

Sílvia Helena Maffei, Gustavo Vicentis Oliveira Fernandes, Juliana Campos Hasse Fernandes, Cássio Orth, Julio Cesar Joly

# Klinische und histomorphometrische Weichgewebeuntersuchung zum Vergleich von freien Gingivatransplantaten und einer Kollagenmatrix als Materialien für die Socket-Seal-Technik: eine randomisierte, kontrollierte klinische Pilotstudie

**Indizes:** Alveole, Chirurgie, Kollagen, Membran, Transplantat, Weichgewebe

**Ziel:** Ziel dieser Untersuchung waren der Vergleich eines freien Gingivatransplantats (FGT) mit einer porkinen Kollagenmatrix (Mucograft Seal, MS) zum Weichgewebeverschluss im Bereich der Extraktionsalveole (Socket-Seal-Technik) sowie eine qualitative Bestimmung der Patientenwahrnehmung mithilfe visueller Analogskalen (VAS). **Methode und Material:** Insgesamt 18 Patienten mit Indikation für eine Einzelzahnextraktion in der ästhetischen Zone wurden per Randomisierung der Kontrollgruppe (FGT) oder der Testgruppe (MS) zugeordnet. Alle Extraktionsalveolen wurden mit einem bovinen Knochentransplantat (kleines Granulat) gefüllt und versiegelt. Kontrolluntersuchungen fanden unmittelbar postoperativ (Tag 0) sowie nach 3, 7, 15, 30, 60, 90 und 120 Tagen statt. Nach 180 Tagen wurden vor der Implantatinserion Gewebeproben für eine histologische Analyse entnommen. Außerdem wurden während der ersten 7 postoperativen Tage qualitative Informationen zur subjektiven Wahrnehmung der Behandlung durch die Patienten mithilfe von VAS erhoben. **Ergebnisse:** In der MS-Gruppe war eine schnellere Heilung zu beobachten: Nach 60 Tagen waren alle Stellen der MS-Gruppe partiell verheilt, in der FGT-Gruppe dagegen nur fünf. Histologisch fand sich in der FGT-Gruppe ein überwiegend akutes Entzündungsgeschehen, während in der MS-Gruppe chronische Entzündungsprozesse beobachtet wurden. Die mittlere Epitheldicke betrug in der FGT-Gruppe 535,69  $\mu\text{m}$ , in der MS-Gruppe 495,33  $\mu\text{m}$  ( $p = 0,54$ ). Innerhalb beider Gruppen fand sich eine erhebliche Varianz der Ergebnisdaten ( $p < 0,001$ ). Die qualitative Auswertung der Patientenwahrnehmung ergab einen signifikant größeren Komfort in der MS-Gruppe ( $p < 0,05$ ). **Schlussfolgerung:** Im Rahmen dieser Studie lieferten beide Techniken eine wirksame Versiegelung der Extraktionsalveolen mit einer schnelleren Wundheilung in der MS-Gruppe. Die VAS-Ergebnisse lassen auf signifikant geringere Beschwerden in der MS-Gruppe schließen.

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten

Für die Rehabilitation nach einer Zahnextraktion kommen verschiedene Therapien in Betracht. Die vorliegende Untersuchung vergleicht das freie Gingivatransplantat mit einer porkinen Kollagenmatrix und berichtet über deren qualitative Bewertung durch Patienten.

**Originalbeitrag:** Maffei SH, Fernandes GVO, Fernandes JCH, Orth C, Joly JC. Clinical and histomorphometric soft tissue assessment comparing free gingival graft and a collagen matrix as alveolar-sealer materials: a randomized controlled pilot clinical trial. Quintessence Int 2023 Oct 19; 54: 756–769, doi: 10.3290/j.qi.b4194253

## Manuskript (des Originalbeitrags)

Eingang: 21.05.2023  
Annahme: 01.07.2023

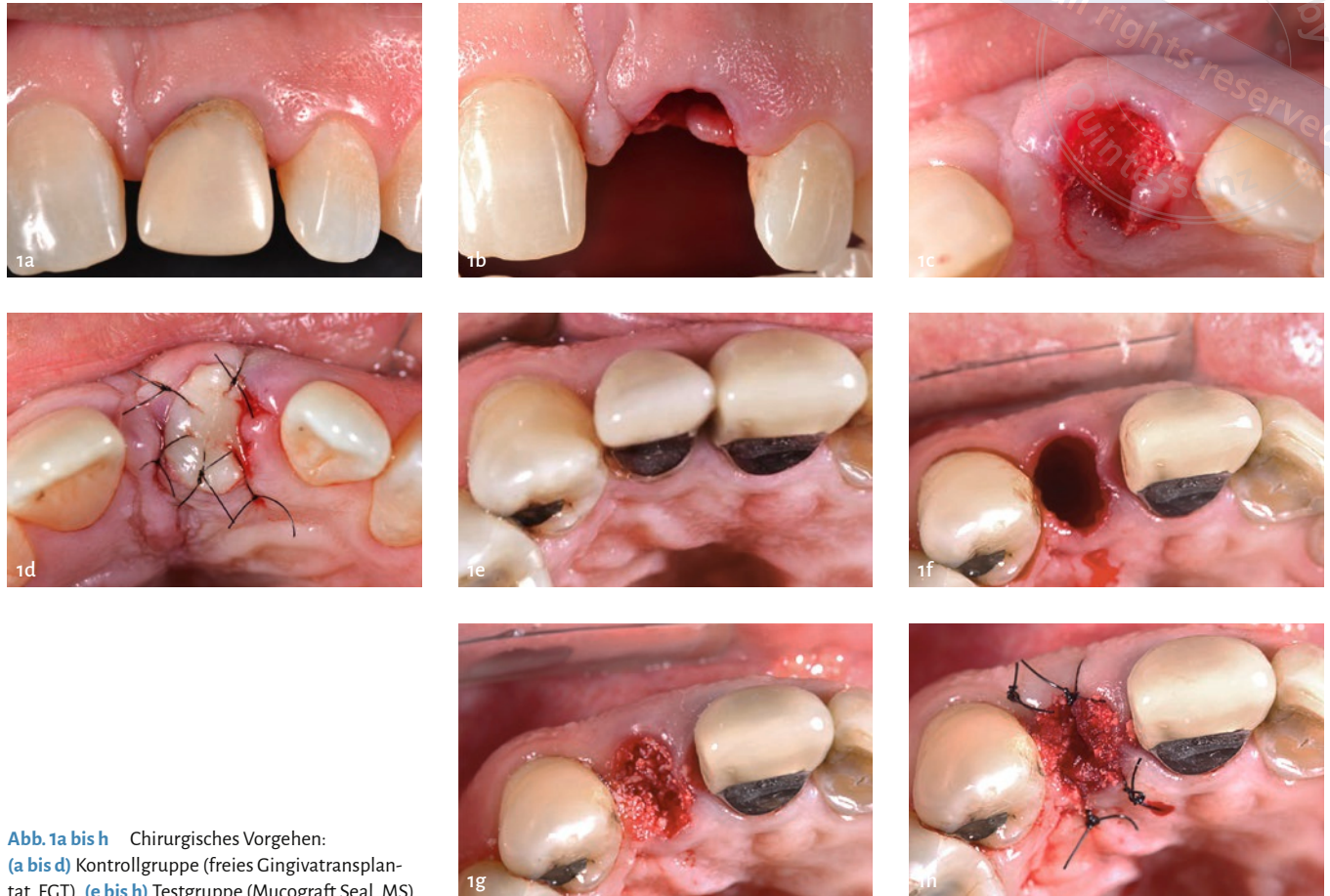


Abb. 1a bis h Chirurgisches Vorgehen: (a bis d) Kontrollgruppe (freies Gingivatransplantat, FGT), (e bis h) Testgruppe (Mucograft Seal, MS)

## EINLEITUNG

Für die Rehabilitation nach einer Zahnextraktion kommen verschiedene Therapieoptionen in Betracht, darunter festsitzende Restaurationen, Teilprothesen, Totalprothesen<sup>15,16</sup> und Implantate<sup>9,14,40</sup>. Inzwischen sind Implantate mit ihren großen Langzeitüberlebensraten (über 96 % nach bis zu 10 Jahren) häufig die beste Wahl. Allerdings gilt die Erhaltung der dreidimensionalen Knochen- und Weichgewebearchitektur im Bereich der Extraktionsstelle als Problem<sup>5,6,11,12,13</sup>. Ein besonderes Interesse liegt daher auf möglichen Techniken zum Erhalt des krestalen Knochen-niveaus. Knochentransplantate oder -ersatzmaterialien in Verbindung mit Membranen und/oder Weichgewebetransplantaten sind einer dieser Ansätze<sup>5</sup>.

Autogenes Gewebe ist aufgrund seiner Fähigkeit zur Gewebeinduktion, -konduktion und -genese der Goldstandard bei der Gewebekonstruktion<sup>1,10</sup>. Die Entnahme von autogenen Transplantaten geht mit einer erhöhten Morbidität und einer langen Operationsdauer einher, sodass in jüngerer Zeit alternative Biomaterialien entwickelt wurden. Von ihnen haben sich xenogene Knochenersatzmaterialien als biologisch verträglich und gewebekundktiv erwiesen<sup>36</sup> und bieten sich für die

Socket Preservation nach einer Extraktion als wirksame Alternative zu autogenem Gewebe an<sup>13,20,24,48</sup>.

Im Jahr 1994 wurde erstmals die Versiegelung der Extraktionsalveole mit einem freien Gingivatransplantat (FGT) vorgeschlagen<sup>25,39</sup>, das dazu diente, ein in der Alveole platziertes Knochentransplantat zu decken und dessen Kontamination durch Speichel und eine bakterielle Besiedelung zu verhindern (sogenannte *Socket-Seal-Technik*). In der Folge war autogenes Weichgewebe zunächst das am häufigsten verwendete Material<sup>24</sup>. Das autogene Gewebe kann aber auch durch eine Kollagenmatrix ersetzt werden. Diese erhöht den Patientenkomfort, da die zweite Operationsstelle für die Transplantatentnahme entfällt. Ein zusätzlicher Vorteil ist die raschere Heilung der Weichgewebewunde<sup>44</sup>.

Die resorbierbare porcine (d. h. xenogene) Kollagenmatrix Mucograft Seal (MS) der Firma Geistlich Pharma ist ein solches Material. Gegenüber ihrer Vorgängerin Mucograft (Fa. Geistlich Pharma), die ihre Barrierefunktion für mindestens 30 Tage aufrechterhält<sup>35</sup>, hat Mucograft Seal eine größere Dicke, ist leichter zu handhaben und benötigt keine Vorbehandlung oder Vorwässerung<sup>22,35,44</sup>. Zudem bleibt die Barrierefunktion nun länger als 30 Tage erhalten, was eine wirksame Neubildung von Gewebe vor dem Abbau der Kollagenmatrix gewährleistet.

Da keine resorbierbare Membran, die dem oralen Milieu direkt ausgesetzt ist, ihrer Zersetzung längere Zeit widersteht<sup>42</sup>, wurden einige chemische und physikalische Modifikationen vorgenommen, um die Resorptionsphase von MS zu verlängern<sup>26,42</sup>.

Zum Einsatz von MS bei der Socket-Seal-Technik fehlen bislang Daten. Studien bewerten normalerweise den Erhalt des krestalen Knochenlevels, also die Hartgewebesituation. Dagegen wurde das neu gebildete Weichgewebe bislang noch unzureichend untersucht. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, die Wirksamkeit von FGT und MS bei der Socket-Seal-Technik und die Förderung der Weichgewebebildung klinisch und histomorphometrisch zu untersuchen und zu vergleichen. Außerdem wurden die postoperativen Beschwerden der Patienten mithilfe visueller Analogskalen (VAS) bewertet. Die Nullhypothesen lauten, (1) dass keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Gruppen (FGT und MS) bestehen und (2) dass der Verschluss des Weichgewebes im Bereich der Extraktionsalveole in beiden Gruppen vergleichbar ist. Alternativhypothese war, dass die Socket-Seal-Technik mit Kollagenmatrices signifikant bessere klinische Ergebnisse liefert als die freien Gingivatransplantate und auch bezüglich der Patientenwahrnehmung überlegen ist.

## MATERIAL UND METHODE

### Studiendesign und Randomisierung

Die vorliegende prospektive, randomisierte, kontrollierte klinische Pilotstudie basiert auf den Prinzipien der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der Fassung von 2013). Das Studiendesign folgte der CONSORT-25-Leitlinie und wurde von der lokalen Ethikkommission (Ethikkommission der Zahnmedizinischen Fakultät und des Dental Research Center São Leopoldo Mandic, São Paulo, Brasilien) unter der Protokollnummer 370723 14.4.0000.5374 genehmigt. Die Studie ist unter dem Identifikator NCT05448040 bei *ClinicalTrials.gov* registriert.

Alle Untersuchungen wurden von zwei Untersuchern (S. H. M. und J. C. J.) durchgeführt. Die Patienten wurden aufgeklärt, untersucht und unterzeichneten im Fall einer Teilnahme eine informierte Einwilligung. Spätestens 21 Tage vor dem Eingriff wurde eine professionelle Zahnreinigung durchgeführt. Nach der Unterzeichnung der Einwilligungserklärung wurden die Patienten per Randomisierung („Coin Flipper“-Funktion der Random.Org-App, Fa. Randomness and Integrity Service) einer Kontrollgruppe (FGT, Typ Landsberg<sup>24</sup>) oder einer Testgruppe (porkine Kollagenmatrix MS, 12 mm Dicke) zugeordnet.

### Eignungskriterien

Die Einschlusskriterien lauteten:

- ASA-I-Patient

- bestehende Indikation für eine Einzelzahnextraktion in der Region 15 bis 25 an einer Stelle mit mindestens einem Nachbarzahn
- Knochenvolumen für eine Sofortimplantation unzureichend
- 18 bis 55 Jahre alt
- gute Mundhygiene, Sondierungsbluten (SB) von  $\leq 10\%$

Ausschlusskriterien waren:

- allgemeinmedizinische Kontraindikationen für einen implantatchirurgischen Eingriff
- Schwangerschaft oder Stillen
- unbehandelte Parodontitis
- Bruxismus oder schweres Pressen
- Immunsuppression
- intraoperativer Verlust eines Teils der Alveolenwand (jeder Knochenverlust)
- frühere Strahlentherapie der Kopf-Hals-Region
- unkontrollierter Diabetes mellitus
- Rauchen
- schlechte Mundhygiene (SB  $> 10\%$ ) und geringe Motivation
- laufende Bisphosphonattherapie, Alkohol- oder Drogenabusus, psychiatrische Erkrankung
- Gingivarezession am betreffenden Zahn
- herausnehmbarer Zahnersatz

Allen Patienten wurde nach der Operation ein Fragebogen ausgehändigt, der bei der 7 Tage später angesetzten Nahtentfernung ausgefüllt wieder abzugeben war.

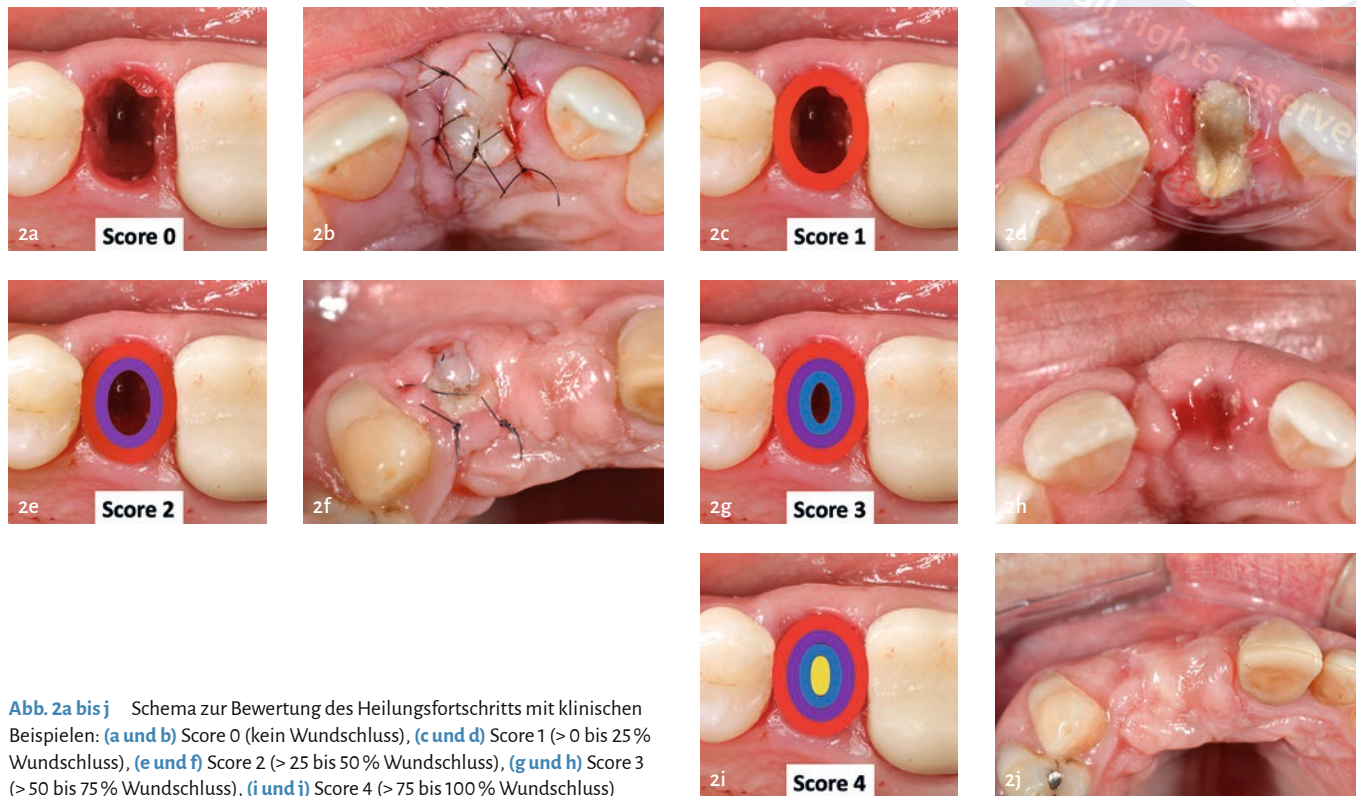
### Gruppen

Nach der randomisierten (simulierter Münzwurf) Gruppenzuordnung der Patienten wurde in beiden Gruppen die Extraktionsalveole bis zum knöchernen Rand mit einem Xenotransplantat (Bio-Oss, kleines Granulat, Fa. Geistlich Pharma) gefüllt. Anschließend erfolgte die Versiegelung der Extraktionsalveole mit entweder

- einem autogenen Weichgewebe (FGT, Technik nach Landsberg<sup>24</sup> – Kontrollgruppe) oder
- einer Kollagenmembran (porkine Kollagenmatrix MS, 12 mm Durchmesser, Fa. Geistlich Pharma – Testgruppe), die jeweils auf gleiche Weise platziert wurden.

### Ergebnisvariablen und Hypothesen

Primäre Ergebnisvariable war der Verschluss des Weichgewebes im Bereich der Extraktionsalveole, wozu das neu gebildete Gewebe nach 3, 7, 15, 30, 60, 90 und 120 Tage bewertet wurde. Die sekundären Variablen umfassten:



**Abb. 2a bis j** Schema zur Bewertung des Heilungsfortschritts mit klinischen Beispielen: **(a und b)** Score 0 (kein Wundschluss), **(c und d)** Score 1 (> 0 bis 25% Wundschluss), **(e und f)** Score 2 (> 25 bis 50% Wundschluss), **(g und h)** Score 3 (> 50 bis 75% Wundschluss), **(i und j)** Score 4 (> 75 bis 100% Wundschluss)

- die postoperativen Beschwerden der Patienten gemäß subjektiver Bewertung auf einer VAS,
- eine Qualifizierung der Entzündung (fehlend, mild, moderat, intensiv) und der Epitheldicke (normal, hyperplastisch).

Nullhypothese war, dass keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der FGT- und der MS-Gruppe bestehen. Die Alternativhypothese lautete, dass sich in der Kollagenmembran-Gruppe signifikant bessere Ergebnisse bei der Versiegelung und in der Patientenwahrnehmung finden als in der Kontrollgruppe.

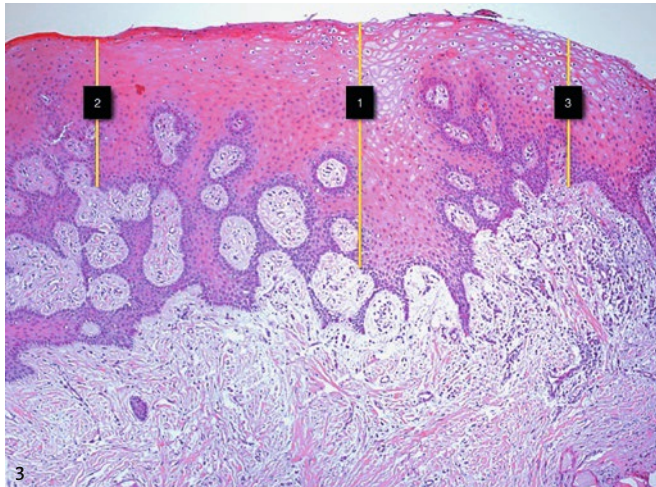
### Chirurgisches Vorgehen

Sämtliche Eingriffe wurden von einer verblindeten Behandlerin (S. H. M.) durchgeführt. Alle Patienten wurden an einem universitären Behandlungsplatz behandelt und erhielten vor der Operation eine Vorbehandlung bestehend aus Mundhygieneinstruktion und professioneller Zahnreinigung. Am Tag vor dem Eingriff lag bei allen Patienten eine gesunde parodontale Situation vor. Der betroffene Zahn wurde jeweils minimalinvasiv und schonend extrahiert. Patienten, bei denen nach der Extraktion ein Verlust der Alveolarwand vorlag, wurden aus der Studie ausgeschlossen.

Für die Extraktion wurden Desmotome und eine grazile Extraktionszange verwendet. Anschließend wurde die Alveole vorsichtig kürettiert

und mit isotonischer Kochsalzlösung gespült. Die nach innen zeigende epithelisierte Schicht der Gingivamanschette um die Alveole wurde vorsichtig mit einem Skalpell (Klinge 15C) entfernt. Schließlich folgten die Füllung der Alveole bis zum krestalen Knochniveau mit einem xenogenen Knochenersatzmaterial (Bio-Oss, kleines Granulat) und der Verschluss des Weichgewebes mit einem der beiden untersuchten Materialien.

Der Gaumen im Bereich distal des ersten Prämolaren und mesial des ersten Molaren diente als Spenderregion für das FGT. Die Entnahme erfolgte auf der Seite der Extraktion, um eine bessere postoperative Kaufunktion zu ermöglichen. Nach einer Infiltrationsanästhesie wurde mit einem Skalpell (Klinge 15C) 2 mm apikal des Gingivarands eine teilschichtige (Epithel und Bindegewebe) Inzision durchgeführt. Die *Rugae palatinae* wurden nicht einbezogen. Der Transplantatumriss entsprach dem Umfang der Alveolenöffnung. Für die Primärinzision wurde die Skalpellspitze 2 bis 3 mm senkrecht zum Gaumenknochen versenkt. Der Verlauf der Inzision entsprach dem ovalen oder kreisförmigen Umriss der zu verschließenden Alveolenöffnung mit einem Sicherheitsabstand von 1 mm<sup>24</sup>. Ein zweite Inzision mit stark geneigter Klinge diente dann zur Ablösung des Transplantats vom Periost des harten Gaumens und führte zu einem leicht vergrößerten mesiobukkalen Umriss des Transplantats. Das entnommene Weichgewebe wurde in isotonischer Kochsalzlösung aufbewahrt, während die Entnahmestelle mit einem Nylon-Monofilament der Stärke 4-0 (Ethilon, Fa. Johnson & Johnson) vernäht



**Abb. 3** Histomorphometrische Bestimmung der Epitheldicke durch Messung der Epithelschicht an drei Stellen je Schnittpräparat

wurde. Anschließend wurde das FGT auf der Empfängerregion platziert, adaptiert und mit monofilem Nylon der Stärke 5-0 (Ethilon) mit Einzelknopfnähten oder, für eine komplette Stabilisierung, mit gekreuzten Nähten fixiert. Die andere Gruppe erhielt statt des FGT die Kollagenmatrix. Diese wurde nach Füllung der Alveole mit dem Xenotransplantat so platziert, dass sie die Alveolenöffnung versiegelte, und dann mit Nähten (Ethilon 5-0) vollständig stabilisiert (Abb. 1).

## Postoperative Phase und Nachbeobachtung

Als peri- und postoperative Medikation erhielten die Patienten Amoxicillin 500 mg (3-mal täglich für 7 Tage, beginnend 1 Tag vor dem Eingriff) und Ibuprofen 600 mg (3-mal täglich für 2 Tage, beginnend 1 Stunde vor dem Eingriff) und wurden instruiert, den Mund ab dem Tag vor dem Eingriff für 10 Tage 3-mal täglich mit Chlorhexidin 0,12 % zu spülen. Alle Patienten wurden nach 7 Tagen zur Nahtentfernung einbestellt. Nachuntersuchungen, bei denen Gewebeheilung und Mundhygiene bewertet wurden, fanden nach 3, 7, 15, 30, 60, 90, 120 und 180 Tagen statt.

## Bewertung der Gewebeheilung

Der Operationssitus aller Patienten wurde von demselben Untersucher prä-, intra- und postoperativ mithilfe einer Digitalkamera (Nikon D3200 mit 105 mm Makroobjektiv, Fa. Nikon) mit Zwillingsblitz dokumentiert. Mit demselben Kameraabstand wie am Tag 0 wurden auch an den Tagen 3, 7, 15, 30, 60, 90 und 120 standardisierte Bilder aufgenommen. Zum Bewerten und Vergleichen der Heilung und des Wundschlusses wurden diese Bilder von zwei kalibrierten, verblindeten Untersuchern (S. H. M. und J. C. J.) subjektiv ausgewertet. Bei fehlender Übereinstimmung kam

ein dritter Untersucher (C. O.) hinzu. Für jeden Patienten wurde ein Wert (Score) nach folgenden Kriterien (Abb. 2) bestimmt:

- Score 0 (kein Wundschluss)
- Score 1 (> 0 bis 25 % Wundschluss)
- Score 2 (> 25 bis 50 % Wundschluss)
- Score 3 (> 50 bis 75 % Wundschluss)
- Score 4 (> 75 bis 100 % Wundschluss)

Die Häufigkeitsverteilungen dieser Werte wurden berechnet und grafisch aufbereitet.

## Histologische Präparation und Analyse

Nach 180 Tagen wurde vor der Implantatinsertion mit einer Biopsiestanze von 3,5 mm Durchmesser eine Probe des örtlichen Gewebes entnommen. Vor der Gewebeentnahme wurde der Bereich mit Fount-India-Tinte gefärbt, um die Epithelseite des Biopsats kenntlich zu machen. Die Proben wurden 24 Stunden in gepufferter 10%iger Formaldehydlösung fixiert, in 20%iger Ameisensäure entkalkt, dann in 1-stündigen Alkoholbädern mit ansteigender Konzentration (70 %, 90 %, 95 % sowie reiner Alkohol [zwei Bäder]) dehydriert und in zwei 1-stündigen Xylol-Bädern entfettet. Anschließend wurden die Proben in Paraffin eingebettet und im Mikrotom auf 5 µm Dicke geschnitten. Die Schnitte wurden mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt und unter Verwendung eines toluolhaltigen Langzeit-Eindeckmittels (Permount, Fa. Fisher Scientific) auf Objektträgern fixiert.

Zur Auswertung wurden die Präparate von einem einzelnen erfahrenen Pathologen, der gegen die Studiensituation verblindet war, unter Verwendung eines Lichtmikroskops (Olympus BX 51, Fa. Olympus) mit einer Digitalkamera (Evolution LC, Fa. Media Cybernetics) bei 10-facher Vergrößerung betrachtet. Bewertet wurden:

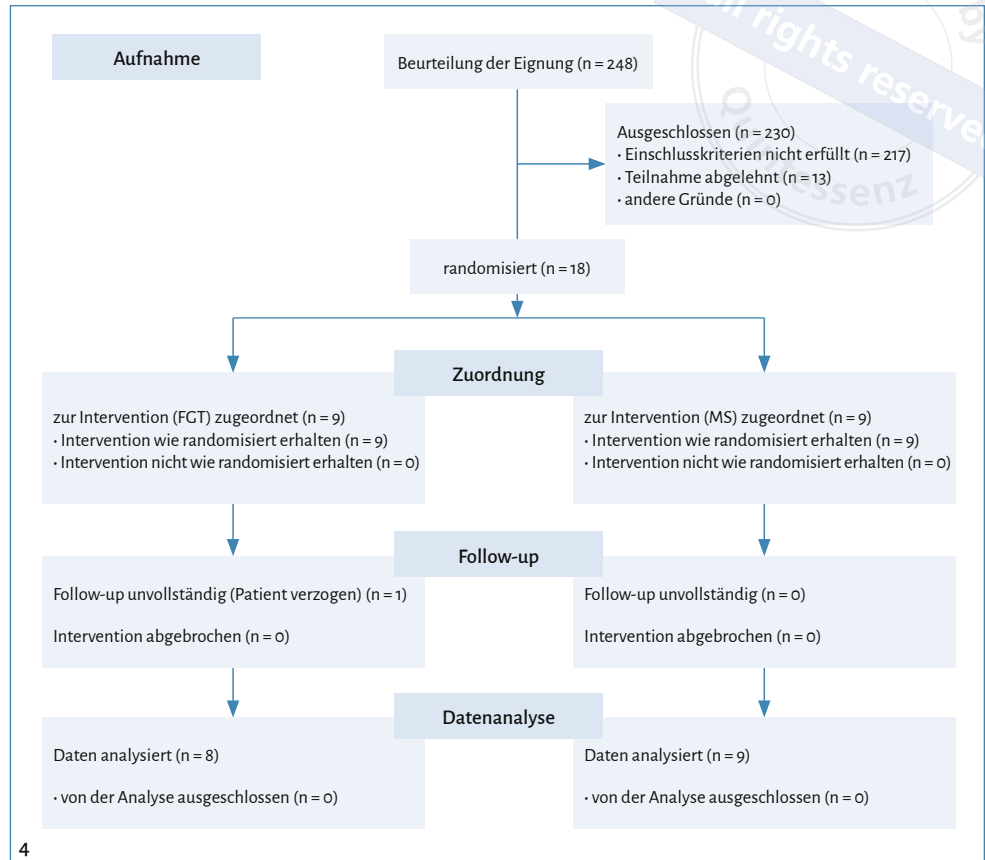
- die Epitheldicke (normal oder hyperplastisch) (Abb. 3) und
- die Entzündung (fehlend, mild [geringe Entzündungszeichen vorhanden], moderat [Entzündungszellen vorhanden] oder intensiv [Entzündungszeichen und viele Entzündungszell-Cluster]).

Der Entzündungsprozess wurde als chronisch bewertet, wenn vorrangig Lymphozyten und Plasmazellen sowie Angiogenese und Fibroplasie zu beobachten waren, bzw. als exazerbierend, wenn neutrophile Granulozyten, eine Hyperämie oder ein Weichgewebeödem vorlagen. Das Bindegewebe galt als moderat dicht oder dicht, wenn sich eine ausgeprägte Fibroplasie und eine Ansammlung von Kollagenfasern fanden.

## Histomorphometrische Analyse

Die Epitheldicke wurde mithilfe einer gemeinfreien Bildverarbeitungssoftware (ImageJ, Version 2.0.0) bestimmt, wozu der Mittelwert aus

Abb. 4 CONSORT-Flussdiagramm



Messungen an drei Messstellen (links, zentral und rechts) gebildet wurde (s. Abb. 3). Alle Schnitte wurden unabhängig von zwei kalibrierten Untersuchern (J. C. H. F. und G. V. O. F.) ausgewertet. Die Daten wurden zusammengeführt und statistisch analysiert.

### Qualitative Analyse mittels VAS

Im Anschluss an den Eingriff erhielten die Patienten einen Fragebogen mit der Bitte, die einzelnen Fragen an bestimmten postoperativen Tagen (bspw. Fragen 1 und 2 nach 1 Tag, Frage 5 nach 7 Tagen) zu beantworten und den Fragebogen nach 7 Tagen wieder abzugeben. Der Bogen enthielt die folgenden Fragen:

1. Wie bewerten Sie die postoperativen Beschwerden (1. Tag)?
2. Wie bewerten Sie die Beschwerden während der Operation?
3. Wie zufrieden waren Sie mit der Behandlung?
4. Wie zufrieden waren Sie mit der Operationsdauer?
5. Wie bewerten Sie die postoperativen Beschwerden (erste 7 Tage)?
6. Wie bewerten Sie die Zahnlockerung nach der Behandlung?
7. Wie bewerten Sie das Zahnfleischbluten nach der Behandlung?
8. Wie viele der verschriebenen Schmerztabletten haben Sie eingenommen?

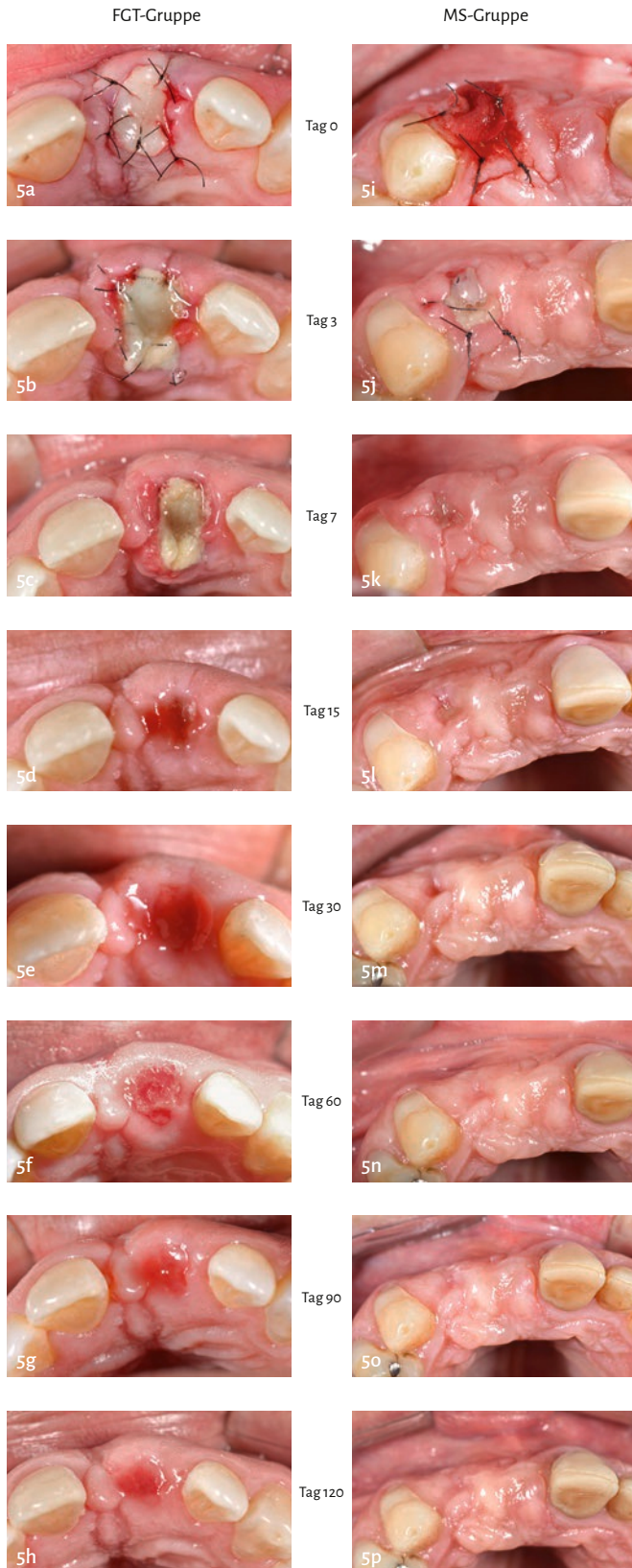
Die Beantwortung der Fragen 1 bis 7 erfolgte jeweils auf einer VAS: Die Patienten markierten das Niveau der jeweiligen Wahrnehmung auf einer geraden Linie von 10 cm Länge. Deren linkes Ende war mit 0, das rechte mit 10 als Minimal- und Maximalwerten der Bewertung durch den Patienten beschriftet.

### Statistische Auswertung

Da es sich um eine Pilotstudie handelte, wurde keine Teststärkenanalyse durchgeführt. Nach dem Testen (Kolmogorow-Smirnow-Test) der Daten auf Normalverteilung, die bestätigt wurde, erfolgte die Analyse der Gruppenunterschiede für die Epitheldicke und die VAS-Bewertungen mithilfe des *t*-Tests. Als Signifikanzniveau galt  $p < 0,05$ . Alle statistischen Analysen wurden mit der Software GraphPad Prism (Version 8, Fa. GraphPad Software) durchgeführt.

### ERGEBNISSE

Bei zunächst insgesamt 248 zur Extraktion überwiesenen Patienten wurde von zwei der Autoren (S. H. M. und J. C. J.) die Diagnose anhand der klinischen und radiologischen Befunde bestätigt und die Eignung



**Abb. 5a bis p** Repräsentative Beispiele für den Heilungsverlauf nach Beobachtungszeiträumen (0 [Baseline], 3, 7, 15, 30, 60, 90 und 120 Tage): **(a bis h)** FGT-Gruppe, **(i bis p)** MS-Gruppe

für die Studie geprüft. Nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien und Bestätigung der Bereitschaft zur Teilnahme konnten 18 Patienten (10 Frauen und 8 Männer) aufgenommen werden (Abb. 4). Die Nachuntersuchung der Patienten fand in beiden Gruppen (FGT und MS) unmittelbar nach dem Eingriff (Tag 0) sowie nach 3, 7, 15, 30, 60, 90 und 120 Tagen statt (Abb. 5). Von den 18 Teilnehmern schied eine Patientin der FGT-Gruppe aus der Studie aus und erschien nicht mehr zur Weiterbehandlung nach 180 Tagen.

### Klinische Befunde

Die Wundheilung des Weichgewebes im Bereich der Alveole nach der Extraktion verlief insgesamt unauffällig. Schmerzen und lokale Schwellungen als zu erwartende Folgen des operativen Eingriffs wurden nicht als spezifische Komplikationen der Socket-Seal-Technik gewertet. Die Ergebnisse der Weichgewebeheilung im zeitlichen Verlauf sind exemplarisch in Abbildung 5 dargestellt ( $k = 0,95$ ). Bei der Kontrolluntersuchung nach 3 Tagen hatte der Heilungsprozess bei 3 Patienten (33,3%) der MS-Gruppe bereits begonnen, jeweils mit einem Score von 1 (> 0 bis 25% Gewebeheilung), alle anderen Patienten hatten einen Score von 0. Nach einer Woche fanden sich auch in der FGT-Gruppe 2 Patienten (25,0%) mit einem Score von 1. Im selben Zeitraum zeigte sich in der MS-Gruppe eine deutlich schnellere Wundheilung mit 5 Patienten mit einem Score von 1, 3 Patienten mit Score 2 (> 25 bis 50% Heilung) und einem Patienten mit Score 3 (> 50 bis 75% Heilung).

Bis Tag 15 setzte sich die verglichen mit der FGT-Gruppe schnellere Wundheilung in der MS-Gruppe fort, und 5 Patienten (55,6%) wurden mit einem Score 3, 3 Patienten (33,3%) mit einem Score 2 und ein Patient mit einem Score 1 bewertet. In der Kontrollgruppe (FGT) fanden sich nach demselben Zeitraum 4 Patienten (50%) mit Score 2, während die übrigen 4 Patienten einen Score von 1 erreichten. Als Mindestzeitraum für das Erreichen der Hälfte der Gewebeheilung wurden 30 Tage betrachtet. Zu diesem Zeitpunkt umfasste die FGT-Gruppe 5 Patienten (62,5%) mit einem Heilungsscore von 3 sowie 3 Patienten mit Score 2. Dagegen wurden in der MS-Gruppe 3 Patienten als Score 4, 5 als Score 3 und einer als Score 2 klassifiziert.

Eine postoperative Spanne von 60 Tagen wurde als beste (kürzeste) Zeit für eine vollständige Wundheilung erwartet. Und der größte Teil der Teilnehmer (88,9% in der MS-Gruppe und 62,5% in der FGT-Gruppe) hatte zu diesem Zeitpunkt Score 4 erreicht. Als Ausnahmen fand sich bei einem Patienten in der MS-Gruppe und 3 Patienten der FGT-Gruppe eine Heilungssituation entsprechend Score 3.

Die Heilungssituation nach 90 und nach 120 Tagen war in beiden Gruppen gleich (Score 4) und entsprach einer vollständigen Weichgewebeheilung – mit Ausnahme eines Patienten der FGT-Gruppe, dessen Heilung nach 90 Tagen mit Score 3 zu bewerten war. Die Ergebnisdaten sind in Abbildung 6 und Tabelle 1 zusammengefasst.

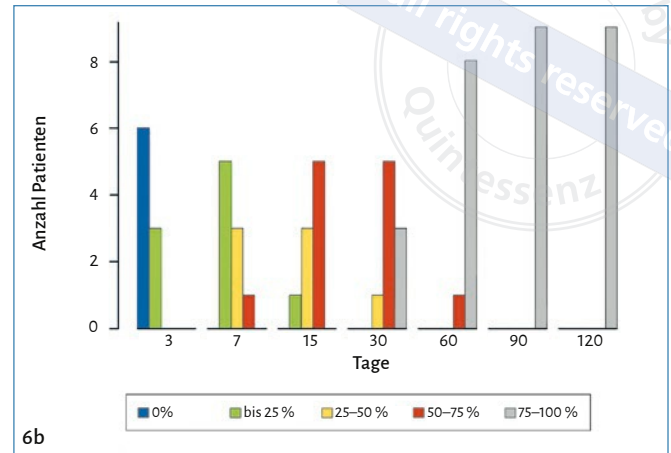
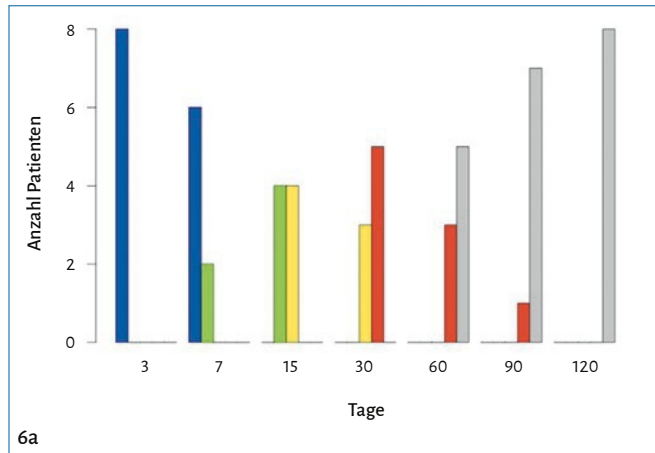


Abb. 6a und b Verteilung der Patienten nach Heilungsscore und Beobachtungszeitpunkt: (a) FGC-Gruppe, (b) MS-Gruppe

Tab. 1 Zahl der Patienten nach Heilungsscore, Gruppe und Zeitpunkt

		Zahl der Patienten						
Gruppe	Score	3 Tage	7 Tage	15 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage
BGT	0	8	6	0	0	0	0	0
	1	0	2	4	0	0	0	0
	2	0	0	4	3	0	0	0
	3	0	0	0	5	3	1	0
	4	0	0	0	0	5	7	8
MS	0	6	0	0	0	0	0	0
	1	3	5	1	0	0	0	0
	2	0	3	3	1	0	0	0
	3	0	1	5	5	1	0	0
	4	0	0	0	3	8	9	9

Heilungsfortschritt – Score 0: 0% Heilung, Score 1: > 0 bis 25% Heilung, Score 2: > 25 bis 50% Heilung, Score 3: > 50 bis 75% Heilung, Score 4: > 75 bis 100% Heilung

### Histologische und morphometrische Befunde

Die histologischen Schnitte der nach 180 Tagen entnommenen Biopsien, von denen ein Schnitt aus der MS-Gruppe aufgrund technischer Probleme verloren ging, zeigten in beiden Gruppen eine hyperplastische Epitheldicke mit vergleichbarer Entzündungssituation.

Allerdings lässt sich festhalten, dass in der FGT-Gruppe ein moderates Entzündungsgeschehen, in der MS-Gruppe eine milde Entzündung (Abb. 7) häufiger war. In der MS-Gruppe dominierten der chronische Entzündungstyp und sehr dichtes Bindegewebe, während in der FGT-Gruppe häufiger mäßig dichtes Bindegewebe beobachtet wurde (Tab. 2).

Die Daten wurden zunächst auf Normalverteilung getestet ( $p = 0,52$ ). Der Mittelwert lag in der FGT-Gruppe bei 535,69  $\mu\text{m}$  und in der

MS-Gruppe bei 495,33  $\mu\text{m}$ . Die Differenz von 40,36  $\mu\text{m}$  war statistisch nicht signifikant ( $p = 0,54$ ). Dagegen zeigte sich innerhalb beider Gruppen eine signifikante Datenvarianz (jeweils  $p < 0,001$ ) (Tab. 3). Bei Nichtberücksichtigung eines Ausreißers in den Daten der MS-Gruppe wuchs die Differenz zwischen den Gruppen-Mittelwerten auf 79,30  $\mu\text{m}$ , blieb aber weiterhin unterhalb des festgelegten Signifikanzniveaus ( $p = 0,17$ ).

### Patientenwahrnehmung (VAS)

Die VAS-Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Die Werte zeigen für die postoperativen Beschwerden, die intraoperativen Beschwerden, die Zahnlockerung und das Zahnfleischbluten keine signifikanten Differenzen zwischen den Gruppen. Dagegen fanden sich bei der



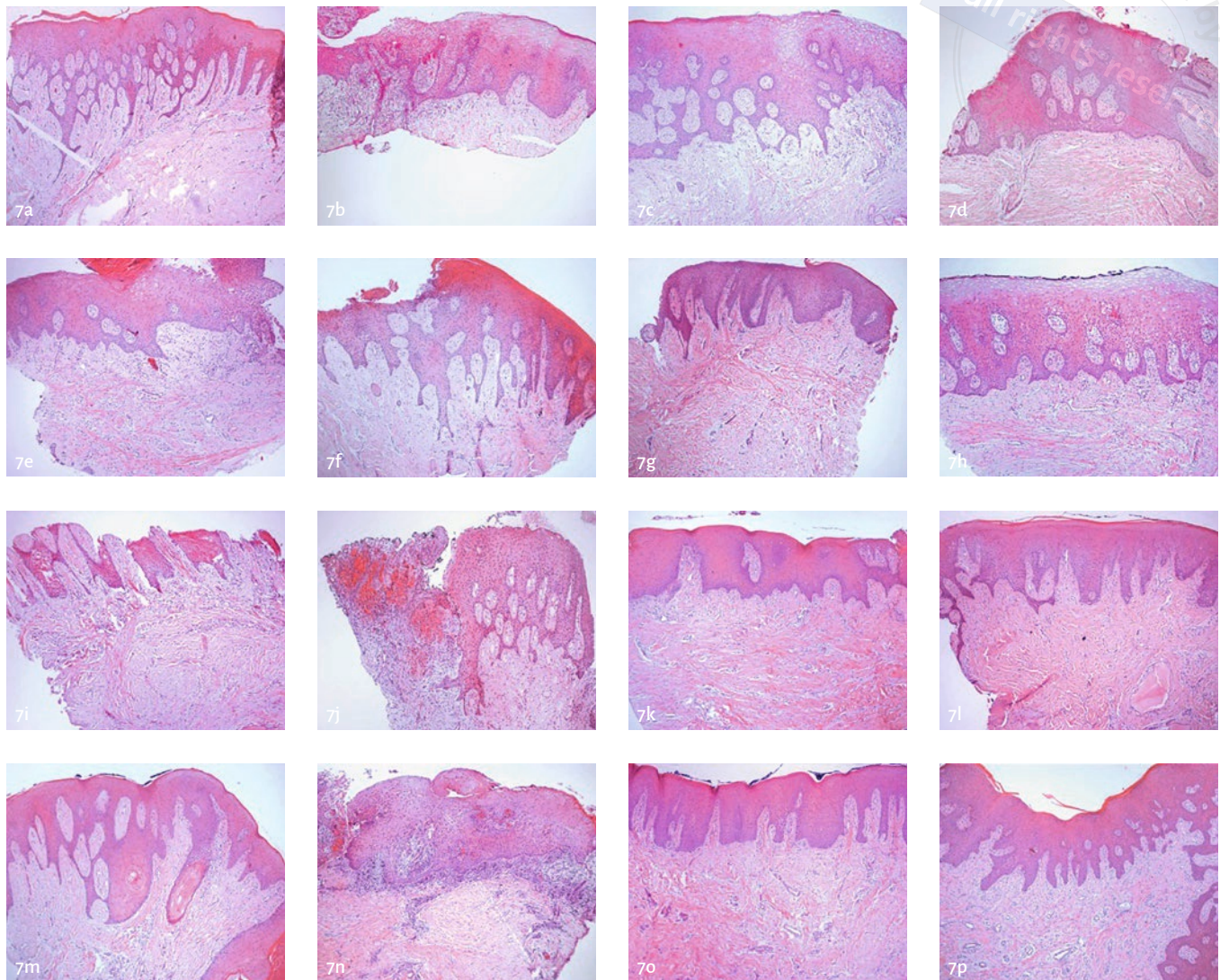


Abb. 7a bis p Histologische Bilder (Vergrößerung: 10-fach) der FGT-Gruppe (a bis h) und der MS-Gruppe (i bis p)

Zufriedenheit mit der Behandlung, der Operationsdauer und den Beschwerden während der ersten 7 Tage statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen, bei besseren Werten in der MS-Gruppe ( $p < 0,05$ ). Zudem zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied bei der Zahl der eingenommenen Schmerztabletten, mit einer geringeren Menge in der MS-Gruppe ( $p < 0,01$ ).

## DISKUSSION

In der Fachliteratur kann die Entwicklung der nach Zahnextraktionen eingesetzten Biomaterialien nachverfolgt werden, mit denen sich Hart- und Weichgewebeveränderungen, die erhebliche klinische Probleme bereiten können, nachweislich vermeiden oder reduzieren lassen<sup>45</sup>. Zunächst wurde autogenes Gewebe bevorzugt, während inzwischen

Trends zu xenogenen und alloplastischen Materialien und Polymeren zu verzeichnen sind<sup>1, 22, 23, 24, 34, 46</sup>. Im Gegensatz zu Knochentransplantaten, die als Materialien zur Auffüllung von Extraktionsalveolen erschöpfend untersucht wurden<sup>3</sup>, fehlen klinische Daten zur Weichgewebeneubildung nach Einsatz der Socket-Seal-Technik<sup>22, 32, 37, 44</sup>. Zusätzlich sollten auch die Vorteile von vorhandenem keratinisiertem Gewebe<sup>17, 29</sup> wie Verringerung des Sondierungsblutens, der Gingivarezession und der plaqueinduzierten Periimplantitis<sup>8, 47, 49</sup> genauer analysiert werden.

Die Mundhöhle ist ein Reservoir pathogener Bakterien, und die bakterielle Kontamination einer Operationsstelle kann zur Infektion führen<sup>19</sup>. Daraus ergibt sich die Bedeutung der Socket-Seal-Technik. Kim et al.<sup>23</sup> haben gezeigt, dass ungedeckte resorbierbare Membranen als Bakterienreservoir und Ausgangspunkt für eine Infektion des Knochentransplantats fungieren können, die ggf. bis zum Transplantatverlust führt.

**Tab. 2** Histologische Analyse der vor der Implantatsetzung entnommenen Stanzbiopsien (Häufigkeitsverteilung der bewerteten Eigenschaften)

Parameter	Eigenschaft	FGT, n (%)	MS, n (%)
Epithel(dicke)	normal	3 (37,5)	2 (22,2)
	hyperplastisch	5 (62,5)	6 (66,6)
	fehlend	0 (0,0)	1 (11,1)
Entzündungsgrad	fehlend	2 (25,0)	2 (22,2)
	mild	1 (12,5)	5 (55,5)
	moderat	4 (50,0)	1 (11,1)
	schwer	1 (12,5)	1 (11,1)
Entzündungstyp	akut	3 (37,5)	1 (11,1)
	chronisch	3 (37,5)	6 (66,6)
	fehlend	2 (25,0)	2 (22,2)
Bindegewebe	mäßig dicht	6 (75,0)	3 (33,3)
	sehr dicht	2 (25,0)	6 (66,6)

**Tab. 3** Histomorphometrische Ergebnisse der Messungen zur Bestimmung der Epitheldicke

Gewebeprobe	FGT (µm)				MS (µm)				p-Wert (Inter-Gruppen-Vergleich)
	links	Mitte	rechts	Mittelwert	links	Mitte	rechts	Mittelwert	
1	318,75	470,96	425,47	405,06	364,08	362,95	320,94	349,32	> 0,05
2	221,25	535,17	520,68	425,70	1027,49	668,83	607,34	767,89	
3	609,18	872,38	595,37	692,31	448,77	395,54	429,34	424,55	
4	412,34	775,78	636,16	608,10	505,98	549,54	347,55	467,69	
5	378,08	477,90	380,82	412,26	415,57	899,11	312,08	542,25	
6	417,31	1060,80	454,00	644,04	442,80	642,25	366,28	483,78	
7	487,30	414,49	344,64	415,48	471,03	377,27	466,39	438,23	
8	797,40	605,64	644,71	682,59	518,70	440,75	507,45	488,97	

p-Wert (Intra-Gruppen-Vergleich)

< 0,001

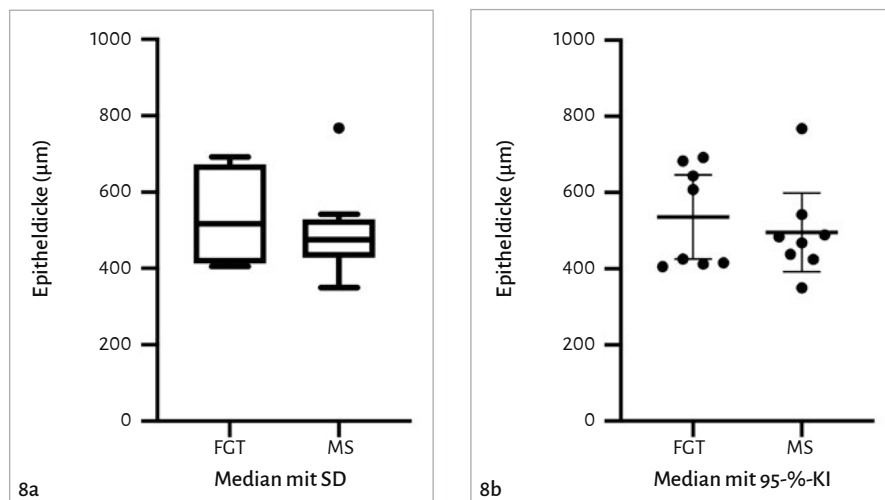
< 0,001

**Tab. 4** Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) für die VAS-Antworten

Frage	FGT-Gruppe		MS-Gruppe		Signifikanz
	Mittel	SD	Mittel	SD	
1. Wie bewerten Sie die postoperativen Beschwerden (1. Tag)?	3	2,6	4	2,4	n. s.
2. Wie bewerten Sie die Beschwerden während der Operation?	3	2,5	3	2,8	n. s.
3. Wie zufrieden waren Sie mit der Behandlung?	9	1,9	10	0,7	*
4. Wie zufrieden waren Sie mit der Operationsdauer?	8	1,8	10	1,0	*
5. Wie bewerten Sie die postoperativen Beschwerden (erste 7 Tage)?	6	3,7	3	3,2	*
6. Wie bewerten Sie die Zahnlockerung nach der Behandlung?	1	1,4	3	4,4	n. s.
7. Wie bewerten Sie das Zahnfleischbluten nach der Behandlung?	2	2,5	1	1,8	n. s.
8. Wie viele der verschriebenen Schmerztabletten haben Sie eingenommen?	7	2,6	4	2,4	**

n. s.: nicht signifikant, \*p < 0,05, \*\*p < 0,01.

Fragen 1 bis 7: Antworten zwischen 0 (Minimum) und 10 (Maximum), Frage 8: Zahl der eingenommenen Schmerzmitteldosen



**Abb. 8a und b** Epitheldicke nach 180 Tagen ohne Berücksichtigung des Ausreißers in der MS-Gruppe: (a) Mittelwert und Standardabweichung (SD), (b) Medianwert und 95%-Konfidenzintervall (KI)

Demgegenüber fand in allen hier untersuchten Fällen eine komplikationsfreie Heilung statt. Ferner ist bekannt, dass ein dichter Verschluss der Extraktionsalveole während der anschließenden 6-monatigen Heilungsphase zu gleichmäßigen, geringfügigen Dimensionsveränderungen verbunden mit einer guten Reepithelisierung führt<sup>28</sup>.

Um die Bewährung unterschiedlicher Materialien bei der Socket-Seal-Technik zu bewerten, wurden in der vorliegenden Studie folgende Aspekte untersucht:

- die Weichgewebereparatur (Heilungsverlauf) und
- das biologische Resultat, histologisch und histomorphometrisch (als primäre Studienziele), sowie
- die Wahrnehmung der Beschwerden durch die Patienten und deren Zufriedenheit mit der Behandlung (als sekundäres Studienziel).

Damit sollten Daten gesammelt werden, um das im klinischen Einsatz besser geeignete Biomaterial zu unterstützen und zur Verwendung vorzuschlagen.

In einer aktuellen Studie konnten Martins et al.<sup>30</sup> in der Gruppe mit Socket-Seal-Technik eine signifikant geringere Kieferkammresorption beobachten. Sie berichten von einer wirksamen Abdichtung der Alveole während der Socket Preservation im Vergleich zur offenen Heilung ohne Barriere und zur spontanen Heilung<sup>30</sup>. Ferner betrachten die Autoren ein autogenes Weichgewebetransplantat als beste Option für die Deckung des Knochenersatzmaterials. Ihre Ergebnisse zeigen auch, dass jede Art des Weichgewebeschlusses im Bereich der Extraktionsalveole über dem Knochentransplantat den horizontalen Volumenerhalt nach der Extraktion förderte<sup>30</sup>. Ebenso konnten Segnini et al.<sup>38</sup>, die ein bovines Knochenersatzmaterial in Extraktionsalveolen mit vestibulären Knochendefekten verwendeten und mit einem FGT oder einer Kollagenmatrix deckten, keine Unterschiede zwischen beiden Materialien beobachten. Diese Befunde werden durch eine systematische Übersichtsarbeit<sup>27</sup>

gestützt. Eine Studie von Testori et al.<sup>43</sup> kommt, ähnlich wie die vorliegende Untersuchung, zu dem Ergebnis, dass bei der Socket-Seal-Technik die Verwendung einer Kollagenmatrix das Knochentransplantat wirksam schützt.

Eine randomisierte klinische Studie berichtet von besseren Resultaten in der Gruppe mit Socket-Seal-Technik, in der ein Knochenersatzmaterial mit einer Kollagenmatrix oder einem FGT gedeckt wurde, als in der Gruppe mit natürlicher Heilung (ohne Biomaterialien)<sup>22</sup>. Allerdings konnte die Socket-Seal-Technik die Knochenresorption nicht vollständig verhindern, wie ein vertikaler Knochenverlust von 1,3 mm nach 6 Monaten zeigte<sup>22</sup>. Dieses Ergebnis wird von Testori et al.<sup>43</sup> bestätigt, die ebenfalls berichten, dass die Verwendung einer Kollagenmembran nach der Extraktion einen Rückgang des krestalen Knochenniveaus nicht komplett verhinderte. Kim et al.<sup>23</sup> beobachteten in ihren beide Gruppen mit Socket-Seal-Technik (FGT und resorbierbare Kollagenmembran) günstige klinische Ergebnisse und eine gute Weichgewebebildung. Außerdem kamen sie zu dem Schluss, dass die Socket-Seal-Technik den Weichgewebeverlust wirksam verringert. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind mit denen der 3 eben genannten Studien vergleichbar.

Meloni et al.<sup>32</sup> verwendeten ein dem vorliegenden sehr ähnliches Studiendesign. Ihre Untersuchung betraf Zähne in der Region 15 bis 25, die atraumatisch extrahiert wurden. Die Alveolen wurden mit anorganischem bovinem Knochenmineral gefüllt und mit einem FGT oder einer porkinen Kollagenmatrix verschlossen. Die Autoren berichten für beide Materialien von vergleichbaren Ergebnissen, betrachten den Einsatz der Kollagenmatrix jedoch als Vereinfachung gegenüber der Weichgewebeeinnahme am Gaumen. Auch in der vorliegenden Studie zeigte die VAS-Auswertung bezogen auf die postoperativen Beschwerden, die Operationsdauer und die Zufriedenheit mit der Behandlung eine signifikante Präferenz der Patienten für die Kollagenmatrix (MS).

Thoma et al.<sup>44</sup> beobachteten für Kollagenmembranen eine schnellere Weichgewebeheilung als für die natürliche Heilung der Extraktionsalveole. Damit stützen sie das hier beobachtete Ergebnis einer rascheren Reepithelisierung in der MS-Gruppe – allerdings ohne signifikanten Unterschied zur FGT-Gruppe ( $p > 0,05$ ). Die schwammartige, porenreiche Struktur der Kollagenmatrix kann zu einer guten Verbindung<sup>31</sup> und zum Einsetzen der Reepithelisierung 4 bis 8 Wochen nach der Operation beitragen<sup>21</sup>.

Für das FGT hingegen, das als hervorragende Lösung im Hinblick auf den Erhalt der Kieferkammdimensionen gilt<sup>25,27</sup>, beobachtete Tal<sup>41</sup> eine Misserfolgsrate von 57 % infolge partieller oder totaler Nekrose. In der vorliegenden Studie traten in der FGT-Gruppe auch Nekrosen auf. Diese hatten jedoch keinen negativen Einfluss auf die Behandlungen, die deshalb (wie bei Kim et al.<sup>23</sup>) nicht als Misserfolg gewertet wurden und nach einer Geweberemodellierung spätestens nach 60 bzw. 90 Tagen in einer erfolgreichen Heilung resultierten. Eine Teilnekrose ist auch eine mögliche Erklärung für die histologischen Befunde in der FGT-Gruppe, in der die Präparate von 50 % der Patienten nach 180 Tagen eine moderate Entzündung zeigten. Ähnlich wie in der Studie von Segnini et al.<sup>38</sup>, die keine statistisch signifikanten histologischen Unterschiede zwischen den Gruppen fanden, blieben jedoch die hier beobachteten, auf eine Bewertung der Epithelschicht beschränkten histologischen Ergebnisse im Gruppenvergleich statistisch nicht signifikant.

Im Unterschied zur FGT-Gruppe waren in der MS-Gruppe histologisch der chronische Entzündungstyp und ein geringerer Entzündungsgrad zu beobachten. Rocchetta et al.<sup>37</sup> ermittelten in einer präklinischen histologischen Untersuchung den Zeitraum für die Zersetzung von Kollagenmembranen, die entweder dem intraoralen Milieu ausgesetzt oder zwischen Epithel und Bindegewebe bzw. zwischen Bindegewebe und Periost platziert waren. In keiner dieser 3 Gruppen fand sich ein entzündliches Infiltrat. Zudem gaben die Autoren an, dass die exponierten Membranen sich nach etwa 15 Tagen und damit schneller zersetzt hatten<sup>37</sup>. Klinisch fand sich ein ähnliches Ergebnis mit nicht mehr präsenter Kollagenmembran nach 15 Tagen, allerdings unterschied sich das entzündliche Infiltrat: In den meisten Fällen waren in der MS-Gruppe mehr Zellen der chronischen Entzündung nachzuweisen als in der FGT-Gruppe. Der Entzündungsgrad war überwiegend mild (FGT) bzw. moderat (MS)<sup>37</sup>.

Die VAS-Werte fielen in der vorliegenden Studie in der MS-Gruppe besser aus, was mit dem Umstand zusammenhängen dürfte, dass nur eine Operationsstelle vorlag (keine Spenderregion). Insofern besteht Analogie zu der Split-Mouth-Studie von Thoma et al.<sup>44</sup>, in der die offene Wundheilung mit der Heilung einer mittels Kollagenmembran geschützten Stelle verglichen wurde. Die Ergebnisse der Autoren zeigten für die erste postoperative Woche eine schwächere Symptomatik auf der geschützten Seite<sup>44</sup>. Andere Studien zur Socket-Seal-Technik

geben als Hauptsymptom Schmerzen an, deren Intensität als gering empfunden wurde<sup>2,4,18,22</sup>.

Zu den methodischen Einschränkungen dieser Studie zählt das Fehlen einer Kontrollgruppe ohne Intervention (Negativkontrolle) für den Vergleich mit der natürlichen Heilung der Extraktionsalveole. Zudem erfolgte keine 3-D-Auswertung der Knochendimensionen, die nicht Ziel der Untersuchung war; viele Studien in der Fachliteratur bewerten ausschließlich das Knochengewebe. In künftigen Studien sollte neben dem Weichgewebe auch der Knochen betrachtet werden, um den Erhalt des Kieferkammes in Abhängigkeit von der Socket-Seal-Technik beurteilen zu können. Ferner war es erforderlich, das Alveolensiegel komplett zu stabilisieren, wozu jedoch unterschiedliche Nahtformen verwendet wurden. Auch dies könnte ein Störfaktor sein, und für künftige Studien wird empfohlen, durchgehend dieselbe Nahtform einzusetzen.

Schließlich erfassen VAS subjektive Antworten, die unterschiedliche Ausdrücke und Parameter mit unterschiedlichen Schwellenwerten betreffen, was zu Verzerrungen (Bias) führen kann. Auch können anatomische Eigenheiten des Zahns oder des Alveolarkammes die Operation verkomplizieren, ihre Dauer verlängern, den Grad der Entzündung erhöhen und damit das Schmerzniveau beeinflussen. Eine weitere Störgröße waren die Spenderstelle und die Gewebeentnahme sowie die potenzielle Nekrose in der FGT-Gruppe, die die Bewertung des Gesamtschmerzes auf der VAS verzerren kann (wenngleich in dem in dieser Studie aufgetretenen Nekrosefall das Ergebnis nicht beeinträchtigt wurde). Für künftige Studien wird daher empfohlen, beide Materialien innerhalb eines Patienten einzusetzen (Split-Mouth-Design), um zuverlässigere VAS-Antworten zu erhalten, und Patienten mit ausgeprägter Nekrose und ungünstiger Weichgewebeheilung auszuschließen.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Innerhalb der Grenzen dieser Studie kann geschlussfolgert werden, dass beide Techniken eine wirksame Versiegelung von Extraktionsalveolen ermöglichten und die Bildung von neuem, die Alveole bedeckendem Weichgewebe förderten. Weniger Beschwerden und eine raschere Epithelbildung waren zu beobachten, wenn Mucograft für den Weichgewebeverschluss verwendet wurde. Die Verwendung dieses Materials führte nicht zu Nekrosen und ging mit einer geringeren postoperativen Schmerzsymptomatik (VAS-Ergebnisse) einher. Die Nullhypothesen wurden abgelehnt. Es empfiehlt sich, die vorliegenden Ergebnisse in weiteren Untersuchungen – bevorzugt in randomisierten, kontrollierten Split-Mouth-Studien mit größeren Stichproben – zu verifizieren.

Klinisch relevant ist, dass beide Materialien (Kollagenmatrix und FGT) eine gute Wahl für den Weichgewebeverschluss im Bereich der Extraktionsalveole darstellen und die Bildung von neuem Weichgewebe begünstigen. Geringere Beschwerden werden mit der Kollagenmatrix beobachtet. Diese dürfte daher in der Praxis die beste Wahl sein.

## INTERESSENKONFLIKT

Die Autoren bestätigen, dass keinerlei Interessenkonflikte offenzulegen sind.

## LITERATUR

- Araújo MG, Lindhe J: Socket grafting with the use of autologous bone: an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2011; 22: 9–13
- Atieh MA, Alsabeeha NH, Payne AG, Ali S, Faggion CMJ, Esposito M: Interventions for replacing missing teeth: alveolar ridge preservation techniques for dental implant site development. *Cochrane Database Syst Rev* 2021; 4: CD010176
- Avila-Ortiz G, Elangovan S, Kramer KWO, Blanchette D, Dawson DV: Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2014; 93: 950–958
- Barone A, Ricci M, Tonelli P, Santini S, Covani U: Tissue changes of extraction sockets in humans: a comparison of spontaneous healing vs. ridge preservation with secondary soft tissue healing. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24: 1231–1237
- Baskaran P, Prakash P, Appukkuttan D et al.: Clinical and radiological outcomes for guided implant placement in sites preserved with bioactive glass bone graft after tooth extraction: a controlled clinical trial. *Biomimetics* 2022; 7: 43
- Berglundh T, Lindhe J: Healing around implants placed in bone defects treated with Bio-Oss. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 1997; 8: 117–124
- Borges H, Correia ARM, Castilho RM, Fernandes GVO: Zirconia implants and marginal bone loss: a systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2020; 35: 707–720.
- Bouri A Jr, Bissada N, Al-Zahrani MS, Faddoul F, Nouneh I: Width of keratinized gingiva and the health status of the supporting tissues around dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23: 323–326.
- Branemark PI, Hansson BO, Adell R et al.: Osseointegrated implants in treatment of edentulous jaw. Experience from 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977; 16: 1–132
- Buser D, Bornstein MM, Weber HP, Grutter L, Schmid B, Belser UC: Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following single-tooth extraction in the esthetic zone: a cross-sectional, retrospective study in 45 subjects with a 2- to 4-year follow-up. *J Periodontol* 2008; 79: 1773–1781
- Buser D, Dula K, Hess D, Hirt HP, Belser UC: Localizes ridge augmentation with autografts bone as barrier membranes. *Periodontol* 2000 1999; 19: 151–163
- Calasans-Maia M, Resende R, Fernandes G, Calasans-Maia J, Alves AT, Granjeiro JM: A randomized controlled clinical trial to evaluate a new xenograft for alveolar socket preservation. *Clin Oral Implants Res* 2014; 25: 1125–1130
- Calasans-Maia MD, Fernandes GVO, Granjeiro JM: Alveolar preservation with bone graft after tooth extraction and previously to implant placement. *Rev ImplantNews* 2008; 5: 543–548
- Castro FMC, Martins GZ, Oliveira HFP, Hernández PB, Gavinha S, Fernandes GVO: Comparison of stud-retentor versus bar-clip attachment as implant-supported systems used in overdentures: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2022; 30: 169–187
- Douglass CW, Shih A, Ostry L: Will there be need for complete dentures in the United States in 2020? *J Prosthet Dent* 2002; 87: 5–8
- Douglass CW, Watson AS: Future needs for fixed and removable partial dentures in the United States. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 9–14
- Esposito M, Grusovin MC, Maghaireh H, Coulthard P, Worthington HV: Interventions for replacing missing teeth: management of soft tissues for dental implants. *Cochrane Database Syst Rev* 2007; 18: CD006697
- Festa VM, Addabbo F, Laino L, Femiano F, Rullo R: Porcine-derived xenograft combined with a soft cortical membrane versus extraction alone for implant site development: a clinical study in humans. *Clin Implant Dent Relat Res* 2013; 15: 707–713
- Gendron R, Grenier D, Maheu-Robert L: The oral cavity as a reservoir of bacterial pathogens for focal infections. *Microbes Infect* 2000; 2: 897–906
- Hämmerle CHF, Araújo MG, Simion M: Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23: 580–582
- Herford A, Akin L, Cicciu M, Maiorana C, Boyne PJ: Use of a porcine collagen matrix as an alternative to autogenous tissue for grafting oral soft tissue defects. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68: 1463–1470
- Jung RE, Philipp A, Annen BM et al.: Radiographic evaluation of different techniques for ridge preservation after tooth extraction: a randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol* 2013; 40: 90–98
- Kim S-Y, Kim Y-K, Kim H-S, Yun P-Y, Kim S-G, Choi Y-H: Extraction socket sealing using palatal gingival grafts and resorbable collagen membranes. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2017; 39: 39
- Landsberg CJ: Implementing socket seal surgery as a socket preservation technique for pontic site development: surgical steps revisited: a report of two cases. *J Periodontol* 2008; 79: 945–954
- Landsberg CJ, Bichacho N: A modified surgical/prosthetic approach for optimal single implant supported crown. Part I - the socket seal surgery. *Pract Periodont Aesthet Dent* 1994; 6: 11–17
- Lee JH, Lee JS, Baek WS et al.: Assessment of dehydrothermally cross-linked collagen membrane for guided bone regeneration around peri-implant dehiscence defects: a randomized single-blinded clinical trial. *J Periodontol Implant Sci* 2015; 45: 229–237.
- López-Pacheco A, Soto-Peñalosa D, Gómez M, Peñarrocha-Oltra D, Alarcón MA: Socket seal surgery techniques in the esthetic zone: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis of randomized clinical trials. *Int J Implant Dent* 2021; 7: 13.
- Maiorana C, Poli PP, Deflorian M et al.: Alveolar socket preservation with demineralised bovine bone mineral and a collagen matrix. *J Periodontol Implant Sci* 2017; 47: 194–210
- Martins BGS, Fernandes JCH, Martins AG, Castilho RM, Fernandes GVO: Surgical and nonsurgical treatment protocols for peri-implantitis: an overview of systematic reviews. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2022; 37: 660–676.
- Martins JR, Wagner TP, Vallim AC et al.: Comparison of the efficacy of different techniques to seal the alveolus during alveolar ridge preservation: meta-regression and network meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2022; 49: 694–705
- McGuire MK, Scheyer ET: Xenogeneic collagen matrix with coronally advanced flap compared to connective tissue with coronally advanced flap for the treatment of dehiscence-type recession defects. *J Periodontol* 2010; 81: 1108–1117
- Meloni SM, Tallarico M, Lolli FM, Deledda A, Pisano M, Jovanovic AS: Post-extraction socket preservation using epithelial connective tissue graft vs porcine collagen matrix. 1-year results of a randomized controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2015; 8: 39–48
- Moher D, Schulz KF, Gøtzsche PC, Egger M: CONSORT 2010 Explanation and Elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ* 2010; 340: c869
- Nemcovsky CE, Artzi Z: Split palatal flap. A surgical approach for primary soft tissue healing in ridge augmentation procedures: technique and clinical results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1999; 19: 175–181
- Parashis AO, Kalaitzakis CJ, Tatakis DN, Tosios K: Alveolar ridge preservation using xenogeneic collagen matrix and bone allograft. *Int J Dent* 2014; 2014: 172854
- Piatelli M, Favero GA, Orsini G, Piatelli A: Bone reactions to anorganic bovine bone (Bio-Oss) used in sinus augmentation procedures: a histologic long-term report of 20 cases in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; 14: 835–840
- Roccietta I, Schupbach P, Ghezzi C, Maschera E, Simion M: Soft tissue integration of a porcine collagen membrane: an experimental study in pigs. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2012; 32: e34–e40
- Segnini B, Borges-Filho FFF, Nicoli LG et al.: Impact of soft tissue graft on the preservation of compromised sockets: a randomized controlled clinical pilot study. *Acta Odontol Latinoam* 2021; 34: 119–126
- Seibert JS, Louis JV: Soft tissue ridge augmentation utilizing a combination onlay-interpositional graft procedure: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996; 16: 310–321
- Siqueira GRC, Tavares JR, Pedrosa RF, Siqueira RAC, Fernandes GVO: Immediate implant with provisionalization and soft tissue grafting after 4-year follow-up. *Clin Adv Periodontics* 2022; 8: 32–38

41. Tal H: Autogenous masticatory mucosal grafts in extraction socket seal procedures: a comparison between sockets grafted with demineralized freeze-dried bone and deproteinized bovine mineral. *Clin Oral Implants Res* 1999; 10: 289–296
42. Tal H, Kozlovsky A, Artzi Z, Nemcovsky CE, Moses O: Cross-linked and non-crosslinked collagen barrier membranes disintegrate following surgical exposure to the oral environment: a histological study in the cat. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 760–766
43. Testori T, Deflorian MA, Mandelli F et al.: Healing of post-extraction sockets filled with anorganic bovine bone and covered with a xenogeneic collagen matrix. Radiological 2D and 3D results of a pilot study to assess dimensional stability. *Materials (Basel)* 2021; 14: 2473
44. Thoma DS, Sancho-Puchades M, Ettlin DA, Hammerle CHF, Jung RE: Impact of a collagen matrix on early healing, aesthetics and patient morbidity in oral mucosal wounds: a randomized study in humans. *J Clin Periodontol* 2012; 39: 157–165
45. 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 Implants Res* 2011; 23: 22–38
46. Walker CJ, Prihoda TJ, Mealey BL, Lasho DJ, Noujeim M, Huynh-Ba G: Evaluation of healing at molar extraction sites with and without ridge preservation: a randomized controlled clinical trial. *J Periodontol* 2017; 88: 241–249
47. Warrer K, Buser D, Lang NP, Karring T: Plaque-induced peri-implantitis in the presence or absence of keratinized mucosa. An experimental study in monkeys. *Clin Oral Implants Res* 1995; 6: 131–138
48. Weng D, Stock V, Schliephake H: Are socket and ridge preservation techniques at the day of tooth extraction efficient in maintaining the tissues of the alveolar ridge? *Eur J Oral Implantol* 2011; 4: S5-S10
49. Zigdon H, Machtei EE: The dimensions of keratinized mucosa around implants affect clinical and immunological parameters. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 387–392



**Sílvia Helena Maffei**

**Sílvia Helena Maffei\*** Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas (SP), Brasilien

**Gustavo Vicentis Oliveira Fernandes\*** A. T. Still University – Missouri School of Dentistry & Oral Health, St Louis, MO, USA

**Juliana Campos Hasse Fernandes** Periodontics and Oral Medicine Department, University of Michigan School of Dentistry, Ann Arbor, MI, USA (ORCID: 0000-0001-7603-3544)

**Cássio Orth** Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas (SP), Brasilien

**Julio Cesar Joly** Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas (SP), Brasilien

**Kontakt:** Gustavo Vicentis Oliveira Fernandes, A. T. Still University – Missouri School of Dentistry & Oral Health, St Louis, MO 63104, USA, E-Mail: gustfernandes@gmail.com/gustavofernandes@atsu.edu

\* gleichberechtigte Erstautoren

Abbildungen 1 bis 8 und Porträtfoto aus: Maffei SH, Fernandes GVO, Fernandes JCH, Orth C, Joly JC: Clinical and histomorphometric soft tissue assessment comparing free gingival graft and a collagen matrix as alveolar-sealer materials: a randomized controlled pilot clinical trial. *Quintessence Int* 2023 Oct 19; 54: 756–769