



#### CME-Punkte sammeln in 3 Schritten

##### 1. Registrieren...

Als Mitglied des FVDZ registrieren Sie sich bitte zuerst unter [www.fvdz.de](http://www.fvdz.de). Nach der Zusendung Ihrer persönlichen Zugangsdaten können Sie sich für alle weiteren Teilnahmen unter [www.CME.springer.de](http://www.CME.springer.de) einloggen.

##### 2. Teilnehmen...

Nach der Anmeldung unter [www.CME.springer.de](http://www.CME.springer.de) können Sie unter „Mein CME Center“ eine Fortbildungseinheit von „wissen kompakt“ auswählen und diese dann online bearbeiten.

##### 3. CME-Punkte sammeln...

Nach erfolgreicher Beantwortung von mindestens 7 der 10 Multiple-Choice-Fragen senden wir Ihnen umgehend eine Teilnahmebestätigung per E-Mail zu, die die zwei CME-Punkte pro Teilnahme ausweist.

Das Fortbildungsangebot der Zeitschrift „wissen kompakt“ wird in Kooperation mit dem Freien Verband Deutscher Zahnärzte e.V. nach den Leitsätzen der Bundeszahnärztekammer zur zahnärztlichen Fortbildung einschließlich der Punktebewertung von BZÄK/DGZMK erstellt. Pro Fortbildungseinheit können 2 Fortbildungspunkte erworben werden.



A. Sculean · F. Rathe

Department of Periodontology, Radboud University Medical Center, Nijmegen, Niederlande

# Klinische Anwendung regenerativer Materialien und Techniken in der Parodontologie

## Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine kritische Übersicht über die verschiedenen in der regenerativen Parodontalthherapie angewendeten Materialien zu geben. Basierend auf der vorhandenen Evidenz werden die verschiedenen, in der klinischen Praxis eingesetzten regenerativen Materialien und Techniken dargestellt. Humanhistologische Studien zeigen, dass die chirurgische Parodontitistherapie unter Verwendung von autologem Knochen, demineralisiertem und gefriergetrocknetem Knochen, xenogenen Knochenersatzmaterialien, gesteuerter Geweberegeneration, Schmelz-Matrix-Proteinen sowie die Kombination dieser Materialien zu einer parodontalen Regeneration führen können. Zurzeit gibt es keine humanhistologischen Studien, die eine vorher-sagbare parodontale Regeneration nach Einsatz von alloplastischen (synthetischen) Knochenersatzmaterialien zeigen.

## Schlüsselwörter

Parodontale Regeneration · Regenerative Materialien · Gesteuerte Geweberegeneration · Knochenersatzmaterialien

Die regenerative Parodontaltherapie beinhaltet Therapiemethoden zur vorhersagbaren Neubildung von zahnhaltenden Strukturen

Knochenersatzmaterialien fördern die Neubildung von Alveolarknochen und Wurzelzement

Autologe Transplantate werden resorbiert und mit neuem, vitalen Knochen ersetzt

► **Infektionsrisiko**

FDDBA zeigten keinerlei parodontale Regeneration

► **Bone Morphogenetic Proteins**

## Therapeutische Zielsetzung

Die regenerative Parodontaltherapie beinhaltet die Therapiemethoden, die speziell gestaltet sind, um eine vorhersagbare Neubildung von zahnhaltenden Strukturen (d. h. Wurzelzement, Desmodont und Alveolarknochen) zu ermöglichen [29]. Die konventionelle, nicht-chirurgische und chirurgische Parodontitistherapie resultiert zwar in einer Reduktion der Sondierungstiefen und in einem Gewinn von klinischem Attachment. Histologisch ist die Heilung jedoch meist durch die Ausbildung eines langen Saumepithels und in keiner vorhersagbaren Regeneration charakterisiert, d. h. Alveolarknochen, Wurzelzement und Desmodont werden nicht komplett wiederhergestellt [3].

Im Folgenden wird eine Übersicht der vorhandenen Materialien in der regenerativen Parodontitistherapie gegeben. An die Übersicht anknüpfend wird die klinische Anwendung von regenerativen Materialien und Techniken beschrieben sowie eine Entscheidungshilfe für die regenerative Behandlung von intraossären parodontalen Defekten vorgestellt.

## Knochenersatzmaterialien

Der Einsatz von Knochenersatzmaterialien beruht auf der Annahme, dass diese Materialien die Neubildung von Alveolarknochen und Wurzelzement durch eine der folgenden Eigenschaften fördern:

- Sie enthalten knochenbildende Zellen (Osteoneogenese),
- sie dienen als Leitschiene für Knochenneubildung (Osteokonduktion),
- sie enthalten knocheninduzierende Substanzen (Osteoinduktion).

Die verschiedenen Knochenersatzmaterialien können in folgende Gruppen unterteilt werden:

- *Autolog*: Transplantate, die innerhalb eines Individuums entweder von einer extraoralen (z. B. Beckenkamm) oder einer intraoralen (z. B. Tuber- oder Kinnbereich) Lokalisation entnommen werden.
- *Allogen*: Transplantate, die aus unterschiedlichen Individuen derselben Spezies entnommen werden.
- *Xenogen*: Transplantate, die aus einer anderen Spezies stammen.
- *Alloplastisch*: Synthetische oder anorganische Materialien.

## Autologe Transplantate

Autologe Transplantate können eine große Anzahl von lebenden Zellen enthalten und die Knochenheilung durch Osteogenese und/oder Osteokonduktion beeinflussen. Sie werden resorbiert und mit neuem vitalen Knochen ersetzt. Als Entnahmestelle können extraorale oder intraorale Stellen dienen. Obwohl der Einsatz von extraoralen autologen Transplantaten zu einer parodontalen Regeneration führen kann, wird diese Technik heute aufgrund der erhöhten Patientenmorbidity und häufig auftretenden Wurzelresorptionen in der regenerativen Parodontaltherapie kaum mehr angewendet.

## Allogene Transplantate

Der Gebrauch von allogenen Transplantaten beinhaltet ein gewisses, wenn auch nur sehr geringes, Risiko einer Antigenität und der Übertragung von ► **Infektionskrankheiten**. Die häufigsten allogenen Transplantate in der regenerativen Parodontitistherapie sind:

- das mineralisierte, gefriergetrocknete Knochen transplantat (FDDBA) und
- das demineralisierte, gefriergetrocknete Knochen transplantat (DFDBA).

FDDBA ist ein mineralisiertes Knochen transplantat, welches durch den Verarbeitungsprozess die Zellvitalität verloren hat. Es entfaltet seine Wirkung hauptsächlich durch Osteokonduktion. Humanhistologische Präparate von intraossären Defekten wiesen nach Behandlung mit FDDBA die Ausbildung eines langen Saumepithels auf und zeigten keinerlei parodontale Regeneration [10].

Ergebnisse aus Tierversuchen machten deutlich, dass durch die Demineralisation eines kortikalen allogenen Knochen transplantats (DFDBA) das osteogene Potenzial durch die Freisetzung von sog. ► **Bone Morphogenetic Proteins** (BMP) erhöht wird [17]. In einer groß angelegten humanhistologischen Studie konnten Bowers et al. [1] den Beweis einer vorhersehbaren parodontalen Rege-

neration nach Behandlung intraossärer Defekte mit DFDBA erbringen. Die große Heterogenität der Ergebnisse dieser Studien ist vermutlich auf das unterschiedliche osteoinduktive Potenzial der verschiedenen Spender zurückzuführen.

## Xenogene Transplantate

Xenogene Transplantate (Xenograft) aus ► **bovinem Material** wurden vor einigen Jahren in die regenerative Parodontaltherapie eingeführt. Humanhistologische Studien konnten eine vorhersehbare, parodontale Regeneration nach Behandlung von tiefen, intraossären Defekten mit einem bovinen Xenograft, unter Verwendung einer bioresorbierbaren Kollagenmembran, nach einem Zeitraum von 6 und 8 Monaten nachweisen [2]. Kontrollierte klinische Studien zeigten, dass die Behandlung von intraossären Defekten mit einem Xenograft zu ähnlichen klinischen Ergebnissen wie die Behandlung mit DFDBA führen kann [22].

Vor einigen Jahrzehnten wurden auch Knochenersatzmaterialien aus Korallen in der regenerativen Parodontaltherapie eingeführt. Humanhistologische Studien konnten allerdings keine parodontale Regeneration nach Implantation von Knochenersatzmaterialien auf Korallenbasis nachweisen. Die Heilung war überwiegend durch ein langes Saumepithel charakterisiert, wobei die Partikel des Knochenersatzmaterials bindegewebig eingekapselt waren [28].

## Alloplastische Materialien

Alloplastische Materialien sind synthetische, anorganische, biokompatible und/oder bioaktive Knochenersatzmaterialien, welche die Heilung von Knochendefekten durch Osteokonduktion beeinflussen sollten. In der regenerativen Parodontaltherapie werden folgende alloplastische Materialien am häufigsten angewendet:

- Hydroxylapatit,
- $\beta$ -Tricalciumphosphat,
- Polymere,
- bioaktive Gläser.

### Hydroxylapatit

Hydroxylapatit (HA) kann in nicht resorbierbarer oder resorbierbarer Form vorliegen. Histologische Studien an Mensch und Tier konnten nach Behandlung intraossärer Defekte mit HA nur eine begrenzte und unvorhersehbare Regeneration parodontaler Strukturen nachweisen. Die Heilung war überwiegend durch ein langes Saumepithel charakterisiert, wobei die meisten HA-Partikel eine ► **bindegewebige Einkapselung** erfuhren.

### $\beta$ -Tricalciumphosphat ( $\beta$ -TCP)

Die Implantation von  $\beta$ -TCP in intraossäre Defekte zeigte einen signifikanten Gewinn an klinischem Attachment und an knöcherner Defektauffüllung. Sowohl tier- als auch humanhistologische Studien zeigten aber entweder eine sehr schnelle Resorption oder eine bindegewebig Einkapselung des Materials. Es konnte keine vorhersehbare Neubildung von Wurzelzement und Desmodont nachgewiesen werden. Eine Neubildung von Alveolarknochen wurde nur vereinzelt beobachtet.

### Polymere

Zwei Arten von Polymeren wurden als Knochenersatzmaterialien in der Behandlung von parodontalen Defekten untersucht:

- mit *nicht resorbierbarem* Kalziumhydroxid bedecktes Kopolymer aus Poly-Methyl-Methakrylat (PMMA) und Poly-Hydroxyethyl-Methakrylat (PHEMA), bekannt auch als ► **HTR-Polymer** („hard tissue replacement graft“) und
- *resorbierbare* Polylaktidsäure (PLA).

Histologische Studien konnten keine parodontale Regeneration nach Implantation von HTR-Polymeren in parodontalen Defekten nachweisen. Über die Behandlung mit PLA liegen keine histologischen Studien vor.

## ► Bovines Material

Studien konnten keine parodontale Regeneration nach Implantation von Knochenersatzmaterialien auf Korallenbasis nachweisen

## ► Bindegewebige Einkapselung

Vereinzelt wurde eine Neubildung von Alveolarknochen beobachtet

## ► HTR-Polymer

Bioaktives Glas weist gute osteokonduktive Eigenschaften auf

Durch die mechanische Barriere wird dem parodontalen Faserapparat und dem Alveolarknochen die Möglichkeit zur Regeneration gegeben

#### ► e-PTFE-Membranen

Bei nicht resorbierbaren e-PTFE-Membranen kommt es häufig zur infektionsträchtigen Membranfreilegung

#### ► Bioresorbierbare Membranen

SMP fördern nicht nur die Zementogenese, sondern verhindern auch die Proliferation von Epithelzellen

## Bioaktive Gläser

In einer Studie von Nevins et al. [20] zeigte die Behandlung von intraossären Defekten mit bioaktivem Glas zwar gute klinische Ergebnisse, histologisch war die Heilung jedoch durch ein langes Saamepithel und bindegewebige Einkapselung der Partikeln gekennzeichnet. Das Material wies gute osteokonduktive Eigenschaften auf, führte aber nicht zu einer vorhersehbaren parodontalen Regeneration.

## Gesteuerte Geweberegeneration

Das Prinzip der gesteuerte Geweberegeneration (GTR) beruht auf der Isolation der langsam wachsenden Zellen aus Desmodont und Alveolarknochen von den umgebenden Epithel- und Bindegewebszellen, welche erheblich schneller regenerieren. Durch eine mechanische Barriere wird dem parodontalen Faserapparat und dem Alveolarknochen die Möglichkeit zur Regeneration gegeben. Die ersten klinisch getesteten Barrieren waren die Milipore® Filter, gefolgt von den immer noch verwendeten Membranen aus gerecktem („expanded“) Polytetrafluorethylen (e-PTFE).

Gottlow et al. [14] haben gezeigt, dass es infolge der GTR-Behandlung mit ► **e-PTFE-Membranen** zu einer deutlichen Neubildung von bindegewebigem Attachment und Alveolarknochen kam. Sie stellten ebenfalls fest, dass die Ergebnisse stark von den Restmengen an parodontalem Ligament, der Defektmorphologie, der chirurgischen Technik und der bakteriellen Infektion abhängen. Diese Ergebnisse wurden später sowohl in tierhistologischen als auch in klinischen Studien bestätigt. Die GTR-Behandlung mit e-PTFE-Membranen führt in der Regel zu einem Gewinn an neuem Attachment und neuem Knochen.

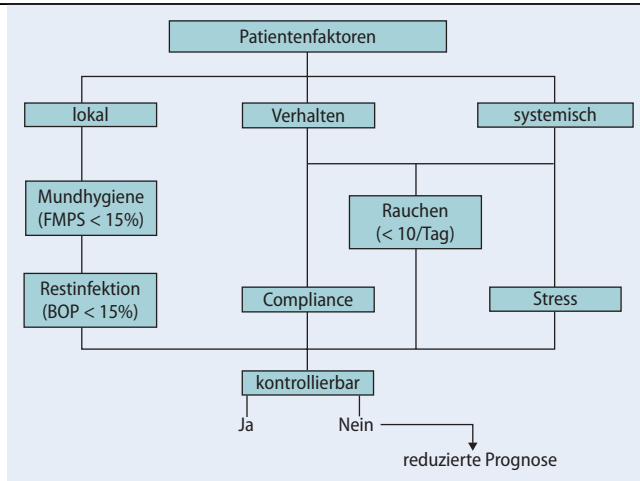
Bei der Anwendung nicht resorbierbarer e-PTFE-Membranen kommt es häufig zur Komplikation der Membranfreilegung, die dann, abhängig von der Größe der Exposition, aus infektionsprophylaktischen Gründen entfernt werden muss. Je kürzer die Standzeit der Membranen, desto geringer die erreichte Regeneration (empfohlene Standzeit 6–8 Wochen). Ein weiterer Nachteil der nicht resorbierbaren e-PTFE-Membranen ergibt sich aus der Notwendigkeit eines 2. chirurgischen Eingriffs zur Entfernung der Membran. Dadurch kann unter Umständen das neugebildete Gewebe unter der Membran traumatisiert und der Erfolg negativ beeinflusst werden.

Um diese Gefahren zu beseitigen, versuchte man ► **bioresorbierbare Membranen** zu entwickeln, die vergleichbare Barriereigenschaften aufweisen wie nicht resorbierbare e-PTFE-Membranen. Ergebnisse aus tierexperimentellen und klinischen Studien lassen darauf schließen, dass mit resorbierbaren Membranen ähnliche Gewinne an neuem bindegewebigen Attachment und neuem Knochen erzielt werden können wie mit den nicht resorbierbaren e-PTFE-Membranen. Die resorbierbaren Membranen bestehen entweder aus natürlichen oder aus synthetischen Biomaterialien. Als natürliche Biomaterialien wird tierisches (Rind oder Schwein) oder menschliches (Dura Mater) Kollagen Typ I und III verwendet. Die Resorptionszeit liegt zwischen 4 Wochen und 6 Monaten. Die aus synthetischen Materialien hergestellten Membranen bestehen aus einem oder mehreren Polymeren, die evt. mit Weichmachern (Zitronensäureester) kombiniert werden. Die Resorption erfolgt durch Hydrolyse der Esterbindungen, unter Bildung von Glykol und Milchsäure, die im Zitronensäurezyklus zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O abgebaut werden. Die Resorptionszeit der synthetischen Membranen liegt zwischen 3 und 6 Monaten.

Humanhistologische Studien haben gezeigt, dass die Behandlung von intraossären Defekten mit resorbierbaren Membranen vorhersehbar in einer parodontalen Regeneration resultiert.

## Schmelz-Matrix-Proteine

Ergebnisse aus der Grundlagenforschung haben auf die Schlüsselrolle der Schmelz-Matrix-Proteine (SMP) in der Entwicklung von Wurzelzement, Desmodont und Alveolarknochen hingewiesen. Das biologische Konzept beruht auf der Annahme, dass die in der Schmelzmatrix enthaltenen Proteine (hauptsächlich die Amelogenine) die Zementogenese entscheidend beeinflussen. Ausgehend von diesen Erkenntnissen wurden die SMP als eine neue Behandlungsmöglichkeit in der regenerativen Parodontaltherapie eingeführt. Weiterhin wird berichtet, dass die SMP nicht nur die Zementogenese fördern, sondern auch die Proliferation von Epithelzellen verhindern. Ergebnisse aus neuesten In-vitro-Studien belegen, dass SMP die Freisetzung von Wachstumsfaktoren aus den Parodontalfibroblasten



**Abb. 1** ◀ Patientenauswahl zur regenerativen Parodontaltherapie (FMPS: Full Mouth Plaque Score; BOP: Sondierungsblutung)

anregen. Es wird daher vermutet, dass möglicherweise der Wirkungsmechanismus der SMP auch auf der Beeinflussung der Freisetzung von Wachstumsfaktoren im Wundgebiet beruhen könnte.

Schmelz-Matrix-Proteine besitzen einen antibakteriellen Effekt und konnten bis zu 4 Wochen nach Behandlung auf der Wurzeloberfläche nachgewiesen werden. Histologische Studien demonstrierten, dass die Behandlung von akuten und chronischen Parodontaldefekten mit SMP vorhersehbar zur Neubildung von Wurzelzement mit inserierenden Kollagenfasern und Alveolarknochen führt [15, 27]. Aktuelle Daten zeigen, dass die nach SMP-Behandlung von parodontalen Knochendefekten erreichten klinischen Ergebnisse über einen Zeitraum von bis zu 8 Jahren erhalten werden konnten.

## Klinische Anwendung regenerativer Materialien und Techniken

Die erfolgreiche Regeneration von parodontalen Knochendefekten setzt 4 Bedingungen voraus:

- Entfernung von Toxinen auf der Wurzeloberfläche (durch Instrumentierung),
- Raumschaffung, um die koronale Migration von Progenitorzellen auf der Wurzeloberfläche zu ermöglichen (durch Füllermaterialien und/oder Membranen),
- Wundstabilität, um das für die Regeneration wichtige Fibrinkoagulum zu schützen (durch SMP, Membranen oder Membranen und Füllermaterialien),
- primäre Wundheilung durch einen spannungslosen und kompletten Wundverschluss (durch Nahttechniken).

## Faktoren, die das klinische Ergebnis beeinflussen

Um vorhersehbare Ergebnisse zu erhalten, müssen sowohl die Patienten als auch die Defekte vor der regenerativen Therapie sorgfältig ausgewählt werden.

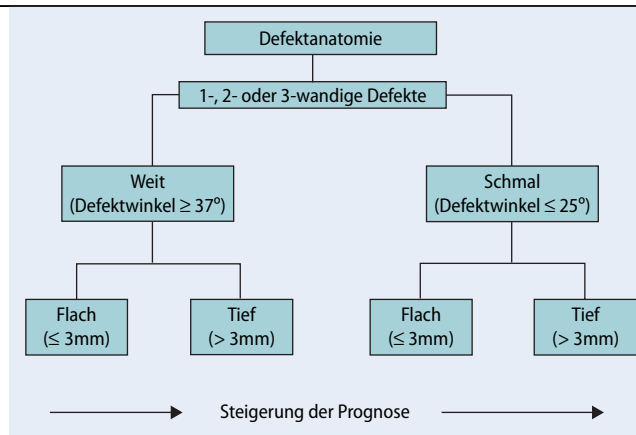
### Patient

Klinische Studien zeigen, dass Rauchen, sowie eine mangelhafte Mundhygiene, mit eindeutig schlechteren Ergebnissen nach regenerativer Parodontaltherapie einhergehen [4, 6]. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die parodontale Restinfektion. Demnach sollte der regenerativen Therapie immer eine antiinfektiöse, nicht chirurgische Parodontitistherapie vorangestellt sein (▣ **Abb. 1**). Obwohl keine eindeutige Evidenz vorliegt, sollte man Faktoren wie Diabetes mellitus, eingeschränktes Arbeitsfeld und psychische Belastbarkeit bei der Patientenauswahl berücksichtigen.

### Defekte

Obwohl flache Knochendefekte das gleiche regenerative Potenzial besitzen wie tiefe Defekte, können größere Attachmentgewinne bei der Behandlung von Defekten, die tiefer als 3 mm sind, beobachtet werden. Weiterhin steigt das regenerative Potenzial eines Defekts mit der Anzahl der defektbegrenzenden Knochenwände. So haben 3-wandige Defekte eine bessere Prognose als 2- oder 1-wandige Knochendefekte. Knochendefekte, die röntgenologisch einen Winkel zwischen Defektwand und

Der regenerativen Therapie sollte immer eine antiinfektiöse, nicht chirurgische Parodontitistherapie vorangestellt sein



**Abb. 2** ◀ Defektselektion zur Anwendung regenerativer Techniken

Schmale, tiefe Defekte erreichen meist einen größeren Attachmentgewinn als breite, flache Defekte

Zahnachse von weniger als 25° aufweisen (schmale, tiefe Defekte), erreichen durchschnittlich einen um 1,5 mm größeren Attachmentgewinn als Defekte mit einem Winkel von mehr als 37° (breite, flache Defekte) [12, 16, 24, 25]. Die Dicke des defektbedeckenden Gewebes spielt bei der Behandlung unter Zuhilfenahme von Membranen eine wichtige Rolle. So konnte gezeigt werden, dass eine Gewebdicke von weniger als einem Millimeter mit einer erhöhten Prävalenz von Membranfreilegungen assoziiert war (■ **Abb. 2**).

### Schnittführung

Um einen kompletten Wundverschluss zu ermöglichen, hat der Erhalt des interdentalen Gewebes eine herausragende Rolle. Dies kann mit dem „normalen“ Zugangslappen („access flap“) in den seltensten Fällen erreicht werden. Aus diesem Grund sind spezielle Lappentechniken erarbeitet worden. Der modifizierte und der vereinfachte ▶ **Papillenerhaltungslappen** sind ursprünglich für die Regenerationstherapie mit Membranen entwickelt worden, sollten jedoch auch in der Therapie mit Schmelz-Matrix-Proteinen Anwendung finden.

#### ▶ Papillenerhaltungslappen

#### Modifizierter Papillenerhaltungslappen

Beim modifizierten Papillenerhaltungslappen wird das interdendale Gewebe intakt gelassen

Beim modifizierten Papillenerhaltungslappen wird das interdendale Gewebe intakt gelassen. Er kann nur in den Fällen angewendet werden, in denen eine Gewebebrücke von mindestens 2 mm interdental vorhanden ist. Bei einer Gewebebrücke von weniger als 2 mm kann die Blutversorgung des Lappens nicht gewährleistet werden, was eine Nekrose des interdentalen Gewebes zur Folge haben könnte. In solchen Fällen findet der vereinfachte Papillenerhaltungslappen seine Indikation. Des Weiteren ist der modifizierte Papillenerhaltungslappen technisch anspruchsvoll und sollte daher vorwiegend im ▶ **Frontzahnbereich** durchgeführt werden.

- ▶ **Frontzahnbereich**
- ▶ **Horizontale Inzision**

Die Schnittführung beginnt man mit einer ▶ **horizontalen Inzision** auf Höhe der Papillenbasis. Diese horizontale Inzision wird intrasulkulär um die dem Defekt angrenzenden Zähne fortgeführt. Nun erfolgt die Präparation eines Mukoperiostlappens, der interdental am besten mit Hilfe eines Papillenelevators unterminierend präpariert wird. Nach vollständiger Elevation des Lappens wird der bukkale Papillenteil nach palatinal unter dem Kontaktpunkt durchgeschoben [5, 23]. Nach Applikation des regenerativen Materials können bei Bedarf 2 vertikale Inzisionen sowie eine Periostschlitzen zur Mobilisierung des bukkalen Lappens durchgeführt werden.

#### Vereinfachter Papillenerhaltungslappen

Der vereinfachte Papillenerhaltungslappen ist im posterioren Bereich (eingeschränkte Sicht, kein direkter Zugang) sowie bei schmaler interdentaler Gewebebrücke (<2 mm) indiziert.

- ▶ **Diagonale Inzision**

Die erste Inzision erfolgt ▶ **diagonal** von der bukkalen Approximalfläche zur Approximalfläche des Nachbarzahnes unterhalb des Kontaktpunktes. Hierbei ist zu beachten, dass die Skalpellklinge parallel zur Zahnachse geführt wird, um ein Ausdünnen mit einer anschließenden Nekrose des Gewebes zu vermeiden. Wie auch beim modifizierten Papillenerhaltungslappen erfolgt eine sulkuläre Inzision um die benachbarten Zähne [7]. Bei Bedarf kann hier ebenfalls der bukkale Lappen durch vertikale Inzisionen und Periostschlitzen mobilisiert werden.

## Nahttechniken

Man unterscheidet hier die Haltenaht von der Verschlussnaht. Die Haltenaht soll die Spannung aus dem Lappen nehmen, sodass die Verschlussnaht vollkommen spannungsfrei gesetzt werden kann. Dies ist besonders bei der Regeneration mit Membranen essenziell, da ein unter Spannung stehender Wundverschluss unweigerlich zur Membranexposition führt. Die Nähte sollten mindestens über 2 Wochen in situ verbleiben, da es andernfalls zu einer Destabilisierung der Wund käme.

GoreTex® zeichnet sich in mehreren Studien als Nahtmaterial der Wahl für regenerative Eingriffe aus. ► **GoreTex® Nahtmaterial** zeigte eine sehr geringe bakterielle Kolonisation. Falls andere Nahtmaterialien zum Einsatz kommen, sollte man einen monofilamentären Faden benutzen, da diese, genauso wie GoreTex®-Nähte, eine sehr geringe bakterielle Besiedlung aufweisen.

### Haltenaht

Die Haltenaht besteht aus einer horizontalen Matratzennaht, die interdental gekreuzt verläuft. Die bukkalen und lingualen Einstiche sollten sich so weit wie möglich apikal befinden, müssen jedoch in der keratinisierten Gingiva liegen. Der interdental Nahtanteil liegt den Knochenwänden bzw. der Membran auf. Bei Regeneration eines einwandigen Knochendefekts allein mit Schmelz-Matrix-Proteinen sollte diese Naht nicht angewendet werden, da sie hier keine Auflage findet und im Defekt zum Liegen kommt, was die Regeneration empfindlich stören würde.

In solch einem Fall kommt die sog. ► **Offset-Naht** zum Einsatz. Hierbei liegen die bukkalen und lingualen Einstiche im Bereich der dem Defekt benachbarten Zähne. Somit kommt die Haltenaht auf der noch existierenden Knochenwand (den Defekt begrenzenden Knochenwand) zum Liegen. Durch das Anziehen der Nähte kommt es auch hier zu einer Koronalverlagerung der Wundlappen [11, 18].

### Verschlussnähte

Bei schmalen Interdentalräumen dient eine ► **Einzelknopfnah**t zum Wundverschluss. Bei breiteren Interdentalräumen sollten zwei Einzelknopfnähte oder die ► **modifizierte Laurell-Naht** zum Einsatz kommen. Bei der modifizierten Laurell-Naht handelt es sich um eine vertikale Matratzennaht, bei der man vor dem Verknoten der beiden Nahtenden, den Faden durch die palatinal bzw. lingual verlaufende Schlaufe führt. Die vertikale modifizierte Matratzennaht nach Laurell sichert eine optimale Adaptation der Wundränder.

## Postoperatives Protokoll

Ziel der postoperativen Nachsorge ist der Schutz vor Wundinfektionen und vor mechanischem Trauma. Das postoperative Protokoll sollte die Mundspülung mit Chlorhexidin (0,2 oder 0,12%) 2- bis 3-mal täglich beinhalten. Es existiert keine Evidenz, dass die systemische Gabe von Antibiotika (Tetracyclin oder Amoxicillin) über eine Woche zu besseren Ergebnissen führt, kann aber im Einzelfall indiziert sein. Nach der Behandlung mit Schmelz-Matrix-Proteinen sollte im Operationsgebiet die Mundhygiene für 4 Wochen ausgesetzt werden. Nach der Behandlung mit nicht resorbierbaren Membranen sollten bis zur Entfernung der Membran nach 4 bis 6 Wochen keine Mundhygienemaßnahmen erfolgen. Bei Anwendung resorbierbarer Membranen ist ein Aussetzen der Mundhygienemaßnahmen über 6 Wochen indiziert. Über den Zeitraum, in dem keine häusliche Mundhygiene durchgeführt werden darf, sollte der Patient zur wöchentlichen, professionellen, ► **supragingivalen Zahnreinigung** einbestellt werden. Es sollte für mindestens sechs Monate im regenerativ behandelten Bereich nicht sondiert werden.

## Kombinationen und Behandlungsstrategien

Experimentelle und klinische Studien haben gezeigt, dass das Ausmaß der Regeneration stark von dem sich unter dem Mukoperiostlappen befindendem Freiraum abhängt. Ein Kollaps des Mukoperiostlappens kann den für den Regenerationsprozess benötigten Raum limitieren und dadurch das Ergebnis der Therapie negativ beeinflussen. Um diese Nachteile zu umgehen, werden Kombinationstherapien angewendet. Obwohl Daten aus kontrollierten klinischen Studien bisher keinen eindeutigen Vorteil einer Kombinationstherapie gegenüber den Einzeltherapien nachweisen konnten, gilt die Kombination von Füllermaterialien und resorbierbaren Membranen bei weiten Defekten als

Die Haltenaht soll die Spannung aus dem Lappen nehmen, sodass die Verschlussnaht spannungsfrei gesetzt werden kann

### ► GoreTex® Nahtmaterial

Die Haltenaht besteht aus einer horizontalen Matratzennaht, die interdental gekreuzt verläuft

### ► Offset-Naht

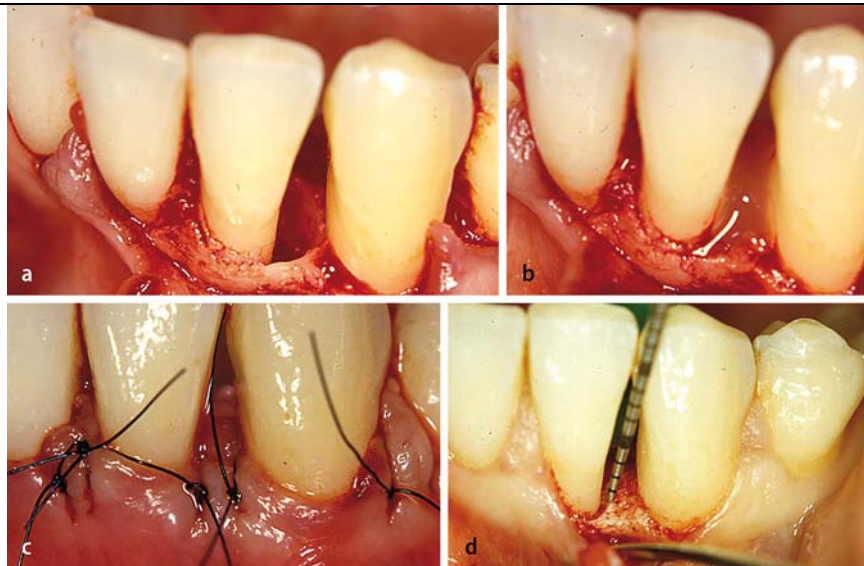
### ► Einzelknopfnah

### ► Modifizierte Laurell-Naht

Ziel der postoperativen Nachsorge ist der Schutz vor Wundinfektionen und mechanischem Trauma

### ► Supragingivale Zahnreinigung

Bei weiten Defekten gilt die Kombination von Füllermaterialien und resorbierbaren Membranen als empfehlenswert



**Abb. 3 ▲** Regenerationsbehandlung mit Schmelz-Matrix-Proteinen. **a** Dreiwandiger Knochendefekt distal von Zahn 32. **b** Nach Konditionierung mit EDTA wurde die Wurzeloberfläche mit Emdogain® behandelt. **c** Als Verschlussnähte wurden hier monofilamentäre Einzelknopfnähte und modifizierte vertikale Matratzennähte nach Laurell gewählt. **d** Re-entry ein Jahr nach Therapie

empfehlenswert [9]. Resorbierbare Membranen kollabieren in den Defekt und würden, wenn ohne Füllermaterialien angewandt, den zu regenerierenden Raum stark limitieren. Auch Schmelz-Matrix-Proteine können aufgrund ihrer gelartigen Konsistenz das Kollabieren des Mukoperiostlappens nicht verhindern.

Im Folgenden sollen die von Froum et al. [13] und von Cortellini & Tonetti [8] beschriebenen Behandlungsstrategien kombiniert werden, um dem Leser eine Entscheidungshilfe in der Behandlung von parodontalen Knochendefekten zu geben.

Der zu wählende Zugangslappen richtet sich nach der Breite der interdentalen Gewebebrücke und der Lokalisation des Defekts. Befindet sich der Defekt im Frontzahnbereich und ist das interdentale Gewebe breiter als 2 mm, sollte der modifizierte Papillenerhaltungslappen präpariert werden. Ist dagegen die interdentale Gewebebrücke schmal (<2 mm) oder der Defekt im Seitenzahnbereich gelegen, sollte der vereinfachte Papillenerhaltungslappen zur Anwendung kommen. Das weitere Vorgehen richtet sich nach der Defektanatomie. 3- und 2-wandige Knochendefekte mit stützender Defektanatomie können mit Schmelz-Matrix-Proteinen (■ **Abb. 3**) oder mit resorbierbaren Membranen behandelt werden. In Fällen mit dünnem Gewebe (<1 mm) sollte einer Behandlung mit Schmelz-Matrix-Proteinen der Vorzug gegeben werden, da die Gefahr einer Membranexposition erhöht ist. 1- und 2-wandige Knochendefekte ohne stützende Defektanatomie können mit titanverstärkten, nicht resorbierbaren Membranen oder resorbierbaren Membranen in Kombination mit Füllermaterialien regeneriert werden (■ **Abb. 4**).

Froum et al. [13] beschreiben weiterhin die Kombination von Füllermaterialien und Schmelz-Matrix-Proteinen in breiten, 2-wandigen Knochendefekten (■ **Abb. 5**).

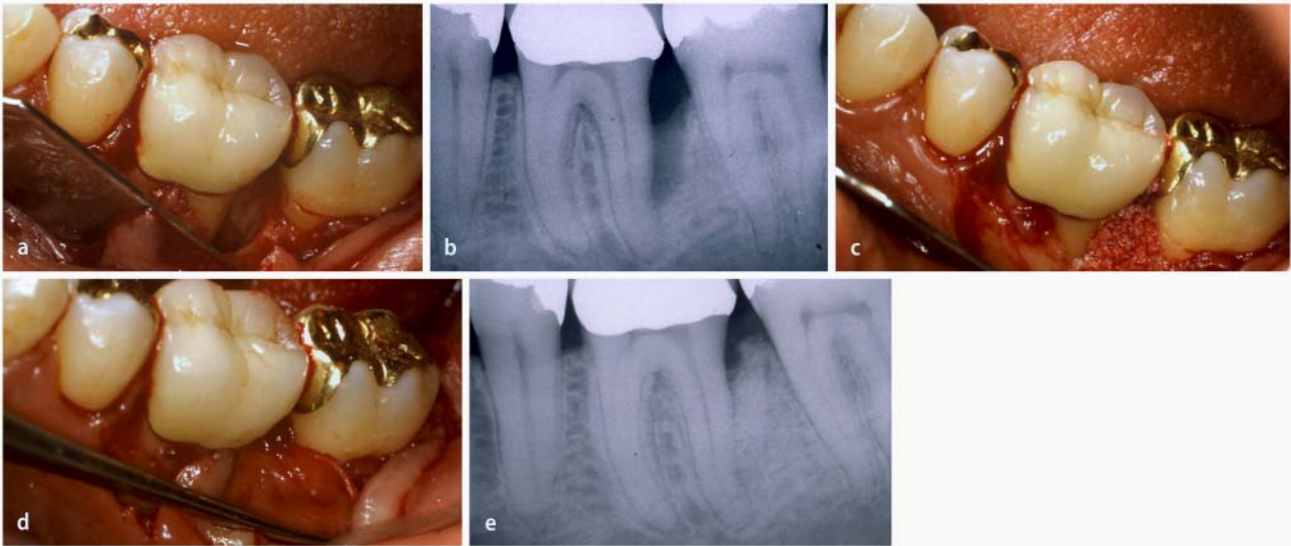
### Furkationsbehandlung

Als Hauptindikation für die gesteuerte Geweberegenerationstherapie von Furkationsdefekten gelten die Grad-II-Defekte im Unterkiefer. Im Oberkiefer können nur bukkale Grad-II-Defekte vorhersehbar regeneriert werden [21]. Eine Regeneration von Grad-III-Defekten konnte bei Menschen weder im Oberkiefer noch im Unterkiefer beobachtet werden. Der Attachmentgewinn ist bei Grad-I-Defekten derart gering, dass eine teure regenerative Behandlung in keinem Verhältnis zum Nutzen stehen würde. Generell kann aber angenommen werden, dass eine komplette Schließung der Grad-II-Furkationen nicht vorhersehbar erreicht werden kann. Vergleiche mit der Lappenoperation konnten aber zeigen, dass die GTR-Therapie von Grad-II-Furkationsdefekten in einem signifikant höheren CAL-Gewinn resultiert, als die alleinige Lappenoperation [19]. Weiterhin werden bessere Er-

3- und 2-wandige Knochendefekte können mit Schmelz-Matrix-Proteinen oder resorbierbaren Membranen behandelt werden

Als Hauptindikation für die GTR-Therapie von Furkationsdefekten gelten die Grad-II-Defekte im Unterkiefer





**Abb. 4** ▲ Kombiniert 3- und 2-wandiger Knochendefekt. **a** Klinische Situation. **b** Radiologischer Zustand vor regenerativer Behandlung. **c** Auffüllung des Defekts mit BioOss®-Spongiosa (Partikelgröße 0,25–1 mm). **d** Abdeckung der BioOss®-Partikel und des Defekts mit einer resorbierbaren BioGuide®-Kollagenmembran. **e** Radiologischer Zustand 1 Jahr postoperativ

gebnisse für die Verwendung von Membranen aus Polymer und e-PTFE in der Furkationstherapie beschrieben.

Wenn die GTR-Therapie bei der Behandlung von Furkationsdefekten zum Einsatz kommt, sollte die Membrantechnik mit einer zusätzlichen Applikation von Füllermaterialien kombiniert werden. Es scheint, dass die GTR-Therapie, in Kombination mit Füllermaterialien, in der Behandlung von Klasse-II-Defekten effektiver ist, als die alleinige Behandlung mit SMP.

## Komplikationen

Die häufigsten Komplikationen treten bei der Behandlung mit nicht resorbierbaren Membranen auf und bestehen aus der ► **Membranfreilegung** (Prävalenz von 70–80%). Die Häufigkeit von Membranexpositionen konnte durch die Anwendung des modifizierten sowie des vereinfachten Papillenerhaltungslappens und der Anwendung von resorbierbaren Membranen stark reduziert werden. In einer klinischen Studie, in der die Behandlung von parodontalen Knochendefekten mit Schmelz-Matrix-Proteinen und GTR-Therapie mit resorbierbaren Membranen verglichen wurde, kam es bei allen mit GTR behandelten Defekten zu mindestens einer Komplikation (meist Membranfreilegung), hingegen nur bei sechs 6% der mit Schmelz-Matrix-Proteinen behandelten Defekte.

Kommt es zu einer Membranexposition, führt dies unweigerlich zur bakteriellen Kontamination der Membran. Dies hat bei nicht resorbierbaren Membranen, abhängig von der Größe der Exposition, meist die Entfernung zur Folge. Da sich die Entfernung bei resorbierbaren Membranen sehr viel schwieriger darstellt, kann hier zunächst die Behandlung mit Chlorhexidingel und Mundspüllösungen, sowie dem Reinigen der Perforationsstelle mit weicher Zahnbürste oder Wattepellets versucht werden. In jedem Fall führt eine Membranfreilegung jedoch zu einem reduzierten Attachmentgewinn.

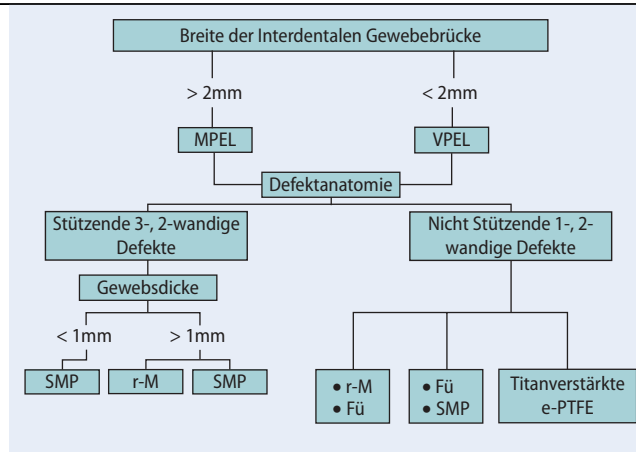
Andere postoperative Komplikationen wie Schwellung, Rötung oder Suppuration können effektiv durch eine stringenter Infektionsprophylaxe (professionelle Zahnreinigung, evtl. systemische Antibiotikagabe) behandelt werden.

## Fazit für die Praxis

In der regenerativen Parodontaltherapie werden verschiedene Materialien eingesetzt, die jedoch in sehr unterschiedlichem Maße zu einer vorhersagbaren Regeneration der zahnhaltenden Strukturen führen. In Studien konnten so das demineralisierte, gefriergetrocknete Knochentransplan-

## ► Membranfreilegung

Die Membranexposition führt unweigerlich zur bakteriellen Kontamination



**Abb. 5** ◀ Behandlungsstrategie zur regenerativen Parodontaltherapie (MPEL: modifizierter Papillenerhaltungslappen, VPEL: vertikaler Papillenerhaltungslappen, SMP: Schmelz-Matrix-Proteine, r-M: resorbierbare Membran, Fü: Füllmaterial, e-PTFE: GoreTex®-Membran)

tat (DFDBA) und der Einsatz von Xenografts vergleichbare Erfolge verbuchen. Bei der gesteuerten Geweberegeneration trennt eine mechanische Barriere die langsam wachsenden Zellen aus Desmodont und Alveolarknochen von den erheblich schneller regenerierenden Epithel- und Bindegewebszellen. Damit wird dem parodontalen Faserapparat und dem Alveolarknochen die Möglichkeit zur Regeneration gegeben. Als Barriere eingesetzte resorbierbare e-PTFE-Membranen zeigen dabei Vorteile gegenüber den nicht resorbierbaren e-PTFE-Membranen. Die Defektanatomie und -lage beeinflussen neben der Breite der interdentalen Gewebebrücke die einzusetzende Technik hinsichtlich Schnittführung und Nahttechnik. Auch kombinierte Behandlungstechniken wie beispielsweise der zusätzliche Einsatz von Schmelz-Matrix-Proteinen können individuell sinnvoll sein. Bei der Behandlung von Furkationsdefekten sollte die Membrantechnik mit einer zusätzlichen Applikation von Füllmaterialien kombiniert werden. Entsprechend müssen sowohl die Patienten als auch die Defekte sorgfältig ausgewählt werden, um vorhersehbare Ergebnisse in der regenerativen Therapie zu erhalten.

#### Mehr Infos online!

Das Literaturverzeichnis finden Sie in der elektronischen Version des Beitrags unter [CME.springer.de](http://CME.springer.de)



#### Korrespondierender Autor

**Prof. Dr. Dr. A. Sculean**  
 Department of Periodontology,  
 Radboud University Medical Center  
 Philips van Leydenlaan 25,  
 6500 Nijmegen, Niederlande  
[a.sculean@dent.umcn.nl](mailto:a.sculean@dent.umcn.nl)

Professor Sculean studierte an der Semmelweis Universität in Budapest. Den Facharzt im Bereich Parodontologie schloss er am Royal Dental College in Aarhus (Dänemark) ab und war von 1998 bis 2002 Oberarzt der Abteilung für Parodontologie und Zahnerhaltung an der Universitätsklinik Homburg/Saar. 2001 habilitierte er im Fach Parodontologie an der Universität des Saarlandes in Homburg/Saar. Professor Sculean war von 2002 bis 2004 Oberarzt und Leiter der Sektion Parodontologie an der Poliklinik für Zahnerhaltung der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz und ist seit 2004 Leiter der Abteilung für Parodontologie an der Universität Nijmegen. Er ist Vorstandsmitglied der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie, erster Vorsitzender der Neuen Arbeitsgruppe Parodontologie (NagP) und der Arbeitsgemeinschaft für Laserzahnheilkunde.

**Interessenkonflikt.** Es besteht kein Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen. Die Präsentation des Themas ist unabhängig und die Darstellung der Inhalte produktneutral.

# Fragen zur Lernerfolgskontrolle

Bitte beachten Sie:

Es ist immer nur eine Antwort möglich.

Antwortmöglichkeit nur online unter [CME.springer.de](http://CME.springer.de)

nach vorheriger Registrierung unter [www.fvdz.de](http://www.fvdz.de).

Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.

**Welche der folgenden Strukturen müssen neu gebildet werden, sodass man von einer parodontalen Regeneration sprechen kann?**

- Wurzelzement, Desmodont und Alveolarknochen
- Nur Saumepithel
- Alveolarknochen und Saume-  
epithel
- Wurzelzement und Alveolar-  
knochen
- Desmodontalfasern und Alve-  
olarknochen

**Welche der folgenden Eigen-  
schaften trifft für ein osteokon-  
duktives Knochenersatzmate-  
rial zu?**

- Es enthält knochenbildende  
Zellen.
- Es dient als Leitschiene für die  
Knochenneubildung.
- Es regt die Bildung von Zement  
an.
- Es regt die Proliferation von  
Epithelzellen an.
- Es regt die Bildung von binde-  
gewebigem Attachment an.

**Welche Aussage über xeno-  
gene Knochenersatzmateri-  
alien trifft zu?**

- Die Entnahme kann extra-  
oder intraoral erfolgen.
- Xenogene Knochenersatzma-  
terialien stammen aus ver-  
schiedenen Individuen dersel-  
ben Spezies.
- Xenogene Knochenersatzma-  
terialien stammen aus einer  
anderen Spezies.
- Xenogene Knochenersatz-  
materialien sind synthetische  
oder anorganische Materi-  
alien.

- Xenogene Knochenersatzma-  
terialien werden aus Tuber-  
oder Kinnbereich entnom-  
men.

**Zu welchen der folgenden Kno-  
chenersatzmaterialien gehört  
Hydroxylapatit?**

- Zu den alloplastischen Kno-  
chenersatzmaterialien
- Zu den xenogenen Knochen-  
ersatzmaterialien
- Zu den allogenen Knochen-  
ersatzmaterialien
- Zu den autologen Knochen-  
ersatzmaterialien
- Zu den Polymeren

**Auf welchem der folgenden  
Prinzipien beruht die gesteu-  
erte Geweberegeneration?**

- Isolation der Knochenzellen  
von den umgebenden Desmo-  
dontalzellen
- Isolation der langsam wach-  
senden Bindegewebszellen  
von schnell wachsenden Kno-  
chenzellen
- Förderung des Wachstums von  
Epithelzellen
- Isolation der langsam wach-  
senden Zellen aus Desmodont  
und Bindegewebe von den  
schnell wachsenden Epithel-  
und Knochenzellen
- Isolation der langsam wach-  
senden Zellen aus Desmodont  
und Alveolarknochen von den  
umgebenden schnell wach-  
senden Epithel- und Bindege-  
webszellen

**Wie lang ist die empfohlene  
Standzeit von nicht resorbier-  
baren e-PTFE-Membranen in**

**der regenerativen Parodontal-  
therapie?**

- 4 Wochen bis 6 Monate
- 4–6 Monate
- 6–8 Wochen
- 4–6 Tage
- e-PTFE-Membranen müssen  
nicht entfernt werden

**Sie möchten einen 3-wandigen  
Defekt regenerieren, der Pati-  
ent besitzt nur sehr dünnes Ge-  
webe. Welches regenerative  
Material verwenden sie?**

- Nicht resorbierbare, titanver-  
stärkte e-PTFE-Membranen
- Resorbierbare Membranen mit  
autologem Knochen
- Nicht resorbierbare e-PTFE-  
Membranen ohne Titanver-  
stärkung
- Schmelz-Matrix-Proteine
- Schmelz-Matrix-Proteine in  
Kombination mit einer resor-  
bierbaren Membran

**Sie möchten einen parodonta-  
len Knochendefekt im Front-  
zahnbereich mittels resorbier-  
barer Membranen in Kombina-  
tion mit einem Xenograft rege-  
nerieren. Die interdentale Ge-  
websbrücke weist eine Breite  
von ca. 1 mm auf.**

**Welche Schnittführung wäh-  
len sie?**

- Papillenerhaltungslappen
- Normaler“ Zugangslappen
- Modifizierter Widman-Lappen
- Vereinfachter Papillenerhal-  
tungslappen
- Apikaler Verschiebelappen

**Durch welche der folgenden  
Maßnahmen wird während der  
postoperativen Nachsorge der**

**Schutz vor Wundinfektionen  
und vor mechanischem Trauma  
am besten erreicht?**

- Chlorhexidinspülung, sys-  
temische Antibiose und  
Schmerzmittel
- Aussetzen der Mundhygiene-  
maßnahmen und stündliche  
Chlorhexidinspülung
- Aussetzen der Mundhygiene-  
maßnahmen und Gabe einer  
systemischen Antibiose
- 2- bis 3-mal tägliche Chlorhe-  
xidinspülung, Aussetzen der  
Mundhygienemaßnahmen  
und über diesem Zeitraum  
wöchentliche professionelle  
Zahnreinigungen, systemische  
Gabe eines Antibiotikums im  
Einzelfall
- Beibehalten der gewohnten  
Mundhygienemaßnahmen  
und postoperative Kontrolle  
nach einem Jahr

**Welche Furkationsdefekte gel-  
ten als Hauptindikation für die  
gesteuerte Geweberegenerati-  
onstherapie?**

- Klasse-III-Defekte im Unterkie-  
fer
- Klasse-III-Defekte im Oberkiefer
- Klasse-I-Defekte in Ober- und  
Unterkiefer
- Distale Klasse-II-Defekte im  
Oberkiefer
- Klasse-II-Defekte im Unterkiefer

**Diese Fortbildungseinheit ist  
12 Monate auf [CME.springer.de](http://CME.springer.de)  
verfügbar.**

**Den genauen Einsendeschluss  
erfahren Sie unter  
[CME.springer.de](http://CME.springer.de)**



Hier steht eine Anzeige  
This is an advertisement

## Literatur

1. Bowers GM, Chadroff B, Carnevale R et al. (1989) Histologic evaluation of new attachment apparatus formation in humans. Part II. *J Periodontol* 60: 675–682
2. Camelo M, Nevins M, Schenk R et al. (1998) Clinical, radiographic, and histologic evaluation of human periodontal defects treated with Bio-oss® and Bio-Gide. *Int J Periodont Rest Dent* 18: 321–331
3. Caton JG, Greenstein G (1993) Factors related to periodontal regeneration. *Periodontol* 2000 1: 9–15
4. Cortellini P, Pini-Prato G, Tonetti M (1994) Periodontal regeneration of human intrabony defects. V. Effect of oral hygiene on long term stability. *J Clin Periodontol* 21: 606–610
5. Cortellini P, Pini-Prato G, Tonetti M (1995) The modified papilla preservation technique. A new surgical approach for interproximal regenerative procedures. *J Periodontol* 66: 261–266
6. Cortellini P, Pini-Prato G, Tonetti M (1996) Long-term stability of clinical attachment following guided tissue regeneration and conventional therapy. *J Clin Periodontol* 23: 106–111
7. Cortellini P, Pini-Prato G, Tonetti MS (1999) The simplified papilla preservation flap. A novel surgical approach for the management of soft tissues in regenerative procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent* 19: 589–599
8. Cortellini P, Tonetti M (2000) Focus on intrabony defects: Guided tissue regeneration. *Periodontol* 2000 22: 104–132
9. Cortellini P, Tonetti M (2005) Clinical performance of a regenerative strategy for intrabony defects: scientific evidence and clinical experience. *J Periodontol* 76: 341–350
10. Drago MR, Kaldahl WB (1983) Clinical and histological evaluation of alloplasts and allografts in regenerative periodontal surgery in humans. *Int J Periodont Rest Dent* 3: 8–29
11. Eickholz P (2003) Glossar der Grundbegriffe für die Praxis: Chirurgische Parodontitistherapie: 3. Papillenerhaltungslappen: klassisch, modifiziert, vereinfacht. *Parodontologie* 14: 411–418
12. Eickholz P, Hörr T, Klein F, Hassfeld S, Kim TS (2004) Radiographic parameters for prognosis of periodontal healing of intrabony defects: Two different definitions of defect depth. *J Periodontol* 75: 399–407
13. Froum S, Lemler J, Horowitz R, Davidson B (2001) The use of enamel matrix derivative in the treatment of periodontal osseous defects: A clinical decision tree based on biologic principles of regeneration. *Int J Periodontics Restorative Dent* 21: 437–449
14. Gottlow J, Nyman S, Lindhe J et al. (1986) New attachment formation in the human periodontium by guided tissue regeneration. Case reports. *J Clin Periodontol* 13: 604–616
15. Heijl L (1997) Periodontal regeneration with enamel matrix derivative in one human experimental defect. A case report. *J Clin Periodontol* 24: 693–696
16. Klein F, Kim TS, Hassfeld S et al. (2001) Radiographic defect depth and width for prognosis and description of periodontal healing of intrabony defects. *J Periodontol* 72: 1639–1646
17. Mellonig JT, Bowers G, Bailey RC (1981) Comparison of bone graft materials. I. New bone formation with autografts and allografts determined by strontium-85. *J Periodontol* 52: 291–296
18. Murphy KG (1996) Interproximal tissue maintenance in GTR procedures. A new surgical technique and 1-year reentry results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 16: 463–477
19. Murphy KG, Gunsolley JC (2003) Guided tissue regeneration for the treatment of periodontal intrabony and furcation defects. A systemic review. *Ann Periodontol* 8: 266–302
20. Nevins ML, Camelo M, Nevins M et al. (2000) Human histologic evaluation of bioactive ceramic in the treatment of periodontal defects. *Int J Periodontics Restorative Dent* 20: 458–467
21. Pontoriero R, Lindhe J (1995) Guided tissue regeneration in the treatment of degree II furcations maxillary molars. *J Clin Periodontol* 22: 756–763
22. Richardson CR, Mellonig JT, Bruns-vold MA et al. (1999) Clinical evaluation of Bio-Oss: A bovine-derived xenograft for the treatment of periodontal osseous defects in humans. *J Clin Periodontol* 26: 421–428
23. Takei HH, Han TJ, Carranza FA et al. (1985) Flap technique for periodontal bone implants. Papilla preservation technique. *J Periodontol* 56: 204–210
24. Tonetti MS, Pini-Prato G, Cortellini P (1993) Periodontal regeneration of human intrabony defects. IV. Determinants of healing response. *J Periodontol* 64: 934–940
25. Tsitoura E, Tucker R, Suvan J et al. (2004) Baseline radiographic defect angle of the intrabony defect as a prognostic indicator in regenerative periodontal surgery with enamel matrix derivative. *J Clin Periodontol* 31: 643–647
26. Oreamuno S, Lekovic V, Kenney EB et al. (1990) Comparative clinical study of porous hydroxyapatite and decalcified freeze-dried bone in human periodontal defects. *J Periodontol* 61: 399–404
27. Sculean A, Donos N, Windisch P et al. (1999) Healing of human intrabony defects following treatment with enamel matrix proteins or guided tissue regeneration. *J Periodont Res* 34: 310–322
28. Stahl SS, Froum S (1987) Histologic and clinical responses to porous hydroxylapatite implants in human periodontal defects. Three to twelve months postimplantation. *J Periodontol* 58: 689–695
29. Wikesjö UME, Selvig KA (1999) Periodontal wound healing and regeneration. *Periodontol* 2000 19: 21–39