zusätzlicher Zeitbedarf	Anzahl Nachbehandlungen	Gesamtsumme Zeit	Nachbehandlung in Tagen
Ergebnis	0,0 [0,0]	1,6 [0,9]	8,3 [4,9]	14,2 [7,9]

Tabelle 35: Zeitbedarf in der Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe bedurfte es über die Zeit zur Zahnentfernung hinaus keiner weiteren Behandlungszeit.

Bei rund 1,6 Nachbehandlungsterminen ergab sich ein Gesamtzeitaufwand von 8,3 Minuten. Nach 14,2 Tagen war die primäre Behandlung abgeschlossen.

4.2.4.2 KOLLAGENKEGEL

Mittelwert [Stdv]	Mittelwert			
	zusätzlicher Zeitbedarf	Anzahl Nachbehandlungen	Gesamtsumme Zeit	Nachbehandlung in Tagen
Ergebnis	5,8 [1,6]	1,8 [1,1]	14,7 [5,7]	14,7 [7,4]

Tabelle 36: Zeitbedarf in der Kollagengruppe

In der Kollagengruppe bedurfte es im Schnitt 5,8 zusätzlicher Minuten zum Platzieren des Kegels sowie zum Zuschneiden und Fixieren der Membran.

Es ergab sich bei 1,8 Nachbehandlungsterminen ein Gesamtzeitaufwand von 14,7 Minuten. Nach 14,7 Tagen war die primäre Behandlung abgeschlossen.

4.2.4.3 TUBER-OS-MUKOSA TRANSPLANTAT

Mittelwert [Stdv]	Mittelwert			
	zusätzlicher Zeitbedarf	Anzahl Nachbehandlungen	Gesamtsumme Zeit	Nachbehandlung in Tagen
Ergebnis	16,0 [5,1]	2,1 [1,0]	26,2 [6,5]	16,6 [7,7]

Tabelle 37: Zeitbedarf in der TOM-Gruppe

In der TOM-Gruppe bedurfte es im Schnitt 16,0 zusätzlicher Minuten zum Gewinnen und Fixieren des Transplantates sowie zur Versorgung der Entnahmestelle.

Es ergab sich bei 2,1 Nachbehandlungsterminen ein Gesamtzeitaufwand von 26,2 Minuten. Nach 16,6 Tagen war die primäre Behandlung abgeschlossen.

4.2.5 Finanzieller Aufwand

Zur Berechnung kamen alle über den Umfang der Zahnentfernung hinausgehende Maßnahmen nach der gültigen GOZ von 2012 (DGI LV Rheinland Pfalz, 2014).

Während in der Kontrollgruppe dem Patienten keine weitere Aufwendungen entstanden, wurde in der Kollagen- und TOM-Gruppe das Auffüllen des Knochendefektes nach GOZ 4110 mit 2,3 fachen Satz mit 23,28€ in Ansatz gebracht.

In der Kollagengruppe addierte sich das Material mit Kollagenkegel (7,85€) und Membranfleece (19,84€) zu 27,69€ und mit der Arbeitsleistung von 23,28€ zu einer Gesamtsumme von 50,97€.

In der TOM-Gruppe wurde der Materialpreis durch die zusätzlich notwendige Naht mit 9,60€ berechnet und zur Gewinnung des Transplantates die Position 9140 mit 84,08€ veranschlagt. Mit dem Auffüllen ergab sich die Gesamtsumme von 116,96€.

Die Folgekosten ergaben sich in allen Gruppen nach der Notwendigkeit von weiteren Maßnahmen zur Implantation: Neben den verwendeten Materialien Knochenersatzmaterial, Membran und Knochenfalle wurden bei gleichzeitig möglicher Implantation je nach Notwendigkeit die 9090 für Knochengewinnung und Implantation, die 4110 für das Auffüllen von Defekten, die 9130 für das Spreading, ggf. die 9140 für die Knochenblockgewinnung oder die eigentliche Implantatsetzung mit dem Faktor 3,5 statt 2,8 veranschlagt. War keine Implantation möglich, wurden zusätzlich die 9140x2 für die Blockgewinnung, die 9135 für die Fixation, die 9160 für die Entfernung der Osteosynthese sowie die 9100 für den Aufbau des Alveolarfortsatzes notwendig.

Der inkrementelle Kosteneffektivitätsquotient wurde zur Beschreibung der Kosteneffektivität herangezogen. Wird in der Bestimmungsformel:

$$\text{ICER} = \frac{\text{Kosten Alternative} - \text{Kosten Standard}}{\text{Nutzen Alternative} - \text{Nutzen Standard}}$$
 als Nutzen die prozentuale Wahrscheinlichkeit der Implantierbarkeit definiert, ergibt sich für die Vergleichsgruppen ein Wert von €/%, der den finanziellen Aufwand zur Verbesserung der Implantationswahrscheinlichkeit um 1% angibt.

4.2.5.1 KOAGEL

Bei der Implantation ergab sich der finanzielle Aufwand wie folgt:

Mittelwert [Stdv]	Mittelwert		
	zusätzlicher Materialaufwand	Kosten ab Socket Preservation	Gesamtkosten Patient ohne Implantation
Ergebnis	38,15 [41,17]	100,75 [96,31]	100,75 [96,31]

Tabelle 38: Finanzbedarf in der Kontrollgruppe

Im Schnitt mussten die Patienten der Kontrollgruppe bei der Implantation 100,75€ für knochenbauende Maßnahmen zusätzlich zu den Implantationskosten investieren.

4.2.5.2 KOLLAGENKEGEL

Mittelwert [Stdv]	Mittelwert		
	zusätzlicher Materialaufwand	Kosten ab Socket Preservation	Gesamtkosten Patient ohne Implantation
Ergebnis	55,15 [44,30]	175,95 [154,87]	216,57 [155,85]

Tabelle 39: Finanzbedarf in der Kollagengruppe

Zusätzlich zu den Kosten für die Implantation mussten Patienten der Kollagengruppe im Mittel 216,57€ für Socket Preservation und aufbauende Maßnahmen aufwenden.

Der inkrementelle Kosteneffektivitätsquotient errechnet sich somit aus $216,57€ - 100,75€ / 79\% - 81\%$ zu einem negativen Wert:

$$ICER = -57,91 \text{ €/}\%$$

4.2.5.3 TUBER-OS-MUKOSA TRANSPLANTAT

Mittelwert [Stdv]	Mittelwert		
	zusätzlicher Materialaufwand	Kosten ab Socket Preservation	Gesamtkosten Patient ohne Implantation
Ergebnis	28,04 [29,80]	71,71 [101,32]	186,68 [100,59]

Tabelle 40: Finanzbedarf in der TOM-Gruppe

Zusätzlich zur Implantation mussten Patienten der TOM-Gruppe im Mittel 186,68€ für Socket Preservation und weitere knochenbauende Maßnahmen aufwenden.

Der inkrementelle Kosteneffektivitätsquotient errechnet sich somit aus $186,68€ - 100,75€ / 97\% - 81\%$ zu

$$ICER = 5,37 \text{ €/}\%$$

4.2.6 Rentabilität

Die Rentabilität für die Praxis ergibt sich aus den Erlösen für die erbrachte Leistung ohne Materialpreis in Euro durch die dafür aufgewendete Zeit in Minuten.

Erlöse und zusätzlicher Zeitbedarf nach Socket Preservation bei Implantation für weitere Aufbauten sind ohne die eigentliche Implantation berechnet.

Der Stundensatz ergibt sich aus der Rentabilität (abgerechnete Leistung in €/min) multipliziert mit 60 Minuten.

4.2.6.1 KOAGEL

		Mittelwert					
Mittelwert [Stdv]	Erlöse SP	Zeitaufwand SP	\sum Zeit SP + Nachbehandlung	Erlöse ab SP	Zeitaufwand ab SP	Erlöse gesamt	Rentabilität gesamt
Ergebnis	0,00 [0,00]	0,0 [0,0]	8,3 [4,5]	62,60 [76,87]	8,2 [6,4]	62,60 [76,87]	4,35 [3,39]

Tabelle 41: Rentabilität in der Kontrollgruppe

Ohne vorausgehende Socket Preservation ergibt sich für die begleitenden Maßnahmen bei Implantation ein Stundensatz von 261,00 €.

4.2.6.2 KOLLAGENKEGEL

		Mittelwert					
Mittelwert [Stdv]	Erlöse SP	Zeitaufwand SP	\sum Zeit SP + Nachbehandlung	Erlöse ab SP	Zeitaufwand ab SP	Erlöse gesamt	Rentabilität gesamt
Ergebnis	23,28 [0,00]	5,8 [2,4]	14,7 [5,8]	110,44 [130,46]	14,6 [19,7]	133,72 [130,46]	4,54 [3,33]

Tabelle 42: Rentabilität in der Kollagengruppe

Für die eigentliche Socket Preservation durch Kollagenkegel ergibt sich eine Rentabilität von 4,01€, was einem Stundensatz von 240,83€ entspricht.

Zusammengerechnet mit den Erlösen und dem Zeitaufwand für zusätzliche Maßnahmen bei der Implantation ergibt sich ein Stundensatz von 272,40€.

4.2.6.3 TUBER-OS-MUKOSA TRANSPLANTAT

		Mittelwert					
Mittelwert [Stdv]	Erlöse SP	Zeitaufwand SP	\sum Zeit SP + Nachbehandlung	Erlöse ab SP	Zeitaufwand ab SP	Erlöse gesamt	Rentabilität gesamt
Ergebnis	107,36 [0,00]	16,0 [4,9]	26,2 [6,6]	41,68 [92,37]	4,6 [6,9]	149,04 [92,37]	4,88 [1,97]

Tabelle 43: Rentabilität in der TOM-Gruppe

Für die reine Socket Preservation durch Tuber-Os-Mukosa Transplantat ergibt sich eine Rentabilität von 6,71€/min, was zunächst einem Stundensatz von 402,60€ entspricht.

Für den gesamten Vorgang der Socket Preservation durch TOM-Transplantat mit allen begleitenden und folgenden Maßnahmen ergibt sich ein Stundensatz von 292,80€.

4.3 Statistischer Vergleich

4.3.1 Kollagenkegel mit Kontrollgruppe

4.3.1.1 IMPLANTIERBARKEIT

n Implantation = ja/nein (%)	Kontrollgruppe 32	Kollagenkegel 34	p
Alle	26/6 (81.2/18.8)	27/7 (79.4/20.6)	1.000
Grund Zahnverlust			
ohne Parodontitis marginalis profunda	15/0 (100.0/0.0)	14/2 (87.5/12.5)	0.494
mit Parodontitis marginalis profunda	11/6 (64.7/35.3)	13/5 (72.2/27.8)	0.909
Defektklasse			
Klasse I	14/1 (93.3/6.7)	13/1 (92.9/7.1)	1.000
Klasse II	9/3 (75.0/25.0)	11/5 (68.8/31.2)	1.000
Klasse III	3/2 (60.0/40.0)	3/1 (75.0/25.0)	1.000
Lokalisation			
Frontzahn	9/1 (90.0/10.0)	11/1 (91.7/8.3)	1.000
Eckzahn	6/2 (75.0/25.0)	4/3 (57.1/42.9)	0.855
Prämolar	11/3 (78.6/21.4)	12/3 (80.0/20.0)	1.000
Oberkiefer	18/5 (78.3/21.7)	19/6 (76.0/24.0)	1.000
Unterkiefer	8/1 (88.9/11.1)	8/1 (88.9/11.1)	1.000

Tabelle 44: Chi2-Test zur Implantierbarkeit Kollagen- zu Kontrollgruppe

Signifikante Unterschiede in der Implantierbarkeit zwischen Kollagen- und Kontrollgruppe waren nicht zu verzeichnen:

Im Unterschied zur Kontrollgruppe mit 81% konnten in der Koagelgruppe nur 79% der Fälle implantiert werden. Dieser Unterschied liegt jedoch im Normbereich.

Lag keine entzündliche Veränderung des crestalen Parodonts bei der Zahnentfernung vor, war mit 100% die Implantierbarkeit in der Kontrollgruppe gegenüber 88% in der Kollagengruppe deutlich besser, dies war jedoch nicht signifikant.

Im Gegensatz dazu war in der Untergruppe mit Parodontitis marginalis das Outcome in der Kollagengruppe mit 72 % im Verhältnis zu 65% der Kontrollgruppe besser, aber ebenfalls nicht signifikant.

Die Unterscheidung nach Defektklassen zeigte keine Abweichung von der normalen Streuung.

Ebenso zeigte die Differenzierung nach der Lokalisation keine signifikanten Unterschiede. Lediglich in der Eckzahnregion war das Ergebnis für die Kontrollgruppe mit 75% zu 57% in der Kollagengruppe tendenziell günstiger. Die Signifikanzschwelle wurde jedoch auch hier nicht erreicht.

4.3.1.2 VOLUMENERHALT

Differenz % (median[IQR])		Kontrollgruppe	Kollagenkegel	p		
Alle	klinische Breite	-18.47 [-25.00, -12.15]	-13.39 [-23.08, -6.91]	0.161		
	vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 44.64]	0.00 [-14.29, 0.00]	0.032		
	radiologische Höhe	-5.21 [-9.20, -0.74]	-1.14 [-9.73, 0.00]	0.266		
Grund Zahnverlust ohne Parodontitis marginalis	klinische Breite	-17.65 [-19.38, -6.90]	-13.39 [-22.05, -7.50]	0.766		
	vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 34.76]	0.00 [-3.57, 10.83]	0.242		
	radiologische Höhe	-3.15 [-5.70, -0.36]	-2.27 [-10.39, 0.00]	0.526		
	mit Parodontitis marginalis	klinische Breite	-22.73 [-25.00, -17.65]	-13.39 [-24.52, -6.91]	0.140	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 50.00]	0.00 [-16.07, 0.00]	0.074	
		radiologische Höhe	-6.25 [-12.04, -1.44]	0.00 [-7.73, 0.59]	0.068	
Defektklasse	Klasse I	klinische Breite	-18.75 [-22.47, -11.25]	-11.96 [-25.92, -10.00]	0.498	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 103.33]	0.00 [0.00, 0.00]	0.109	
		radiologische Höhe	-5.51 [-8.86, -1.10]	-2.27 [-6.44, 0.00]	0.419	
	Klasse II	klinische Breite	-21.32 [-26.25, -16.57]	-20.31 [-23.56, 9.38]	0.208	
		vestibulärer Defekt	8.33 [0.00, 44.64]	0.00 [-16.67, 5.00]	0.071	
		radiologische Höhe	-5.82 [-10.02, -0.81]	-1.42 [-10.70, 0.20]	0.429	
	Klasse III	klinische Breite	-17.65 [-25.00, 0.00]	-13.39 [-14.29, -11.88]	0.621	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 0.00]	0.00 [-4.17, 25.00]	0.788	
		radiologische Höhe	-3.15 [-4.50, 1.71]	0.00 [-3.12, 0.00]	1.000	
	Lokalisation	Frontzahn	klinische Breite	-17.65 [-20.00, -11.07]	-13.39 [-26.10, -4.41]	0.869
			vestibulärer Defekt	7.14 [0.00, 24.17]	0.00 [-3.57, 25.00]	0.138
			radiologische Höhe	-3.41 [-7.92, -0.27]	-2.88 [-10.83, 6.64]	0.947
		Eckzahn	klinische Breite	-25.00 [-32.12, -16.36]	-12.50 [-23.79, 33.33]	0.117
			vestibulärer Defekt	0.00 [-8.33, 55.36]	0.00 [-15.48, 45.71]	0.953
			radiologische Höhe	-6.09 [-12.41, -3.80]	-0.76 [-6.40, 0.00]	0.247
Prämolar		klinische Breite	-18.47 [-24.43, -11.67]	-14.29 [-20.91, -10.00]	0.458	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 32.14]	0.00 [-11.02, 0.00]	0.028	
		radiologische Höhe	-4.77 [-8.43, -0.72]	0.00 [-7.36, 0.00]	0.415	
Oberkiefer		klinische Breite	-17.65 [-23.86, -12.22]	-11.43 [-21.88, 0.00]	0.084	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 46.43]	0.00 [-14.29, 0.00]	0.010	
		radiologische Höhe	-5.04 [-8.86, 0.00]	0.00 [-5.93, 0.00]	0.237	
Unterkiefer		klinische Breite	-25.00 [-33.33, -12.50]	-23.08 [-28.57, -14.29]	0.965	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 0.00]	0.00 [0.00, 25.00]	0.887	
		radiologische Höhe	-5.51 [-9.35, -2.24]	-6.61 [-10.28, -4.24]	0.825	

Tabelle 45: Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test der Volumenänderungen Kollagen- zu Kontrollgruppe

In der gesamten Kollagengruppe ging mit einem p-Wert von 0.161 in nicht signifikantem Ausmaß weniger klinische Breite verloren. Der vestibuläre Defekt verringerte sich bei Verwendung eines Kollagenkegels mit $p=0,032$ signifikant.

Der Effekt des Volumenerhalts war in der Untergruppe mit Parodontitis marginalis deutlicher ausgeprägt, erreichte aber bei keiner Ausprägung die Signifikanzgrenze.

Die Unterscheidung nach Defektklassen zeigte sich eine deutliche Tendenz für einen geringeren Volumenverlust in der Klasse II bei Verwendung eines Kollagenkegels. Signifikanzniveau wurde jedoch auch hier nicht erreicht.

Bei der Differenzierung nach Lokalisation profitierte tendenziell die Eckzahnregion in klinischer Breite und radiologischer Höhe ohne Signifikanz.

Bei der Abnahme des vestibulären Defekts der Prämolarenregion wurde mit $p=0,028$ die Signifikanzgrenze erreicht.

Die Ergebnisse waren insgesamt im Oberkiefer deutlich besser. Jedoch nur die Abnahme des vestibulären Defekts erreichte mit $p=0,01$ Signifikanzniveau.

4.3.1.3 KOMPLIKATIONEN

Komplikationen gruppiert n (%)	Kontrollgruppe 32	Kollagenkegel 34	p 0.021
keine	28 (87.5)	18 (52.9)	
gering (partieller Misserfolg)	3 (9.4)	10 (29,4)	
relevant (Misserfolg, Verschlechterung)	1 (3.1)	6 (17.6)	

Tabelle 46: Chi2-Test zur Komplikationsrate Kollagen- zu Kontrollgruppe

Die Komplikationsrate war in der Kollagenengruppe mit insgesamt 47% signifikant höher.

4.3.1.4 ZEITLICHER AUFWAND

Median [IQR]	Kontrollgruppe	Kollagenkegel	p
Summe Zeit in Minuten	5.00 [5.00, 10.00]	12.00 [10.25, 17.00]	<0.001
Dauer Nachbehandlung in Tagen	10.00 [10.00, 17.00]	10.00 [10.00, 17.25]	0.510

Tabelle 47: Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test zum zeitlichen Aufwand Kollagen- zu Kontrollgruppe

Der zeitliche Aufwand war in der Kollagenengruppe signifikant höher; die Anzahl der Nachbehandlungstage jedoch nicht.

4.3.1.5 FINANZIELLER AUFWAND

Median [IQR]	Kontrollgruppe	Kollagenkegel	p
Kosten Patient gesamt	77.43 [0.00, 163.38]	205.83 [128.40, 252.05]	0.001
Rentabilität gesamt	3.01 [1.71, 6.98]	3.25 [2.33, 6.26]	0.538

Tabelle 48: Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test zum finanziellen Aufwand und zur Rentabilität Kollagen- zu Kontrollgruppe

Für Patienten der Kollagenengruppe war der finanzielle Aufwand signifikant grösser.

4.3.1.6 RENTABILITÄT

Die Rentabilität für den Behandler war in der Kollagenengruppe nicht signifikant erhöht.

4.3.2 Tuber-Os-Mukosa Transplantat mit Kontrollgruppe

4.3.2.1 IMPLANTIERBARKEIT

n Implantation = ja/nein (%)	Kontrollgruppe 32	TOM-Transplant 36	p
Alle	26/6 (81.2/18.8)	35/1 (97.2/2.8)	0.078
Grund Zahnverlust			
ohne Parodontitis marginalis profunda	15/0 (100.0/0.0)	20/0 (100.0/0.0)	NaN
mit Parodontitis marginalis profunda	11/6 (64.7/35.3)	15/1 (93.8/6.2)	0.107
Defektklasse			
Klasse I	14/1 (93.3/6.7)	20/0 (100.0/0.0)	0.884
Klasse II	9/3 (75.0/25.0)	13/1 (92.9/7.1)	0.476
Klasse III	3/2 (60.0/40.0)	2/0 (100.0/0.0)	0.895
Lokalisation			
Frontzahn	9/1 (90.0/10.0)	12/0 (100.0/0.0)	0.926
Eckzahn	6/2 (75.0/25.0)	6/1 (85.7/14.3)	1.000
Prämolar	11/3 (78.6/21.4)	17/0 (100.0/0.0)	0.162
Oberkiefer	18/5 (78.3/21.7)	26/1 (96.3/3.7)	0.129
Unterkiefer	8/1 (88.9/11.1)	9/0 (100.0/0.0)	1.000

Tabelle 49: Chi2-Test zur Implantierbarkeit TOM- zu Kontrollgruppe

Bei der Implantierbarkeit gab es zwischen Transplantat- (97%) und Kontrollgruppe (81%) eine deutliche Tendenz zugunsten der TOM-Gruppe, die jedoch bei einem p-Wert von 0,078 das Signifikanzniveau nicht erreichte.

Dieser Unterschied zeigte sich deutlich in der Untergruppe mit Parodontitis marginalis profunda (94% zu 65%), erreichte aber mit $p = 0,107$ ebenfalls keine Signifikanz.

In der Untergruppe ohne Parodontitis marginalis profunda konnte in allen Fällen sowohl in der Transplantat- als auch in der Kontrollgruppe implantiert werden. Eine Testung auf Signifikanz erübrigte sich.

Bei der Unterscheidung nach Defektklassen zeigte sich eine Tendenz zum Vorteil der Transplantatgruppe in Klasse II, was allerdings weit von einer Signifikanz entfernt war.

In der Lokalisationsdifferenzierung profitierten Prämolaren und die Oberkieferlokalisierung am deutlichsten, erreichten aber ebenfalls kein Signifikanzniveau.

4.3.2.2 VOLUMENERHALT

Differenz % (median[IQR])		Kontrollgruppe	TOM-Transplant	p		
Alle	klinische Breite	-18.47 [-25.00, -12.15]	0.00 [-10.13, 53.65]	<0.001		
	vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 44.64]	-50.51 [-100.00, 0.00]	<0.001		
	radiologische Höhe	-5.21 [-9.20, -0.74]	2.49 [-4.67, 11.54]	0.002		
Grund Zahnverlust ohne Parodontitis marginalis	klinische Breite	-17.65 [-19.38, -6.90]	-2.94 [-8.62, 8.12]	0.004		
	vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 34.76]	-52.32 [-100.00, 0.00]	0.006		
	radiologische Höhe	-3.15 [-5.70, -0.36]	-0.40 [-6.89, 4.69]	0.527		
	mit Parodontitis marginalis	klinische Breite	-22.73 [-25.00, -17.65]	35.03 [-14.29, 141.67]	<0.001	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 50.00]	-50.51 [-89.43, -33.93]	<0.001	
		radiologische Höhe	-6.25 [-12.04, -1.44]	10.17 [0.96, 23.62]	<0.001	
Defektklasse	Klasse I	klinische Breite	-18.75 [-22.47, -11.25]	-2.94 [-8.62, 8.12]	0.001	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 103.33]	-52.32 [-100.00, 0.00]	0.003	
		radiologische Höhe	-5.51 [-8.86, -1.10]	-2.74 [-6.89, 2.48]	0.194	
	Klasse II	klinische Breite	-21.32 [-26.25, -16.57]	42.46 [-6.43, 133.33]	0.001	
		vestibulärer Defekt	8.33 [0.00, 44.64]	-52.27 [-87.50, -30.36]	<0.001	
		radiologische Höhe	-5.82 [-10.02, -0.81]	9.66 [2.99, 19.00]	0.004	
	Klasse III	klinische Breite	-17.65 [-25.00, 0.00]	78.07 [33.77, 122.37]	0.241	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 0.00]	-25.86 [-38.44, -13.28]	0.108	
		radiologische Höhe	-3.15 [-4.50, 1.71]	17.59 [11.76, 23.43]	0.121	
	Lokalisation	Frontzahn	klinische Breite	-17.65 [-20.00, -11.07]	0.00 [-6.79, 133.33]	0.009
			vestibulärer Defekt	7.14 [0.00, 24.17]	-52.78 [-100.00, 0.00]	0.003
			radiologische Höhe	-3.41 [-7.92, -0.27]	7.49 [-4.67, 24.93]	0.035
		Eckzahn	klinische Breite	-25.00 [-32.12, -16.36]	0.00 [-10.00, 29.41]	0.020
			vestibulärer Defekt	0.00 [-8.33, 55.36]	-72.22 [-91.67, -38.57]	0.027
			radiologische Höhe	-6.09 [-12.41, -3.80]	2.41 [-2.14, 5.96]	0.064
Prämolar		klinische Breite	-18.47 [-24.43, -11.67]	6.67 [-10.53, 26.32]	0.001	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 32.14]	-37.50 [-91.07, 0.00]	0.001	
		radiologische Höhe	-4.77 [-8.43, -0.72]	1.67 [-6.31, 8.03]	0.131	
Oberkiefer		klinische Breite	-17.65 [-23.86, -12.22]	0.00 [-8.57, 108.33]	<0.001	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 46.43]	-54.55 [-100.00, 0.00]	<0.001	
		radiologische Höhe	-5.04 [-8.86, 0.00]	2.41 [-4.42, 11.80]	0.011	
Unterkiefer		klinische Breite	-25.00 [-33.33, -12.50]	-7.14 [-10.53, 25.00]	0.010	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 0.00]	-50.00 [-88.89, -0.69]	0.020	
		radiologische Höhe	-5.51 [-9.35, -2.24]	5.92 [-6.41, 8.03]	0.070	

Tabelle 50: Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test der Volumenänderungen TOM- zu Kontrollgruppe

Verglichen mit den Verlusten in der Kontrollgruppe wurde in der gesamten TOM-Gruppe klinische Breite und radiologische Höhe hoch signifikant dazugewonnen.

Auch der vestibuläre Defekt wurde mit einem p-Wert von 0,002 signifikant reduziert.

Dieser Effekt war in der Untergruppe mit Parodontitis marginalis in allen Dimensionen mit $p < 0,001$ deutlicher ausgeprägt, erreichte aber auch in der Untergruppe ohne Parodontitis marginalis bei der klinischen Breite und der Abnahme des vestibulären Defektes mit $p = 0,004$ und $p = 0,006$ Signifikanzniveau.

Bei Unterscheidung nach Defektklassen zeigte sich in Klasse II eine Signifikanz in allen Dimensionen; in Klasse I für die klinische Breite und den vestibulären Defekt.

Bei der Differenzierung nach Lokalisation erzielte das Transplantat bei den Frontzähnen in allen Dimensionen signifikante Zugewinne; bei Eckzähnen und Prämolaren waren der klinische Breitengewinn und die Abnahme des vestibulären Defekts signifikant.

Die Ergebnisse waren im Oberkiefer in allen Dimensionen hoch signifikant, im Unterkiefer für klinische Breite und Abnahme des vestibulären Defekts signifikant.

4.3.2.3 KOMPLIKATIONEN

Komplikationen gruppiert n (%)	Kontrollgruppe 32	TOM-Transplant 36	p 0.012
keine	28 (87.5)	19 (52.8)	
gering	3 (9.4)	12 (33.3)	
relevant	1 (3.1)	1 (2.8)	
Spenderstelle	0 (0.0)	4 (11.1)	

Tabelle 51: Chi2-Test zur Komplikationsrate TOM- zu Kontrollgruppe

Die Komplikationsrate war in der TOM-Gruppe mit insgesamt 47% signifikant höher.

4.3.2.4 ZEITLICHER AUFWAND

Median [IQR]	Kontrollgruppe	TOM-Transplant	p
Summe Zeit in Minuten	5.00 [5.00, 10.00]	27.50 [19.00, 32.12]	<0.001
Dauer Nachbehandlung in Tagen	10.00 [10.00, 17.00]	15.00 [10.00, 17.75]	0.057

Tabelle 52: Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test zum zeitlichen Aufwand TOM- zu Kontrollgruppe

Der zeitliche Aufwand war in der Transplantatgruppe hoch signifikant erhöht.

Die Dauer der Nachbehandlung blieb mit $p = 0,057$ knapp unter Signifikanzniveau.

4.3.2.5 FINANZIELLER AUFWAND

Median [IQR]	Kontrollgruppe	TOM-Transplant	p
Kosten Patient gesamt	77.43 [0.00, 163.38]	155.67 [116.96, 207.29]	<0.001
Rentabilität gesamt	3.01 [1.71, 6.98]	4.47 [3.62, 5.69]	0.147

Tabelle 53: Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test zum finanziellen Aufwand und zur Rentabilität TOM- zu Kontrollgruppe

Für Patienten der TOM-Gruppe war der finanzielle Aufwand hoch signifikant grösser.

4.3.2.6 RENTABILITÄT

Die höhere Rentabilität für die Behandlung in der TOM-Gruppe zeigte keine Signifikanz.

4.3.3 Kollagenkegel mit Tuber-Os-Mukosa Transplantat

4.3.3.1 IMPLANTIERBARKEIT

n Implantation = ja/nein (%)	Kollagenkegel 34	TOM-Transplant 36	p
Alle	27/7 (79.4/20.6)	35/1 (97.2/2.8)	0.049
Grund Zahnverlust			
ohne Parodontitis marginalis profunda	14/2 (87.5/12.5)	20/0 (100.0/0.0)	0.371
mit Parodontitis marginalis profunda	13/5 (72.2/27.8)	15/1 (93.8/6.2)	0.233
Defektklasse			
Klasse I	13/1 (92.9/7.1)	20/0 (100.0/0.0)	0.856
Klasse II	11/5 (68.8/31.2)	13/1 (92.9/7.1)	0.234
Klasse III	3/1 (75.0/25.0)	2/0 (100.0/0.0)	1.000
Lokalisation			
Frontzahn	11/1 (91.7/8.3)	12/0 (100.0/0.0)	1.000
Eckzahn	4/3 (57.1/42.9)	6/1 (85.7/14.3)	0.554
Prämolar	12/3 (80.0/20.0)	17/0 (100.0/0.0)	0.184
Oberkiefer	19/6 (76.0/24.0)	26/1 (96.3/3.7)	0.083
Unterkiefer	8/1 (88.9/11.1)	9/0 (100.0/0.0)	1.000

Tabelle 54: Chi2-Test zur Implantierbarkeit Kollagen- zu TOM-Gruppe

Insgesamt konnte in der Gruppe mit Tuber-Os-Mukosa Transplantat mit 97% zu 79% in der Kollagengruppe bei einem p-Wert von 0,049 signifikant häufiger implantiert werden. Allerdings konnte in keiner der weiteren Untergruppen ein eindeutig signifikanter Vorteil des Transplantates gegenüber dem Kollagenkegel beobachtet werden.

Es zeigte sich eine günstigere Tendenz in der Untergruppe mit Zahnverlust durch Parodontitis marginalis profunda sowie in der Defektklasse II.

Bei den Lokalisationen schnitten die Prämolarenregion und der Oberkiefer im Vergleich zur Kollagengruppe am günstigsten ab.

4.3.3.2 VOLUMENERHALT

Differenz % (median[IQR])		Kollagenkegel	TOM-Transplant	p		
Alle	klinische Breite	-13.39 [-23.08, -6.91]	0.00 [-10.13, 53.65]	<0.001		
	vestibulärer Defekt	0.00 [-14.29, 0.00]	-50.51 [-100.00, 0.00]	<0.001		
	radiologische Höhe	-1.14 [-9.73, 0.00]	2.49 [-4.67, 11.54]	0.017		
Grund Zahnverlust ohne Parodontitis marginalis	klinische Breite	-13.39 [-22.05, -7.50]	-2.94 [-8.62, 8.12]	0.011		
	vestibulärer Defekt	0.00 [-3.57, 10.83]	-52.32 [-100.00, 0.00]	0.033		
	radiologische Höhe	-2.27 [-10.39, 0.00]	-0.40 [-6.89, 4.69]	0.265		
	mit Parodontitis marginalis	klinische Breite	-13.39 [-24.52, -6.91]	35.03 [-14.29, 141.67]	0.010	
		vestibulärer Defekt	0.00 [-16.07, 0.00]	-50.51 [-89.43, -33.93]	<0.001	
		radiologische Höhe	0.00 [-7.73, 0.59]	10.17 [0.96, 23.62]	0.011	
Defektklasse	Klasse I	klinische Breite	-11.96 [-25.92, -10.00]	-2.94 [-8.62, 8.12]	0.010	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 0.00]	-52.32 [-100.00, 0.00]	0.037	
		radiologische Höhe	-2.27 [-6.44, 0.00]	-2.74 [-6.89, 2.48]	0.674	
	Klasse II	klinische Breite	-20.31 [-23.56, 9.38]	42.46 [-6.43, 133.33]	0.011	
		vestibulärer Defekt	0.00 [-16.67, 5.00]	-52.27 [-87.50, -30.36]	<0.001	
		radiologische Höhe	-1.42 [-10.70, 0.20]	9.66 [2.99, 19.00]	0.011	
	Klasse III	klinische Breite	-13.39 [-14.29, -11.88]	78.07 [33.77, 122.37]	0.159	
		vestibulärer Defekt	0.00 [-4.17, 25.00]	-25.86 [-38.44, -13.28]	0.159	
		radiologische Höhe	0.00 [-3.12, 0.00]	17.59 [11.76, 23.43]	0.049	
	Lokalisation	Frontzahn	klinische Breite	-13.39 [-26.10, -4.41]	0.00 [-6.79, 133.33]	0.021
			vestibulärer Defekt	0.00 [-3.57, 25.00]	-52.78 [-100.00, 0.00]	0.010
			radiologische Höhe	-2.88 [-10.83, 6.64]	7.49 [-4.67, 24.93]	0.106
Eckzahn		klinische Breite	-12.50 [-23.79, 33.33]	0.00 [-10.00, 29.41]	0.480	
		vestibulärer Defekt	0.00 [-15.48, 45.71]	-72.22 [-91.67, -38.57]	0.018	
		radiologische Höhe	-0.76 [-6.40, 0.00]	2.41 [-2.14, 5.96]	0.224	
Prämolar		klinische Breite	-14.29 [-20.91, -10.00]	6.67 [-10.53, 26.32]	0.004	
		vestibulärer Defekt	0.00 [-11.02, 0.00]	-37.50 [-91.07, 0.00]	0.037	
		radiologische Höhe	0.00 [-7.36, 0.00]	1.67 [-6.31, 8.03]	0.115	
Oberkiefer		klinische Breite	-11.43 [-21.88, 0.00]	0.00 [-8.57, 108.33]	0.007	
		vestibulärer Defekt	0.00 [-14.29, 0.00]	-54.55 [-100.00, 0.00]	0.001	
		radiologische Höhe	0.00 [-5.93, 0.00]	2.41 [-4.42, 11.80]	0.135	
Unterkiefer		klinische Breite	-23.08 [-28.57, -14.29]	-7.14 [-10.53, 25.00]	0.005	
		vestibulärer Defekt	0.00 [0.00, 25.00]	-50.00 [-88.89, -0.69]	0.015	
		radiologische Höhe	-6.61 [-10.28, -4.24]	5.92 [-6.41, 8.03]	0.070	

Tabelle 55: Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test der Volumenänderungen Kollagen- zu TOM-Gruppe

In der gesamten TOM-Transplantatgruppe konnte klinische Breite und radiologische Höhe im Vergleich zur Kollagengruppe signifikant dazugewonnen werden.

Auch der vestibuläre Defekt wurde mit einem p-Wert < 0,001 hoch signifikant reduziert. Dieser Effekt war in der Untergruppe mit Zahnverlust nach Parodontitis marginalis profunda in allen Dimensionen deutlicher ausgeprägt, erreichte aber selbst in der Gruppe ohne Parodontitis marginalis profunda bei der klinischen Breite und der Abnahme des vestibulären Defektes mit p = 0,011 und p = 0,033 Signifikanzniveau.

Bei Unterscheidung nach Defektklassen zeigte sich in Klasse II eine Signifikanz in allen Dimensionen; in Klasse I für die klinische Breite und den vestibulären Defekt und in Klasse III für die radiologische Höhe. Bei der Differenzierung nach Lokalisation erzielte das Transplantat bei den Frontzähnen und Prämolaren sowie in Oberkiefer und Unterkiefer in der klinischen Breite und der Abnahme des vestibulären Defekts signifikant bessere Werte gegenüber dem Kollagenkegel.

4.3.3.3 KOMPLIKATIONEN

Komplikationen gruppiert n (%)	Kollagenkegel 34	TOM-Transplant 36	p 0.123
keine	18 (52.9)	19 (52.8)	
gering (partieller Misserfolg)	10 (29,4)	12 (33.3)	
relevant (Misserfolg, Verschlechterung)	6 (17.6)	1 (2.8)	
Spenderstelle	0 (0.0)	4 (11.1)	

Tabelle 56: Chi2-Test zur Komplikationsrate Kollagen- zu TOM-Gruppe

Bei der Komplikationsrate fanden sich keine signifikanten Unterschiede.

4.3.3.4 ZEITLICHER AUFWAND

Median [IQR]	Kollagenkegel	TOM-Transplant	p
Summe Zeit in Minuten	12.00 [10.25, 17.00]	27.50 [19.00, 32.12]	<0.001
Dauer Nachbehandlung in Tagen	10.00 [10.00, 17.25]	15.00 [10.00, 17.75]	0.149

Tabelle 57: Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test zum zeitlichen Aufwand Kollagen- zu TOM-Gruppe

Der zeitliche Aufwand war in der Transplantatgruppe im Vergleich zur Kollagengruppe signifikant höher. Die Dauer der Nachbehandlung blieb unter Signifikanzniveau.

4.3.3.5 FINANZIELLER AUFWAND

Median [IQR]	Kollagenkegel	TOM-Transplant	p
Kosten Patient gesamt	205.83 [128.40, 252.05]	155.67 [116.96, 207.29]	0.285
Rentabilität gesamt	3.25 [2.33, 6.26]	4.47 [3.62, 5.69]	0.038

Tabelle 58: Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test zum finanziellen Aufwand und zur Rentabilität Kollagen- zu TOM-Gruppe

Der finanzielle Aufwand für Patienten der Transplantatgruppe für alle begleitenden Maßnahmen war geringer als in der Kollagengruppe, jedoch nicht signifikant.

4.3.3.6 RENTABILITÄT

Die Rentabilität in der TOM-Gruppe war signifikant höher als in der Kollagengruppe.

5 DISKUSSION

5.1 Allgemeines

Vor der systematischer Anwendung der Socket Preservation in dieser Untersuchung waren in der Praxis des Behandlers im Jahr 2010 bei 199 Eingriffen zur Implantatsetzung in 160 Fällen ein Knochenaufbau notwendig. 95 isolierte Eingriffe vor Implantatsetzung allein zum Knochenaufbau waren nötig, was bedeutet, dass es nahezu in der Hälfte der Fälle eines Aufbaus vorab bedurfte und dennoch bei der Implantation immer noch 80 % aller Fälle weitere Knochenaufbaumaßnahmen benötigten.

Ziel dieser Untersuchung war es, ein praxistaugliches Verfahren zu finden, das schon durch die Behandlung der Extraktionsalveole zu besseren Ergebnissen führt und den logistischen und finanziellen Aufwand bis zur Implantatsetzung verringert.

Nach umfangreichen Vorversuchen kamen das verbreitete Verfahren des schnellen und kostengünstigen Verfüllens mit Kollagenkegeln auf der einen Seite und ein neues Verfahren mit einem Composit-Transplantat auf der anderen Seite zur Untersuchung. Das Eigentransplantat vom Tuber erfüllte dabei die Forderung auf Ähnlichkeit der kortikospongiösen Zusammensetzung mit der Empfängerregion (Held et al. 2005).

Andere Autoren haben zu gleicher Fragestellung unterschiedliche Lösungsansätze vorgeschlagen. So berichtet Stimmelmayer 2009 bei seiner Technik mit Auffüllen von retromolar gewonnenem partikulärem Eigenknochen und Abdeckung mittels eines zweistieligen freien Gaumentransplantats in 28 Fällen von 2 Nekrosen (=7%), 2 nicht implantierbaren Fällen (=7%) sowie 5 zusätzlich notwendig werdenden Knochenaugmentationen bei Implantatsetzung (=18%) durchschnittlich fünf bis sechs Monate später.

Rathe findet 2011, dass die resorptiven Umbauvorgänge nach Zahnextraktion durch Socket Preservation Technik vorhersagbar minimiert werden können. Ein kompletter Erhalt von Hart- und Weichgewebe ist jedoch nicht möglich und macht in ca. 14–25% der durch Socket Preservation behandelten Extraktionsalveolen eine zusätzliche Augmentation zum Zeitpunkt der Implantation notwendig. In diesen Fällen findet er, sei es kosteneffektiver und würde die Behandlungszeit verkürzen, wenn nach möglichst atraumatischer Extraktion in sechs bis acht Wochen nach Extraktion eine Implantation mit zeitgleicher Augmentation durchgeführt würde. Andererseits konnte in ca. 45% der

Fälle auch ohne Socket Preservation eine Implantatinsertion ohne zusätzliche augmentative Maßnahmen erreicht werden.

Es sind daher Fälle zu unterscheiden, in denen die Socket Preservation eine Implantation erlaubt, einen weitgehenden Erhalt von Hart- und Weichgewebe gewährleistet oder keinen ausreichenden Nutzen bringt.

Hierbei sind die Gründe für den Zahnverlust, die Defektklasse und die Lokalisation zu berücksichtigen.

Insgesamt wurden 120 Alveolen in diese Untersuchung einbezogen.

Bei 50 % fand sich ein entzündlicher Abbau des Parodonts zum Zeitpunkt der Zahnextraktion.

48% der Alveolen hatten bei Zahnentfernung noch keinen Volumenverlust, in 41% der Fälle lag ein horizontaler Verlust und in 11% der Fälle ein Höhen- und Breitenverlust vor.

Von den auswertbaren Fällen waren 34 Front-, 22 Eckzähne und 46 Prämolaren.

5.2 Klinische Reliabilität

Ziel aller Maßnahmen zur Socket Preservation ist der Gewebeerhalt. Dabei scheint es nicht zwingend notwendig, dass das Alveolenlumen komplett verknöchert, wenn das Befüllen einen Kollaps des Alveolarfortsatzes verhindert und eine Implantation ermöglicht (Schug 2010).

Einen Hinweis auf die Wertigkeit zum Einsatz von Knochenersatzmaterialien ohne Rückschlüsse auf die klinische Relevanz liefert die Leitlinie der AWMF 2013. Hier finden sich nach der Verwendung von Knochenersatzmaterial und viermonatiger Wartezeit 27% neuer Knochen.

Als primäres Ziel der Untersuchung diente daher die Implantierbarkeit.

Volumen und Qualität des Gewebes dienten als sekundäre Zielpunkte.

5.2.1 Implantierbarkeit

In der Kontrollgruppe war in 19% der Fälle keine Implantation möglich; 47% benötigten einen weiteren Knochenaufbau bei Implantation.

In der Kollagengruppe war in 21% keine Implantation möglich und in 56% war die Implantation nur mit zeitgleicher Augmentation durchführbar.

In der TOM Gruppe reduzierte sich die Ausfallquote auf 3% und die Notwendigkeit einer gleichzeitigen Augmentation auf 31% (im Vergleich zu 7% und 18% bei Stimmlmayr 2009 und 25% Augmentationsquote bei Rathe 2011).

Während also die Socket Preservation mit Kollagenkegel die Implantierbarkeit sogar geringfügig auf 79% verschlechterte, konnte durch Einsatz eines Eigenknochentransplantates mit 97% das primäre Ziel signifikant besser erreicht werden.

Die gefundenen Ergebnisse stimmen mit denen von Shakibaie (2009) nur für die Notwendigkeit eines Knochenaufbaus in der Kontrollgruppe überein. Er benötigt in der Kontrollgruppe 54% Augmentationen, in der Socket Preservation Gruppe jedoch nur 9,4%. Dies konnte in den eigenen Ergebnissen weder durch Socket Preservation mit Kollagen noch mit Eigenknochen erreicht werden. Ein Grund hierfür könnte sein, dass Shakibaie mit bovinem Knochenersatzmaterial arbeitet und im Oberkiefer nach 2,5-3,5 Monaten, im Unterkiefer nach 3-4 Monaten implantiert. Er findet dabei eine um 50% höhere Knochendichte mit analog positiver Beeinflussung der Primärstabilität, was allerdings den bei Terheyden (2011) beobachteten längeren Heilungszeiten bei Knochenersatzmaterialien widerspricht.

Barone 2012 findet keinen Unterschied in augmentierten Sockets zur Kontrolle im 5-Jahre Follow Up (je 95%), kann aber größere Implantate mit geringerer Augmentation inserieren. In der eigenen Untersuchung ergab sich in der Kontrollgruppe eine Länge von 11,8mm und ein Durchmesser von 4,0mm bei einer Lage von 3,5 mm unter der Schmelz-Zement-Grenze, was im Wesentlichen der Kollagen-Gruppe (L 11,6mm, D 3,6mm, SZG 3,5mm) und der Tuber-Os-Mukosa Gruppe (L11,9mm, D 4,1mm, SZG 3,2mm) entsprach.

In einem systematischen Review analysiert Weng et al. 2011 zehn prospektive, kontrollierte Humanstudien mit und ohne Randomisierung und kommt zu dem Ergebnis, dass ohne Socket Preservation bei Implantatsetzung eine Augmentation 5 mal häufiger als nach durchgeführter Socket Preservation notwendig wird.

In der eigenen Untersuchung war die Notwendigkeit der Augmentation zwischen der Eigenknochengruppe (31%) und der Kontrollgruppe (47%) nur etwa 50% wahrscheinlicher, allerdings war die Möglichkeit des völligen Misserfolgs in der Kontrollgruppe mit 19% zu 3% in der Transplantatgruppe rund 6 mal häufiger.

Hier ist eine weitere Differenzierung in die Untergruppen (Grund des Zahnverlustes, Defektklasse und Lokalisation) sinnvoll, um nachzuvollziehen unter welchen Umständen die Socket Preservation überlegen ist und wann nicht.

So wirkt z. B. eine Alveolitis verstärkend auf die Alveolarknochenresorption ein (Jerosch et al. 2002). In einer Untersuchung von Lestiboudois und Terheyden 2014 konnte in 50% der Fälle eine fibrinolytische Restaktivität durch die Anwesenheit von polymorphkernigen neutrophilen Granulozyten noch nach ein bis zwei Monaten nachgewiesen werden. Eine Unterscheidung, in welchem Maß entzündliche Veränderungen bei der Entscheidung zur Extraktion des Zahnes eine Rolle gespielt haben, wurde nicht gemacht, jedoch die Empfehlung zur Durchführung einer antifibrinolytischen Therapie durch Einsatz eines hämostyptischen Kollagenfließes, hier in Kombination mit der topischen Applikation von Tramexamsäure, gegeben.

5.2.1.1.1 Grund Zahnverlust

In allen Fällen, in denen ein entzündlicher Abbau des crestalen Desmodonts bei der Zahnentfernung keine Rolle gespielt hat, konnte in der Kontroll- und der TOM- Gruppe implantiert werden. In der Kollagengruppe reduzierte sich die Erfolgsrate auf 88%, möglicherweise bedingt durch die erhöhte lokale Komplikationsrate bei Kollagenkegel (siehe 5.2.3).

Während jedoch in der Kontrollgruppe in Fällen ohne Parodontitis marginalis profunda bei Extraktion der Unterschied in der Implantationswahrscheinlichkeit zur Gruppe mit marginale Parodontitis (100% : 65% Erfolgsrate) 35% betrug, verringerte sich dieser Abstand in der Kollagengruppe (88% : 72%) auf 16%, in der TOM-Gruppe (100% : 94%) sogar nur auf 6%.

In dieser Untersuchung bringt Kollagen als Socket Preservation für die Implantierbarkeit in den Fällen mit entzündlichem Abbau einen Vorteil zur Kontrollgruppe, was möglicherweise auf einen hemmenden Einfluss auf die Restalveolitis schließen lässt. Möglicherweise geht dieser Effekt auf die antifibrinolytische Wirksamkeit von lokal eingebrachtem xenogenen aber auch von autogenen Kollagen zurück (Lestiboudois und Terheyden 2014).

5.2.1.1.2 Defektklasse

Die Kontrollgruppe war mit der Kollagengruppe in Klasse I (93% : 93%) und II (75% : 69%) nahezu gleichwertig; in Klasse III (60% : 75%) war der Kollagenkegel leicht überlegen.

Wider Erwarten erhöhte sich die Implantationswahrscheinlichkeit in der Defektklassen II nicht, was darauf hin deutet, dass das Kollagen im Untersuchungszeitraum die Alveole nicht ausreichend lang vor dem Kollaps bewahren konnte, um tragfähiges Gewebe zu generieren.

Eine mögliche Ursache, dass in der Kontrollgruppe der Volumenrückgang (vgl. 5.2.2) und die Reduzierung der Implantationswahrscheinlichkeit in den beiden ersten Klassen geringer als erwartet war, könnte in der Art der provisorischen Versorgung der Extraktionsalveole durch die in unserer Praxis üblicherweise durchgeführte aufradierte, ponticartige Gestaltung der Prothesenbasis sein, die vestibulär die Alveole stützt und eine Nähe zum „Cervical Contouring Concept“ von Bichacho und Landsberg (1994) aufweist.

Die Tuber-Os-Mukosa Transplantatgruppe erzielte in allen Klassen bessere Implantationsquoten, was allerdings nur im direkten Vergleich mit der Kollagenkegelgruppe signifikant wurde.

5.2.1.1.3 Lokalisation

Weder in Bezug auf die Zahngruppe noch in der Unterscheidung nach Ober- und Unterkiefer konnte zwischen Kontroll- und Kollagengruppe ein wesentlicher Unterschied festgestellt werden. Die TOM-Gruppe hatte in sämtlichen Untergruppen bessere Ergebnisse, die jedoch kein Signifikanzniveau erreichen konnten.

5.2.2 Volumenerhalt

Nach Schropp et al. (2003) gehen im ersten Jahr etwa 50% der Kammbreite und 0,8 mm Höhe verloren; die ersten 30 % davon bereits in den ersten 3 Monaten, die anderen 20% in der folgenden Zeit. Hierbei ist die buccale Lamelle am stärksten betroffen (Tan et al. 2012). Um den entstehenden Konturunterschied zwischen buccaler und linguale Lamelle gerecht zu werden, wurden abgeschrägte Implantatprofile (Osseo Speed TM, Astra Tech AB) entwickelt, die sowohl approximal und lingual das Knochenprofil stützen ohne vestibulär eine freiliegende Implantatschulter zu zeigen.

In dieser Untersuchung war die Abnahme der Kammbreite in den ersten drei Monaten mit 1,4mm bzw. 18% geringer als die von Schropp et al. (2003) beschriebene, was unter Umständen auf das oben beschriebene Cervical Contouring Concept Design der provisorischen Versorgung zurückzuführen sein könnte.

Der Höhenverlust war mit durchschnittlich 1,1mm etwas höher.

Dass von der Resorption die buccale Lamelle wie von Tan et al. (2012) festgestellt am stärksten betroffen ist, zeigte sich in der Vergrößerung des vestibulären Defekts im Mittel um 42%, während der orale Defekt sogar um 19% abnahm.

Die Abnahme der klinischen Breite (Kontrollgruppe 18%; Kollagen­gruppe 3%) wurde bei der Verwendung von Kollagen­kegeln im Mittel um 73% reduziert; Die Abnahme der radiologischen Höhe (Kontroll­gruppe 6%; Kollagen­gruppe 3%) verringerte sich um 50%. Beide Werte zeigten jedoch keine Signifikanz.

Der vestibuläre Defekt (Kontroll­gruppe 42%; Kollagen­gruppe 8%) verringerte sich signifikant im Mittel um 81% bei der Verwendung von Kollagen­kegeln.

Bei der Transplantation mit Eigenknochen kam es jedoch nicht nur zu einer verringerten Abnahme sondern sogar zu einer Zunahme der Breite um 39% als auch der Höhe um 7%. Der vestibuläre Defekt verkleinerte sich um 43%.

Diese Werte waren in der Transplantat­gruppe nicht nur im Vergleich mit der Kontroll­gruppe sondern auch im Vergleich mit der Kollagen­gruppe signifikant.

Der Zweiteingriff fand in der Transplantat­gruppe im Durchschnitt 18 Tage später als in der Kontroll­gruppe statt. Auf Grund der längeren Zeitspanne wäre hier eher eine höhere Resorption zu erwarten gewesen.

Im Literaturvergleich dazu findet sich bei Shakibaie (2009) mit einer 65% höheren Resorptionsrate in der Kontroll­gruppe ohne Socket Preservation als in der Studiengruppe mit Socket Preservation vergleichbare Werte.

Cardaropoli et al. (2012) berichten von einem etwa vier Mal geringeren Höhen- und Breitenverlust bei Socket Preservation mit bovinem KEM und Membran gegenüber der Kontroll­gruppe.

In ihrem systematischen Review kommen Weng et al. (2011) zu dem Ergebnis, dass mit Socket Preservation der horizontale Verlust an Alveolarkambbreite um 59 %, der vertikale Verlust an Alveolarkammhöhe um 109 % reduziert war.

Fickl et al. 2008 fanden keinen signifikanten Unterschied in der vertikalen Knochenhöhe zwischen augmentierten und nicht augmentierten Alveolen, jedoch konnte die Breite besser erhalten werden.

Nevins et al. (2006) berichten dass 79% der augmentierten Alveolen weniger als 20% der bukkalen Lamelle verloren, während nur 29% in der Kontroll­gruppe ebenfalls weniger als 20 % Verlust aufwiesen. Da auch erfahrene Chirurgen, die an dieser Studie

teilnahmen, nicht vorhersagen konnten, in welchen Fällen diese Grenze überschritten wird, empfehlen die Autoren die routinemäßige Durchführung der Socket Preservation. Eine andere Schlussfolgerung daraus könnte jedoch auch eine weitere Untersuchung der Untergruppen sein, um Fälle zu erkennen, in denen das Verfahren einen zusätzlichen Nutzen bringt oder wo es nur weitere Kosten verursacht.

So kommt auch Ten Heggeler in seinem systematischen Review 2011 zu dem Schluss, dass die Socket Preservation den Höhen und Breitenverlust reduzieren aber nicht verhindern kann und dass dies von mehreren Faktoren abhängt ist.

5.2.2.1.1 Grund Zahnverlust

In der Kontrollgruppe war bei Vorliegen einer Parodontitis marginalis profunda zum Zeitpunkt der Zahnentfernung der Breitenverlust um 69% größer als ohne entzündliche Veränderung des Parodonts.

Während die Verwendung von Kollagenkegeln als Socket Preservation in der Untergruppe ohne Parodontitis marginalis profunda den Breitenverlustes um etwa den Faktor 3 vermindern konnte (-4% : -13%), war dieser Effekt in der Gruppe mit entzündlichen Veränderungen im Parodont um den Faktor 11 (-2% : -22%) höher, erreichte aber nicht ganz das Signifikanzniveau.

Dieser Effekt lässt auf die antifibrinolytische Wirksamkeit von lokal eingebrachten Kollagen schließen (Lestiboudois und Terheyden 2014), was insbesondere im Bereich der dünnen äußeren Lamelle zur Stabilisierung wichtig ist und eine Indikation zur Verwendung von Kollagenkegeln in diesen Fällen darstellen könnte.

Auch für autogen eingebrachtes Kollagen ließ sich dieser Effekt beobachten: In der Tuber-Os-Mukosa Gruppe war der Breitengewinn gegenüber der Kontrollgruppe in der Untergruppe mit Parodontitis marginalis profunda (+69% : -22%) deutlich grösser als in der Untergruppe ohne entzündlich verändertem Parodont (+14% : -13%).

Der Breitengewinn war in beiden Untergruppen sowohl gegenüber der Kontroll- als auch gegenüber der Kollagengruppe signifikant.

5.2.2.1.2 Defektklasse

Während der Unterschied im Breitenverlust zwischen Kollagenkegel und Koagelheilung in Klasse III im Mittel nur gering (13% : 15%) ausfiel, war er in Klasse I für die

Koagelheilung doppelt so groß (9% : 18%) und in Klasse II mit dem Faktor 4 ohne statistische Signifikanz am ausgeprägtesten (5% : 19%).

Hier scheint der Kegel die vestibuläre Gingiva in der Abheilung zu stützen und kann den Regenerationsraum partiell offenhalten.

Bei den Tuber-Os-Mukosa Transplantaten konnte in Klasse I mit im Mittel 13% ein signifikanter Zugewinn an Breite und mit 37% Abnahme eine signifikante Verkleinerung des vestibulären Defekts gegenüber Kontroll- und Kollagengruppe erzielt werden.

In Klasse II wurden für die Transplantatgruppe in Höhe, Breite und Defektabnahme signifikant bessere Werte im Vergleich zu Kontroll- und Kollagengruppe gefunden.

Bei Klasse III zeigte sich nur die Zunahme der radiologischen Höhe gegenüber dem Kollagenkegel als signifikant überlegen.

Während also in Klasse I Kollagen einen eingeschränkten Nutzen hatte, fand sich ein signifikanter Vorteil für die Verwendung eines Eigenknochentransplantates in der Breitenzunahme und der Defektabnahme.

In Klasse II verbesserten beide Maßnahmen in unterschiedlichem Umfang die Dimension. Während die Kollagenverfüllung signifikant bessere Werte knapp verfehlte, stellte sich die Transplantatgruppe in allen Qualitäten mit signifikant besseren Werten gegenüber den beiden anderen Gruppen dar.

In Klasse III war der Kollagenkegel zum Volumenerhalt ungeeignet. Aber auch die Eigentransplantatgruppe erreichte nur im Höhengewinn gegenüber der Kollagengruppe signifikant bessere Werte.

Eine mögliche Erklärung für die Unterschiede in den Defektklassen ist, dass wie von Klein und Al-Nawas (2011) beschrieben in Klasse I durch das tangential-horizontale Regepotential eine komplette Ausheilung erwartet werden kann, was bei diesen Defekten des Dehiszenztyps den Einsatz von Füllmaterialien zur Stabilisierung rechtfertigen kann aber auch nicht unbedingt nötig macht.

Klasse II besitzt als konturformender Defekt mit nur einer unterstützenden horizontalen Knochenwand ein geringeres Ossifikationspotential und birgt eine erhöhte Komplikationsrate von Füllmaterialien bei diesen Defekten des Fenestrationstyps und wird am sinnvollsten und sichersten durch einen autogenen Knochenblock aufgebaut.

Klasse III hat von basal ausschließlich vertikales Regenerationspotential, was bei zunehmender Defektgröße die separate Augmentation vor Implantation nahelegt. (AWMF Leitlinie 2013).

5.2.2.1.3 Lokalisation

Unter der Annahme, dass die bukkale Lamelle zu weiten Teilen aus Bündelknochen besteht, der nach Parodontentfernung durch Zahnextraktion verloren geht, ist eine negative Auswirkung insbesondere bei Oberkieferfrontzähnen zu erwarten, die besonders weit labial im Zahnbogen stehen.

Am deutlichsten war dieser Effekt in der Kontrollgruppe mit 24% Breitenabnahme bei den Eckzähnen, im Vergleich zu 13% bei Inzisiven und 18% bei Prämolaren, ausgeprägt und konnte hier mit Kollagenkegel weitgehend verhindert werden, ohne Signifikanzniveau zu erreichen.

Signifikant bessere Werte für die Kollagenkegel zeigten sich bei der Abnahme des vestibulären Defekts bei Prämolaren und im Oberkiefer.

Während der Breitenverlust im Unterkiefer durch die Verwendung von Kollagenkegeln nicht vermindert werden konnte (jeweils 23%), kam es im Oberkiefer zum Verlust von 16% in der Kontrollgruppe, jedoch nur zu nicht signifikanten 4% in der Kollagenkegelgruppe.

Die Verwendung eines Kollagenkegels kann also besonders in der Eckzahnregion und Prämolarenregion des Oberkiefers erwogen werden.

Im Vergleich zu Kontroll- und Kollagenkegelgruppe erreichte die TOM-Gruppe für alle Lokalisationen in der Breite und in der Abnahme des vestibulären Defekts Signifikanzwerte; im Oberkiefer sogar in der radiologischen Höhe.

Im Mittel war der Zugewinn bei den Inzisiven mit 55%, im Vergleich zu 30% und 31% bei Eckzähnen und Prämolaren, am deutlichsten und im Oberkiefer mit 44% fast doppelt so hoch wie im Unterkiefer mit 24%.

Die Verwendung eines Tuber-Os-Mukosa Transplantates empfiehlt sich daher insbesondere in der Oberkieferfrontzahnregion, ist jedoch auch für Eckzähne und Prämolaren effektiv.

Für Thalmair et al. 2013 ist das Einbringen eines Punchs mit und ohne KEM der entscheidende Punkt zur Reduktion des Volumenverlustes der Alveole und könnte auch beim Tuber-Os-Mukosa Transplantat den entscheidenden Einfluss spielen, zumal dieses Mukosatransplantat einer soliden Unterlage anhaftet und durch die größere Diffusionsfläche eine bessere Überlebensprognose und eine geringere Schrumpfungstendenz hat.

Andererseits findet Ten Heggeler in seinem systematischen Review 2011 die besten Ergebnisse für allogene Transplantate, bei denen sogar Höhe gewonnen werden konnte. Es ist anzunehmen, dass dies auch für autogene Transplantate gilt.

5.2.3 Komplikationen

In der Kontrollgruppe kam es kaum zu Komplikationen.

Weniger als 10% zeigten einen Koagel-Teilverlust (6%) oder gar eine Verschlechterung mit Totalverlust und Dry Socket (3%).

Sowohl die Kollagen- als auch die TOM-Gruppe zeigten mit insgesamt 47% eine signifikant höhere Komplikationsrate.

Davon waren partieller Verlust mit 29% und 33% sowie vollständiger Verlust mit 6% und 3% in beiden Gruppen relativ nahe beieinander.

Eine Verschlechterung der Ausgangssituation fand sich mit Alveolitis und sulziger Granulation in 12% der Fälle der Kollagen-Gruppe und bei 3% der TOM-Gruppe.

In 9% der Fälle kam es zu gut beherrschbaren Komplikationen an der Entnahmestelle.

Die lokale Komplikationsrate von autogenem Knochen im Empfängerbett ist im Vergleich zu Knochenersatzmaterialien geringer, eine Fremdkörperreaktion ist ebenso wie eine Übertragung von Krankheiten ausgeschlossen (Jensen et al. 1998). Nach den eigenen Erfahrungen kam es seltener zu einer Infektion des Füllmaterials.

Allerdings finden sich auch Beobachtungen, dass xenogene, allogene und autogene Knochentransplantate die Alveolenheilung gleichermaßen behindern können (Becker et al. 1998).

Stimmelmayr berichtet 2009 bei seiner Technik mit Auffüllen von retromolar gewonnenem partikulärem Eigenknochen und Abdeckung mittels eines zweistieligen freien Gaumentransplantats von 7% Komplikationen mit 2 Nekrosen.

Abhängig von der Entnahmestelle der Eigentransplantate werden bei bis zu 55 % der Patienten über anhaltende Beschwerden wie Sensibilitätsstörungen und Schmerzen berichtet (Clavero und Lundgren 2003). Die 9% Komplikationen an der Entnahmestelle dieser Untersuchung waren jedoch nur von kurzer Dauer.

5.3 Praktische Relevanz

Hier ist sowohl die Kosten / Nutzen Relation für den Patienten als auch die Aufwand / Nutzen Relation des Behandlers zu betrachten:

5.3.1 Zeitlicher Aufwand

Mit mehr als 5 Minuten zeitlichem Mehraufwand war die Socket Preservation mit Kollagenkegel und Membran nicht so schnell wie erhofft. Insbesondere das Zuschneiden und Platzieren der Membran auf einem möglichst geringfügig deperiostierten Alveolenrand unter dem Periost konnte sich bei Quellung der Membran überraschend aufwendig gestalten.

Das Gewinnen und Einnähen des Tubertransplantats dauerte allerdings etwa drei Mal länger. Bei der Auswahl des passenden Trepanbohrers kann das Transplantat relativ schnell und leicht gewonnen und direkt übertragen werden.

Mit im Schnitt 16 Minuten zusätzlichem Zeitaufwand lässt sich dieses Verfahren jedoch in der Regel nicht spontan in den Praxisablauf integrieren und bedarf einer geplanten Extraktion mit entsprechender Zeitplanung.

5.3.2 Finanzieller Aufwand

Keine Alveolenerhaltungstechnik kann die Schrumpfung gänzlich verhindern; bei der Füllung der Alveole scheint sie jedoch geringer auszufallen (Fickl et al. 2008) und kann Folgebehandlungen reduzieren oder gar ersetzen (Schmidlin et al. 2004). Es stellt sich daher die Frage nach Rechtfertigung von Kosten und Aufwand.

In dieser Untersuchung musste der Patient für die Socket Preservation mit Kollagenkegel 50,97€ aufbringen, für die Socket Preservation mit Tuber-Os-Mukosa Transplantat musste er mit 116,96€ mehr als das Doppelte zahlen.

Dafür waren die Folgekosten für weitere Knochenaufbauten in der TOM-Gruppe im Mittelwert mit 71,71€ am geringsten. In der Kontrollgruppe lagen sie bei 100,75€, in der Kollagengruppe sogar bei 175,95€.

Die Gesamtsumme war in der TOM-Gruppe im Mittel mit 186,68€ geringer als in der Kollagengruppe mit 216,57€ und diese somit für den Patienten finanziell attraktiver.

Beide Arten der Socket Preservation mit Kollagenverfüllung und Transplantat waren also in der Gesamtheit signifikant teurer als die finanzielle Belastung in der Kontrollgruppe. Der Unterschied zwischen Kollagen- und Transplantatgruppe erreichte nicht das Signifikanzniveau.

In der Berechnung der inkrementellen Kosteneffektivität nach Bauling et al. 2011 ($\text{Kosten Alternative} - \text{Kosten Standard} / \text{Nutzen Alternative} - \text{Nutzen Standard}$) ergab sich, da die Implantierbarkeit als eigentlicher Nutzen definiert wurde, für die Kollagengruppe mit $-57,91\text{€}/\%$ ein negativer Wert. Für die Tuber-Os-Mukosa Gruppe errechnete sich der Wert zu $+5,37\text{€}/\%$.

Eine Socket Preservation mit Kollagenkegel war in dieser Untersuchung nach der genannten Berechnung kontraproduktiv. In der TOM-Gruppe erhöhte ein zusätzlicher Aufwand von $5,37\text{€}$ die Implantationswahrscheinlichkeit um 1% .

5.3.3 Rentabilität

In der Betrachtung der Rentabilität der Socket Preservation mit Kollagenkegeln ergab sich eine Praxisstundensatz von $240,83\text{€}$, bei den Tuber-Os-Mukosa Transplantaten von $404,60\text{€}$.

Unter Einbeziehung aller Folgekosten lag die Rentabilität von Kontroll- und Kollagengruppe mit $261,00\text{€}$ und $272,40\text{€}$ relativ nah beisammen, die der Tuber-Os-Mukosa Gruppe mit $292,80\text{€}$ darüber.

Das Tuber-Os-Mukosa Transplantat war gegenüber der Kollagenverfüllung signifikant rentabler.

Das bedeutet, dass die Socket Preservation mit Eigenmaterial nicht nur für den Patienten sondern auch für den Behandler finanziell attraktiver ist. Der Anteil des an den Zulieferer weitergeleiteten Materialpreises verbleibt als Eigenleistung in der Praxis. Allerdings ist diese Differenz nicht so ausgeprägt, dass sie die klinische Entscheidung beeinflussen sollte.

Während in der Kontrollgruppe 20% Drop Outs zu verzeichnen waren, waren es in der Socket Preservation Gruppe mit Kollagen 15% , in der Gruppe mit Eigentransplantat nur 10% . Es scheint also die Durchführung einer solchen Maßnahme die Bindung an eine Weiterbehandlung zu erhöhen. Das mag zum einen durch die finanzielle Vorleistung bei einer solchen Maßnahme bedingt sein, kann jedoch auch im Falle einer Zustimmung zu einem Eigentransplantat durch eine positive Vorauswahl besonders motivierter Patienten bedingt sein.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J
Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog
J Clin Periodontol, 2005, 32(6): 645-652
- Araújo MG, Linder E, Wennström J, Lindhe J
The influence of Bio-Oss Collagen on healing of an extraction socket: an experimental study in the dog
Int J Periodontics Restorative Dent, 2008, 28(2): 123-135
- Araújo MG, Lindhe J
Ridge preservation with the use of Bio-Oss collagen: A 6-month study in the dog
Clin Oral Implants Res, 2009, 20(5): 433-440
- Araújo MG, Linder E, Lindhe J
Effect of a xenograft on early bone formation in extraction sockets: an experimental study in dog
Clin Oral Implants Res, 2009, 20(1): 1-6
- Araújo MG, Lindhe J
Socket grafting with the use of autologous bone: an experimental study in the dog
Clin Oral Implants Res, 2011, 22(1): 9-13
- Atwood DA
Postextraction changes in the adult mandible as illustrated by microradiographs of midsagittal sections and serial cephalometric roentgenograms
J Prosthet Dent, 1963, 13(5): 810-824
- Atwood DA
Reduction of residual ridges: a major oral disease entity
J Prosthet Dent, 1971, 26(3): 266-279.
- Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
S2-k-Leitlinie
In welchen implantologischen Indikationen ist die Anwendung von Knochenersatzmaterial experimentell und klinisch wissenschaftlich belegt?
Dtsch Zahnärztl Z, 2013, 68(2): 111-117
- Arx von T, Cochran DL, Hermann JS, Schenk RK, Buser D
Lateral ridge augmentation using different bone fillers and barrier membrane application. A histologic and histomorphometric pilot study in the canine mandible
Clin Oral Implants Res, 2001, 12: 260-269
- Arx von T, Buser D
Horizontal ridge augmentation using autogenous block grafts and the guided bone regeneration technique with collagen membranes: a clinical study with 42 patients
Clin Oral Implants Res, 2006, 17: 359-366
- Barone A, Orlando B, Cingano L, Marconcini S, Derchi G, Covani U
A randomized clinical trial to evaluate and compare implants placed in augmented versus non-augmented extraction sockets: 3-year results
J Periodontol, 2012, 83(7): 836-846

- Bauknecht K-J, Boese-Landgraf J
Wundheilungsphasen
in Häring, Zilch: Chirurgie
de Gruyter, 1992, 40-42
- Bauling C, Al-Nawas B, Krummenauer F
Studienplanung in der Implantologie: Kosten und Kosteneffektivität von Therapien
Z Zahnärztl Implantation, 2011, 27(3): 270-274
- BDIZ EDI
Leitfaden kurze und angulierte Implantate
http://www.bdiz.de/pdf/110324_Konsensuspapier_Kurze_Implantate.pdf
- Becker W, Clokie C, Sennerby L, Urist MR, Becker BE
Histologic findings after implantation and evaluation of different grafting materials
and titanium micro screws into extraction sockets: case reports
J Periodontol, 1998, 69(4): 414-421
- Benner K-U
Knochen: Begriffe und Konzepte
in Knochenaufbau (Hrsg.: Ruffieux K, Köhli M)
Eigenverlag DS Dental, 2010, 14-17
- Bichacho N, Landsberg CJ
A modified surgical/prosthetic approach for an optimal single implant-supported
crown. Part II: The cervical contouring concept
Pract Periodontics Aesthet Dent, 1994, 6(4): 35-41
- Bolz W, Hinze M, Thalmair T, Wachtel H
Die Heilung von freien Gingivatransplantaten nach Versorgung der
Extraktionsalveole (Socket Seal Surgery): Ein Fallbericht
Europ J Esth Dentist, 2010, 4: 388-399
- Buser D, Dula K, Belser U, Hirt HP, Berthold H
Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. 1. Surgical
procedure in the maxilla
Int J Periodontics Restorative Dent, 1993, 13(1): 29-45
- Cairo F, Pagliaro U, Nieri M
Soft tissue management at implant sites
J Clin Periodontol, 2008, 35(8): 163-167
- Cardaropoli G, Araújo M, Hayacibara R, Sukekava F, Lindhe J
Healing of extraction sockets and surgically produced – augmented and non-
augmented – defects in the alveolar ridge. An experimental study in the dog
Journal of Clinical Periodontology, 2005, 32: 435–440
- Cardaropoli D, Tamagnone L, Roffredo A, Gaveglio L, Cardaropoli G
Socket preservation using bovine bone mineral and collagen membrane: a
randomized controlled clinical trial with histologic analysis
Int J Periodontics Restorative Dent, 2012, 32(4): 421-430

- Carmagnola D, Adriaens P, Berglundh T
Healing of human extraction sockets filled with Bio-Oss
Clin Oral Implants Res, 2003, 14(2): 137-143
- Cawood, JI, Howell, RA
A classification of the edentulous jaws
Int J Oral Maxillofac Surg, 1988, 17: 232-236
- Clavero J, Lundgren S
Ramus or chin grafts for maxillary sinus inlay and local onlay augmentation:
comparison of donor site morbidity and complications
Clin Implant Dent Relat Res, 2003, 5(3): 154-160
- Cochran DL, Morton D, Weber HP
Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading
protocols for endosseous dental implants
Int J Oral Maxillofac Implants, 2004, 19: 109-113
- Dahlin C, Sennerby L, Lekholm U, Linde A, Nyman S
Generation of new bone around titanium implants using a membrane technique:
an experimental study in rabbits
Int J Oral Maxillofac Implants, 1989, 4:19-25
- Darby I, Chen ST, Buser D
Ridge preservation techniques for implant therapy
Int J Oral Maxillofac Implants, 2009, 24: 260-271
- Deutsche Gesellschaft für Zahn-,Mund- und Kieferheilkunde
S1 Empfehlungen DVT
http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/S1_Empfehlung_Dentale_Volumentomographie.pdf
- DGI Landesverband Rheinland Pfalz
Alveolenmanagement Abrechnung
DGI News, 2014, 7: 9-17
- Diès F, Etienne D, Abboud NB, Ouhayoun JP
Bone regeneration in extraction sites after immediate placement of an e-PTFE
membrane with or without a biomaterial A report on 12 consecutive cases
Clin Oral Implants Res, 1996, 7(3): 277-285
- Elian N, Cho SC, Froum S, Smith RB, Tarnow DP
A simplified socket classification and repair technique
Pract proced aesthet dent, 2007, 19(2): 99-104
- Esposito M, Grusovin MG, Coulthard P, Worthington HV
The efficacy of various bone augmentation procedures for dental implants: a
Cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials
Int J Oral Maxillofac Implants, 2006, 21(5): 696-710
- Fallschüssel H
Untersuchungen zur Anatomie des zahnlosen Oberkiefers
Z Zahnärztl Implantol, 1986, 2: 64-72

- Felsenberg D
Struktur und Funktion des Knochens: Stützwerk aus Kollagen und Hydroxylapatit
Pharmazie in unserer Zeit, 2001, 30(6): 488-494
- Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Stappert C, Stein J, Hürzeler M
Dimensional changes of the alveolar ridge contour after different socket
preservation techniques
J Clin Periodont, 2008, 35: 906-913
- Friedmann A
Aspekte der Augmentation und des Erhalts des Alveolarknochens um dentale
Implantate bei Parodontalerkrankten
Habilitationsschrift Charité, 2007, 11-13
- Goldberg VM, Akhavan S
The biology of bone grafts
in Bone regeneration and repair (Hrsg.: Liebermann JR, Friedlaender GE)
Humana Press, 2005, 57-65
- Hämmerle C, Chen S, Wilson T Jr
Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the
placement of implants in extraction sockets
Int J Oral Maxillofac Implant, 2004, 19: 26-28
- Hämmerle C, Araújo M, Simion M; Osteology Consensus Group 2011
Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets
Clin Oral Implants Res, 2012, 23(5): 80-82
- Happe A
Strukturerhalt durch Socket Preservation oder Ridge Preservation
Dent Implantol, 2007, 11: 336-340
- Held U, Bormann KH, Schmelzeisen R, Gellrich NC
Augmentation von Alveolarkammdefekten
Schweiz Monatsschr Zahnmed, 2005, 115: 693-699
- Herrera JM, Zöller JE, Steveling H
Alveolarfortsatzresorption nach Zahnentfernung mit zwei unterschiedlichen
Extraktionsmethoden. Eine Vergleichende Studie
Quintessenz, 2001, 52(9): 863
- Hürzeler MB, Zuhr O, Schupbach P, Rebele SF, Emmanouilidis N, Fickl S
The socket-shield technique: a proof-of-principle report
Clin Periodontol, 2010, 37(9): 855-862
- Ten Heggeler JM, Slot DE, Van der Weijden GA
Effect of socket preservation therapies following tooth extraction in non-molar
regions in humans: a systematic review
Clin Oral Implants Res, 2011, 22(8): 779-788
- Hu X, Nahles S, Nelson CA, Lin Y, Nelson K
Analysis of soft tissue display during enjoyment smiling: part 1-Caucasians
Int J Periodontics Restorative Dent, 2013, 33(1): 9-15

Institut für medizinische Statistik der FU Berlin
Biostatistik: Seminarbegleitende Skripte
Berlin, 1995, 12-16

Jensen OT, Shulman LB, Block MS, Iacono VJ
Report of the Sinus Consensus Conference of 1996
Int J Oral Maxillofac Implants, 1998, 13: 11-45

Jensen SS, Brogini N, Hjorting-Hansen E, Schenk R, Buser D
Bone healing and graft resorption of autograft, anorganic bovine bone and beta-tricalcium phosphate. A histologic and histomorphometric study in the mandibles of minipigs
Clin Oral Implants Res, 2006, 17: 237-243

Jerosch J, Bader A, Uhr G
Knochen Taschenatlas
Thieme, 2002, 8-40, 124

Jung RE, Siegenthaler DW, Hämmerle CH
Postextraction tissue management: a soft tissue punch technique
Int J Periodontics Restorative Dent, 2004, 24(6): 545-553

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung
Pressemitteilung vom 23.09.2011
<http://www.kzbv.de/23-09-2011.480.de.html>

Klein MO, Al-Nawas B
Für welche klinischen Indikationen in der dentalen Implantologie ist die Verwendung von Knochenersatzmaterialien wissenschaftlich belegt?
Systematischer Review mit Konsensus-Statements und -Empfehlungen der 1. DGI Konsensuskonferenz
Europ J Oral Implant, 2011, 4: 67-72

Krummenauer F, Baulig C, Hirsch J
Randomisation in klinischen Studien
Z Zahnärztl Implantation, 2014, 30(1): 60-66

Landsberg CJ, Bichacho N
A modified surgical/prosthetic approach for optimal single implant supported crown. Part I: The socket seal surgery
Pract Periodontics Aesthet Dent, 1994, 6(2): 11-17

Lestiboudois U, Terheyden H
Vermeidung einer Frühparodontitis vor Frühimplantation von Zahnimplantaten
Z Zahnärztl Implantatol, 2014, 30(2): 128-133

Levitt D
Atraumatic extraction and root retrieval using the periosteal elevator: a precursor to immediate placement of dental implants
Dent Today, 2001, 20(11): 53-57

- Lindeboom JA, Mathura KR, Milstein DM, Ince C
 Microvascular soft tissue changes in alveolar distraction osteogenesis
 Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2008, 106(3): 350-355
- Misch CE, Dietsh-Misch F, Misch CM
 A modified socket seal surgery with composite graft approach
 J Oral Implantol, 1999, 25(4): 244-250
- Nissan J, Ghelfan O, Priel I, Gross M, Chaushu G
 The effect of crown/implant ratio and crown height space on stress distribution in
 unsplinted implant supporting restorations
 J Oral Maxillofac Surg, 2011, 69(7): 1934-1939
- Neisius T
 Zuverlässigkeit und klinischer Stellenwert der intraoperativen Schnellschnitt-
 diagnostik bei Tumorpatienten der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
 Medizinische Dissertation der Charité, 1998, 93-96
- Nemcovsky CE, Artzi Z, Moses O
 Rotated palatal flap in immediate implant procedures. Clinical evaluation of 26
 consecutive cases
 Clin Oral Implants Res, 2000, 11(1): 83-90
- Neugebauer J, Rothamel D, Lingohr T, Scheer M, Zöllner E
 Chirurgische Konditionierung des Implantatlagers
 BDIZ EDI Konkret, 2008, 2: 6-14
- Nevins M, Camelo M, De Paoli S, Friedland B, Schenk RK, Parma-Benfenati S
 A study of the fate of the buccal wall of extraction sockets of teeth with prominent
 roots
 Int J Periodontics Restorative Dent, 2006, 26(1): 19-29
- Nissan J, Gross O, Ghelfan O, Priel I, Gross M, Chaushu G
 Die Bedeutung der Verblockung von implantatgetragene Restaurationen für die
 Stressverteilung bei verschiedenen Kronen-Implantat-Relationen und Kronenlängen
 J Oral Maxillofac Surg, 2011, 69(7): 1934-1939
- Puranen J
 Reorganisation of fresh and preserved bone transplants
 Acta Orthop Scand, 1966, Suppl 92: 1-75
- Quayle A A
 Atraumatic removal of teeth and root fragments in dental implantology
 Int J Oral Maxillofac Implants, 1990, 5(3): 293-296
- Rathe F, Schlee M
 Weichgewebs- und Alveolenmanagement
 Zahnheilkunde Management Kultur, 2011, 27(9): 538-545
- Ruffieux K, Köhli M
 Knochenaufbau
 Eigenverlag DS Dental, 2010, 14-17

- Rocci A, Martignoni M, Gottlow J
 Immediate loading in the maxilla using flapless surgery, implants placed in predetermined positions, and prefabricated provisional restorations: a retrospective 3-year clinical study
 Clin Implant Dent Relat Res, 2003, 5(1): 29-36
- Rothamel D, Schwarz F, Stoldt V, Herten M, Kotthaus C, Becker J
 In-vitro-Testung der Thrombozytenaggregation an zahnärztlich verwendeten kollagenen Hämostyptika
 Mund Kiefer Gesichtschir, 2006, 10(3): 148-154
- Sbordone L, Toti P, Menchini-Fabris GB, Sbordone C, Piombinio P, Guidetti F
 Volume changes of autogenous bone grafts after alveolar ridge augmentation of atrophic maxillae and mandibles
 Int J Oral Maxillofac Surg, 2009, 38(10): 1059-1065
- Schmid J, Hämmerle CH, Flückiger L, Winkler JR, Olah AJ, Gogolewski S, Lang NP
 Blood-filled spaces with and without filler materials in guided bone regeneration. A comparative experimental study in the rabbit using bioresorbable membranes
 Clin Oral Implants Res, 1997, 8(2): 75-81
- Schmidlin P, Jung RE, Schug J
 Prevention of alveolar ridge resorption after tooth extraction – a review
 Schweiz Monatsschr Zahnmed, 2004, 114(4): 328-336
- Schroeder HE
 Orale Strukturbiologie. 3 ed.
 Thieme; 1987, 195-215
- Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T
 Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study
 Int J Periodontics Restorative Dent, 2003, 23(4): 313-323
- Schubert J
 Defektdeckung mittels Nahlappenplastiken im Gesicht
 MKG-Chirurg, 2012, 4: 303-314
- Schug J
 Socket Preservation
 in Knochenaufbau (Hrsg.: Ruffieux K, Köhli M)
 Eigenverlag DS Dental , 2010, 70-75
- Schulze R, Haßfeld S, Schulze D
 Dentale Volumetomographie
 Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde
http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/083-005_S1_Dentale_Volumentomographie_04-2009_12-2012.pdf
- Schwarz F, Herten M, Sager M, Bieling K, Sculean A, Becker J
 Comparison of naturally occurring and ligature-induced peri-implantitis bone defects in humans and dogs
 Clinical Oral Implants Research, 2007, 18: 161-170

Schwarz F, Sahm N, Schwarz K, Becker J

Impact of defect configuration on the clinical outcome following surgical regenerative therapy of periimplantitis

J Clin Periodont, 2010, 37: 449-455

See von C, Gellrich NC, Jachmann U, Laschke MW, Bormann KH, Rucker M

Bone augmentation after soft-tissue expansion using hydrogel expanders: effects on microcirculation and osseointegration

Clin Oral Implants Res. 2010, 21(8): 842-847

Seibert, JS

Reconstruction of deformed partially edentulous ridges using full thickness onlay grafts: Part I - technique and wound healing

Compend Contin Educ Dent 1983, 4: 437-453

Shakibaie-MB

Socket und Ridge Preservation aus dreidimensionaler Sicht

Z Zahnärztl Implantol, 2009, 25: 369-377

Smeets R, Jung O, Hanken H, Hartjen P, Al Dam A, Gröbe A, Heiland M, Gosau M, Rothamel D, Schlee M, Iglhaut G, Kolk A

Was können regenerative Materialien in der Zahnheilkunde leisten – und wo sind ihre Grenzen

Dtsch Zahnärztl Z, 2014, 69(12): 708-721

Stimmelmayer M

Minimalinvasive Augmentationstechnik mittels Ridge Preservation und Socket Seal in der ästhetisch anspruchsvollen Zone

Implantologie, 2009, 17(2): 183-191

Stimmelmayer M, Allen EP, Reichert TE, Iglhaut G

Use of a combination epithelized-subepithelial connective tissue graft for closure and soft tissue augmentation of an extraction site following ridge preservation or implant placement: description of a technique

Int J Periodontics Restorative Dent, 2010, 4:375-381

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA

Healing pattern of bone defects covered by different membrane types-a histologic study in the porcine mandible

J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2006, 78(1): 35-46

Suhr M, Preusse F-A, Arndt C

Die implantatpositionierende Osteotomie zur Behandlung in Fehlstellung osseointegrierter Implantate

Z Zahnärztl Implantation, 2011, 27(2): 164-170

Tal H

Autogenous masticatory mucosal grafts in extraction socket seal procedures

Clin Oral Implants Res 1999, 10(4): 289-296

- Tan WL, Wong TL, Wong MC, Lang NP
A systematic review of post-extractional alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans
Clin Oral Implants Res, 2012, 23(5): 1-21
- Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS
The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest
J Periodontol, 2000, 71(4): 546-549
- Terheyden H
Sofortrekonstruktion und verzögerte Sofortrekonstruktion der Extraktionsalveole
Implantologie, 2006, 14(4): 365-375
- Terheyden H, Iglhaut G
Chirurgische Versorgung der Extraktionsalveole – aktueller Stand und neue Erkenntnisse
J Dental Implant, 2006, 22: 42-45
- Terheyden H
Autologer Knochen für alle Indikationen geeignet
Zahnarzt Wirtschaft Praxis, 2011, 6: 82-83
- Terheyden H
Große Knochenaugmentationen: Heutige Techniken und Materialien
Geistlich News, 2015, 1: 6-8
- Terry BC, Zarb G
Report on the 4th international congress on preprosthetic surgery Palm Springs, USA, 18–20 April, 1991
J Oral Maxillofac Surg 1991, 20: 314-316
- Thalmair T, Fickl S, Schneider D, Hinze M, Wachtel H
Dimensional alterations of extraction sites after different alveolar ridge preservation techniques - a volumetric study
J Clin Periodontol, 2013, 40(7): 721-727
- Utz K-H
Unterfütterungsverfahren
In: Horch H-H, Hupfauf L, Ketterl W, Schmuth G (Hrsg.):
Praxis der Zahnheilkunde Bd. 7: Totalprothesen 3. Aufl.
Urban u. Schwarzenberg, München, 1991
- Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D, Figuero E, Martin C, Sanz M
Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. A systematic review
Clin Oral Impl Res, 2012, 23(5): 22–38
- Wang HL, Yuan K, Burgett F, Shyr Y, Syed S
Adherence of oral microorganisms to guided tissue membranes: an in vitro study
J Periodontol, 1994, 65(3): 211-218

Weng D, Stock V, Schliephake H

Welche Maßnahmen sind sinnvoll zum Strukturerhalt des Alveolarfortsatzes nach Zahnextraktion? Systematischer Review mit Konsensus - Statements und Empfehlungen der 1. DGI Konsensuskonferenz
Europ J Oral Implant, 2011, 4: 123-130

Wies P

Excel 2010 für Windows – Fortgeschrittene Techniken
Herdt-Verlag, 2011, 10(3): 60-86, 124-136

Wies P

Statistik mit Excel 2010
Herdt-Verlag, 2011, 9(1): 14-22, 60-64

Zerbo IR, de Lange GL, Joldersma M, Bronckers AL, Burger EH

Fate of monocortical bone blocks grafted in the human maxilla: a histological and histomorphometric study
Clin Oral Implants Res, 2003, 14: 759-766

7 ANHANG

7.1 LEBENSLAUF

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

7.2 PUBLIKATIONSLISTE

Neisius T

Temporärer oromukosaler Antrumstent
MKG-Chirurg, 2015, 8(2): 101-104

Neisius T

Das Tuber-Os-Mukosa Transplantat
Ein autogenes Composit-Transplantat als alternative Socket Preservation
Posterpräsentation 7. Gemeinschaftstagung ÖGI, DGI & SGI, Wien 26.-28.11.2015

Neisius T

TOMAS: Option zur Sanierung einer odontogenen Sinusitis maxillaris
Präsentation zum 66. Jahreskongress der DGMKG, Hamburg 01.-04.06.2016

Neisius T

Das TOM Transplantat als alternative Socket Preservation
Präsentation zum 66. Jahreskongress der DGMKG, Hamburg 01.-04.06.2016

7.3 Eidesstattliche Versicherung

Ich, J. Thomas Neisius, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Klinischer Methodenvergleich des präimplantologischen Managements der Extraktionsalveole“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik und Resultaten entsprechen den Uniform Requirements for Manuscripts (URM) und werden von mir verantwortet.

Ich versichere, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.

Datum

Unterschrift

7.4 Danksagung

Herrn Professor Dr. Dr. Michael Herzog

möchte ich für die Betreuung meines Themas, für die mir erwiesene Förderung und Ausbildung sowie seine väterliche Freundschaft herzlichst danken.

Herrn Professor Dr. Niedobitek

danke ich für die mir erwiesene Unterstützung durch theoretische und praktische Darstellung der histologischen Methoden, Besprechung der Problematik und Aufbereitung der entnommenen Proben.

Herr Alexander Krannich

bin ich zu Dank für die statistische Betreuung verpflichtet.

Herrn ZTM Hans Neisius

bin ich nicht nur wegen entscheidender Anstöße zum rechten Zeitpunkt tief verbunden.