
Forschung · Wissenschaft Recherche · Science

Editor-in-chief
Chefredaktor
Rédacteur en chef

Jürg Meyer, Basel

Editors
Redaktoren
Rédacteurs

Urs Belser, Genève
Peter Hotz, Bern
Heinz Lüthy, Zürich

Assistant Editor
Redaktions-Assistent
Rédacteur assistant

Tuomas Waltimo, Basel

Advisory board / Gutachtergremium / Comité de lecture

P. Baehni, Genève
J.-P. Bernard, Genève
C.E. Besimo, Basel
S. Bouillaguet, Genève
U. Brägger, Bern
D. Buser, Bern
M. Cattani, Genève
B. Ciucchi, Genève
K. Dula, Bern
A. Filippi, Basel
J. Fischer, Bern
L.M. Gallo, Zürich
R. Glauser, Zürich
R. Gmür, Zürich
W. Gnoinski, Zürich
K.W. Grätz, Zürich
Ch. Hämmerle, Zürich
N. Hardt, Luzern
T. Imfeld, Zürich

K.H. Jäger, Basel
J.-P. Joho, Genève
R. Jung, Zürich
S. Kiliaridis, Genève
I. Krejci, Genève
J.Th. Lambrecht, Basel
N.P. Lang, Bern
T. Lombardi, Genève
H.U. Luder, Zürich
A. Lussi, Bern
P. Magne, Genève
C. Marinello, Basel
G. Menghini, Zürich
R. Mericske-Stern, Bern
J.-M. Meyer, Genève
A. Mombelli, Genève
W. Mörmann, Zürich
G. Pajarola, Zürich
S. Palla, Zürich

S. Paul, Zürich
M. Perrier, Lausanne
B. Pjetursson, Bern
M. Ramseier, Bern
M. Richter, Genève
S. Ruf, Bern
H.F. Sailer, Zürich
J. Samson, Genève
U.P. Saxer, Zürich
J.-P. Schatz, Genève
S. Scherrer, Genève
P. Schüpbach, Horgen
H. van Waes, Zürich
P. Velvart, Zürich
T. von Arx, Bern
F. Weber, Zürich
R. Weiger, Basel
A. Wichelhaus, Basel
A. Wiskott, Genève

Publisher
Herausgeber
Editeur

Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft SSO
Société Suisse d'Odonto-Stomatologie
CH-3000 Bern 7

Adresse der wissenschaftlichen Redaktion

Prof. Jürg Meyer
Zentrum für Zahnmedizin
Institut für Präventivzahnmedizin und Orale Mikrobiologie
Hebelstr. 3
4056 Basel

Alveolarkammprävention nach Zahnextraktion – eine Literaturübersicht

Zusammenfassung

Nach Zahnextraktion kommt es zu einem unterschiedlich stark ausgeprägten alveolären Knochenverlust. Mit der Atrophie des Alveolarknochens verschlechtern sich neben dem ästhetischen Erscheinungsbild vor allem die Voraussetzungen für implantologische und auch für jegliche andere prothetische Folgebehandlungen. Vorbereitende oder begleitende augmentative Massnahmen sind daher häufig notwendig und erhöhen den operativen und finanziellen Aufwand. Die gezielte Alveolarkammprophylaxe unmittelbar nach Zahnextraktion könnte in Zukunft für Patienten und behandelnden Zahnarzt diese aufwändigen Folgebehandlungen reduzieren oder gar ersparen. Bisherige Methoden beschrieben den Einsatz von natürlichen Wurzeln, wurzelanalogen Implantaten, Sofortimplantaten sowie Membran- oder Füllertechniken zur Reduktion der Atrophie des Alveolarknochens. In der vorliegenden Literaturübersicht werden diese Materialien und Techniken beschrieben und diskutiert.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 114: 328–336 (2004)

Schlüsselwörter:

Zahnextraktion, Resorption, Alveolarkammprävention, Knochenregeneration (GBR), Review

Zur Veröffentlichung angenommen: 29. Dezember 2003

PATRICK R. SCHMIDLIN¹, RONALD E. JUNG² und JENS SCHUG¹

¹ Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie und

² Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich

Einleitung

Die Bildung des Processus alveolaris ist entwicklungsgeschichtlich an die Eruption der Dentition gebunden. Nichtanlagen oder Ankylosen führen zu einem ausbleibenden oder verminderten Alveolarfortsatzwachstum (EICHENBAUM 1977, ANDERSSON et al. 1984).

Nach Zahnverlust kommt es zu einem unterschiedlich stark ausgeprägten Knochenabbau. Das damit verbundene knöcherne Remodelling während der Heilung ist abhängig von ätiologischen und pathologischen Umständen vor und nach der Extraktion. Zum Zeitpunkt des Zahnverlustes kann die alveoläre Knochenstruktur endogen (Resorptionen, Abszessbildung, Parodontitis etc.), exogen (Trauma) oder iatrogen (Ostektomie und Osteoplastik) geschädigt sein.

Korrespondenzadresse:

Dr. Patrick R. Schmidlin

Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich, Plattenstrasse 11, CH-8028 Zürich

Tel. 01 634 32 84, Fax 01 634 43 08

E-Mail: patrick.schmidlin@zzmk.unizh.ch

Anschliessende dentale Rehabilitationen werden dadurch in funktioneller und ästhetischer Hinsicht behindert oder gar unmöglich. Aufwändige Eingriffe im Sinne der gesteuerten Knochenregeneration (Guided Bone Regeneration, GBR) sind daher häufig erforderlich, um den Alveolarkamm so weit aufzubauen, dass ein adäquater Zahnersatz gewährleistet werden kann.

Die gezielte Alveolarkammprophylaxe unmittelbar nach Zahnextraktion könnte für Patienten und behandelnden Zahnarzt aufwändige Folgebehandlungen reduzieren oder gar ersparen. Ziel dieser Literaturübersicht ist, die physiologischen und pathologischen Vorgänge nach Zahnextraktion kurz zu beschreiben sowie die Materialien und Techniken aufzuzeigen, die sich mit der Problematik der Alveolarkammprävention beschäftigt haben.

Physiologische Wundheilungsvorgänge nach Zahnextraktion

Wenn Zähne durch konservierende, parodontale, prothetische, kieferorthopädische oder chirurgische Massnahmen nicht mehr zu erhalten sind oder ihre Erhaltung im Hinblick auf den Allgemeinbefund, den oralen Gesamtbefund und die lokale Situation nicht sinnvoll ist, stellt die Zahnextraktion eine «ultima ratio» dar.

Nach schonend durchgeführter Extraktion entsteht eine offene Rissquetschwunde im Schleimhautbereich mit knöcherner Exposition, die dem oralen Milieu ausgesetzt ist. Es bildet sich ein Koagulum, das vom Speichel überspült wird. Dies geschieht bei Extraktionen im Oberkiefer in wesentlich geringerem Masse als im Unterkiefer. Es kommt im weiteren Verlauf zu einer Koagulumretraktion, und Erythrozyten werden oberflächlich ausgelaut, wobei das Fibringerüst erhalten bleibt. Der weitere Heilungsverlauf wurde wie folgt beschrieben (BOYNE 1966, HUEBSCH & HANSEN 1969, AMLER 1993, OHTA 1993): Aus der Alveole proliferieren Fibroblasten und Endothelsprossen, es entsteht ein Fibringerüst, das durch ein zellreiches Bindegewebe ersetzt wird. Dieser Abschnitt der optimalen Wundheilung ist nach etwa einer Woche beendet. Ausgehend von den Weichteilrändern wachsen epitheliale Fortsätze über das Fibrinnetz bis die Epitheldecke nach ca. sechs Wochen geschlossen ist. Darunter bildet das Fibrin eine natürliche Stütz- und Leitstruktur der Alveole, welches die Bildung von Osteoid und dessen spätere Verkalkung ermöglicht. Diese Heilungsphase dauert bis zu vier Monaten. Dabei scheint das knöcherne Niveau der Nachbarzähne nicht erreicht zu werden (KINGSMILL 1999).

Wundheilungsstörungen

Die Symptomatik der leeren Alveole, die eine der häufigsten Komplikationen bei der Wundheilung darstellt (GOETZKE & KLAMMT 1991), entsteht durch eine umschriebene bakterielle Entzündung der Alveolenwand mit einer Beteiligung der Nervenendigungen. Bestehende akute Entzündungen können nicht als alleinige Ursache angesehen werden. Zusätzliche Faktoren wie Fehlverhalten des Patienten, hoher Vasokonstriktorenzusatz des Lokalanästhetikums oder eine starke Traumatisierung während der Extraktion spielen eine ebenso wichtige Rolle (MEYER 1973). In der Umgebung des Limbus alveolaris kommt es zu einer stärkeren Gefässerweiterung, und damit erfolgt ein vermehrter Austritt von Leukozyten. Das Fibringerüst ist daher im Gegensatz zur normalen Wundheilung stärker mit Leukozyten durchsetzt. Klinisch kommt es zu einer Auflösung des Fibringerüsts. Dies ist verbunden mit starken Schmerzen des Pa-

tienten. Dieses Dolor-post-extractionem-Syndrom lässt sich zusammenfassen durch ein zerfallendes Koagulum in der Alveole, eine Alveolitis und eine Begleitneuritis (HOUSTON et al. 2002).

Die Häufigkeit von Wundheilungskomplikationen liegt zwischen 0,5 und 5% (VEZEAU 2000) und korreliert mit der Grösse der Wundfläche (RAUSCHNABEL et al. 1999).

Remodelling während der Funktionsphase

Nach Zahnextraktion unterliegt der Alveolarkamm einem lebenslangen katabolischen Remodellierungsprozess. Es handelt sich bei diesem Prozess um eine chronische, progressive und irreversible Krankheit (ATWOOD 1971). Es spielen vor allem Resorptionsvorgänge in vestibulo-oraler und corono-apikaler Richtung eine wichtige Rolle. Dieses Phänomen wurde mit dem Begriff der «Residual ridge resorption» (RRR) beschrieben (ATWOOD 1971, JAHANGIRI et al. 1998). Gerade in der Frontzahnregion kann dies zu einem mehr oder weniger ausgeprägten Verlust von Knochenstrukturen in Kombination mit einer Deformation des Alveolarkammes führen (ABRAMS et al. 1987). Dabei wurden Resorptionsraten von 40 bis 60 Volumenprozent beschrieben (ASHMAN et al. 1994).

Als Ursachen für den Resorptionsprozess werden entzündliche, funktionelle und systemische Faktoren vermutet (ATWOOD 1971, MERCIER 1985, FALLSCHUSSEL 1986, MERCIER 1988, IZUKA et al. 1992, BODNER et al. 1993, DEVLIN et al. 1996). Ausserdem wird angenommen, dass der Alveolarknochen im Vergleich zu anderen Knochen des Körpers einen erhöhten Zellturnover besitzt (BAYLINK et al. 1974).

Die grösste Resorptionsrate findet in den ersten sechs Monaten statt. Es konnte mittels stereofotografischer Modellanalyse nach zwei Monaten eine Kammvolumenreduktion von 10% und nach 12 Monaten von 18% festgestellt werden (WILDING & ADAMS 1985). In einer weiteren Studie konnte gezeigt werden, dass sich die Kammbreite nach Extraktion von Milchmolaren bei Nichtanlagen der bleibenden Dentition nach drei Jahren um 25% verringerte (OSTLER & KOKICH 1994). Danach nahm die Resorptionsrate ab und sank auf weitere 4% nach weiteren drei Jahren. Vor allem vertikal waren stets ausgeprägte Resorptionen zu beobachten (ADELL et al. 1990, ISAKSSON et al. 1993).

In einer longitudinalen Langzeitstudie über 25 Jahre konnte eine kontinuierliche Reduktion des Residualkammes bei Totalprothesenträgern über den gesamten Beobachtungszeitraum dokumentiert werden (TALLGREN 1972). Die Resorption im anterioren Anteil der Mandibula war viermal grösser als die der Maxilla. Auch hier konnte gezeigt werden, dass während des ersten Jahres die grösste Resorption stattfand.

Generell wird die Alveolarkammatrophy im Oberkiefer als zentripetal (von vestibulär nach oral) und im Unterkiefer als zentrifugal (von oral nach vestibulär) beschrieben. Das damit verbundene Resorptionsmuster führt intermaxillär zu ungünstigen sagittalen und transversalen Verhältnissen (CAWOOD & HOWELL 1988, ADELL et al. 1990), was die prothetische Versorgung erschwert. Zudem wird die Implantation durch mangelndes Knochenangebot behindert (EUFINGER et al. 1997).

Kammprophylaxe

Im Gegensatz zu aufwändigen rekonstruktiven Kammaugmentationsverfahren (ridge augmentation) versucht man mittels Kammprophylaxe (ridge oder socket preservation) die Anatomie des Alveolarkammes möglichst dauerhaft zu bewahren.

Natürliche Wurzeln

Die einfachste Form der Kammprophylaxe besteht im Erhalt der natürlichen entzündungsfreien Zahnwurzeln. Techniken zur submukösen Retention vitaler und devitaler Zahnwurzeln wurden beschrieben (GARVER & FENSTER 1980). Es wurde beobachtet, dass sich dadurch die Resorptionsrate deutlich reduzierte (GARVER & FENSTER 1980, VON WOWERN & WINTHER 1981). Allerdings geriet diese Methode später wieder in den Hintergrund, da häufig Weichgewebsschäden in Form von Dehiscenzen und Fisteln beobachtet wurden. Hingegen konnte durch Dekoration bei posttraumatischen Fällen mit Frühankylose in Fallberichten eine Stabilisierung der Alveolarkammdimension ohne Weichgewebsschäden erreicht werden (FILIPPI et al. 2001, MALMGREN et al. 1984).

Wurzelbehandelte gekürzte Zähne können allerdings transmukosal zur Kammprophylaxe belassen werden, um den Prothesenhalt zu verbessern, um als späterer Pfeiler für eine optionale prothetische Integration zu dienen oder um eine spätere implantologische Behandlung zu ermöglichen.

Extraktion

Können Zähne nicht erhalten werden, ist eine schonungsvolle Extraktion die erste Voraussetzung für eine Minimierung der Kammatrophy. Je weniger der Limbus alveolaris während der Extraktion beschädigt wird, desto geringer sind die eintretenden Abbauprozesse (QUAYLE 1990).

Sofortimplantation

Dabei werden sowohl submukosale als auch transmukosale Implantate unmittelbar nach Extraktion in die frische Alveole gesetzt. Das Ziel ist die Erhaltung der knöchernen und weichteiligen Strukturen durch sofortige Unterstützung. Sofortimplantate stellen heute eine gut dokumentierte und klinisch erfolgreiche Therapiemethode dar, die auf Grund der Inkongruenz der Wurzel- und Implantatquerschnitte oft mit gleichzeitiger Knochenregeneration (GBR) kombiniert werden muss (BECKER et al. 1994, LANG et al. 1994, BRAGGER et al. 1996, VAN STEENBERGHE et al. 2000, HAMMERLE & LANG 2001).

Solide semianaloge alloplastische Implantate

In den späten 70er- und frühen 80er-Jahren wurde ein Konzept entwickelt, wurzelförmige präfabrizierte nicht resorbierbare Hydroxylapatit-Kegel in die Extraktionsalveole zu integrieren (DENISSEN & DE GROOT 1979, QUINN & KENT 1984). Es konnte im Tiermodell gezeigt werden, dass eine Einheilung ohne Primärverschluss der Weichteile erreicht wurde, sofern die Implantate 2–3 mm unterhalb des Alveolarkammes platziert wurden. Im Vergleich zu unbehandelten Extraktionswunden konnten so durchschnittlich 2 mm mehr an Knochenkontur erhalten werden. Auch eine andere Studiengruppe kam auf vergleichbare Resultate (SATTAYASANSKUL et al. 1988).

Im Gegensatz dazu wurde in einer klinischen Studie am Menschen eine hohe Verlustrate nachgewiesen, wobei 53% der ebenfalls konischen Hydroxylapatit-Implantate eine Dehiscenz zeigten und 27% der Implantate sogar entfernt werden mussten (KWON et al. 1986). In einer anderen Untersuchung zeigten solide Kegel eine ebenfalls grössere Misserfolgsrate verglichen zu partikulärem Hydroxylapatit (CRANIN et al. 1988). Auf Grund dieser negativen Resultate beim Menschen geriet dieser Ansatz in Vergessenheit.

Erst 1998 wurden wieder standardisierte Kegel, allerdings aus Bioglas, zur Resorptionsprophylaxe verwendet. Im ersten Jahr

nach Insertion der Bioglaskegel konnte keine Reduktion der Alveolarkammdimensionen festgestellt werden (YILMAZ et al. 1998). Hingegen wurde bei den Kontrollstellen eine signifikante Abnahme des Alveolarkammes in vertikaler Richtung gemessen.

Wurzellanaloge resorbierbare Implantate

Lediglich eine Methode beschrieb die Herstellung von resorbierbaren Wurzelreplikas zur defektanalogen Alveolenfüllung «chairside» (SUHONEN & MEYER 1996). In einer Tierstudie konnten radiologisch eine graduelle Resorption des implantierten Materials und eine Knochenneubildung festgestellt werden. Klinisch wurde ein vollständiger Erhalt der alveolären Kontur gezeigt (SUHONEN et al. 1995).

Membran- und Füllertechniken

Die Grundlage dieser Regenerationstechniken besteht in der Verwendung von Membranstützmaterialien in Kombination mit Membranen beziehungsweise von Füllmaterialien ohne Membranen. Die verwendeten Membranstütz- bzw. Füllmaterialien werden je nach Herkunft in *autogene* (homologe), d.h. vom gleichen Individuum stammende, *allogene*, d.h. von der gleichen Spezies, aber von einem anderen Individuum gewonnene, *xenogene*, d.h. von einer anderen Spezies stammende und *alloplastische*, d.h. synthetische, Materialien unterteilt.

Um eine Barriere gegenüber der oralen Umgebung, d.h. der Bindegewebs- und Epithelzellen, zu erzielen, wird die Verwendung von Membranen empfohlen. Dazu wurde der Einsatz von resorbierbaren oder nicht resorbierbaren Membranen beschrieben. Der Primärverschluss konnte nur durch Mobilisation der Weichgewebe mittels Verschiebelappentechniken oder Schleimhauttransplantaten erreicht werden. In wenigen Studien wurde auf Membranen oder einen primären Weichteilverschluss verzichtet.

Die Tabellen I und II liefern einen Überblick über die in den klinischen Studien verwendeten Materialien, Techniken und klinischen Kriterien.

In Abhängigkeit des Resorptionsverhaltens der verwendeten Materialien konnte histologisch mehr oder weniger Restmaterial in den Biopsien nachgewiesen werden (Abbildung 1). Histomorphometrisch wurde bei der Mehrzahl der Studien in Kombination mit Membranstützmaterialien mehr vitaler Knochen gebildet als in den Kontrollseiten. Dies könnte auf osteokonduktive Eigenschaften der eingebrachten Materialien zurückgeführt werden (SMUKLER et al. 1999, ARTZI et al. 2000, ARTZI et al. 2001a&b, BOLOURI et al. 2001, FROUM et al. 2002). Eine Studie zeigte jedoch bei Verwendung von deproteinisiertem, bovinem Knochenmineral zur Füllung von Alveolen histomorphometrisch eine geringere Regeneration gegenüber der Spontanheilung (CARMAGNOLA et al. 2003).

In weiteren Fallberichten wurden histologisch gute Knochenqualitäten beschrieben (BECKER et al. 1998, BRUGNAMI et al. 1999, FROUM & ORLOWSKI 2000, ARTZI et al. 2001a&b).

Es wurde gezeigt, dass Massnahmen zur Kammprophylaxe die Resorptionsrate des Alveolarfortsatzes deutlich vermindern können (Tab. III und IV) (LEKOVIC et al. 1997, LEKOVIC et al. 1998, YILMAZ et al. 1998, CAMARGO et al. 2000).

Weitere Autoren, die keine quantitativen Vermessungen und histologischen Untersuchungen vornahmen, berichteten von guten klinischen Resultaten bezüglich der Resorptionsprophylaxe (LANDSBERG 1994, CAMPBELL 1998, WIESEN & KITZIS 1998, KLOKKEVOLD et al. 1999, MISCH et al. 1999, TAL 1999, FOWLER et al. 2000, YANG et al. 2000, SY & PERIO 2001). Als Komplikation

Tab.1 Studienübersicht: Materialien und Techniken (geordnet nach Materialherkunft)

Autor(en)	Knochenersatzmaterial	Typ/Herkunft	Membran	Weichteilverschluss
LEKOVIC et al. 1997	–	–	e-PTFE	Periostschlitung
LEKOVIC et al. 1998	–	–	Polyglaktin	Periostschlitung
MISCH et al. 1999	Knochentransplantat	autolog	–	adhärente Schleimhaut am Knochentransplantat
SMUKLER et al. 1999	Lyophilisierter Knochen	allogen	e-PTFE	Periostschlitung
LANDSBERG 1994	Lyophilisierter Knochen	allogen	–	Periostschlitung
FOWLER et al. 2000	Lyophilisierter Knochen	allogen	Azelluläre dermale Matrix	–
KLOKKEVOLD et al. 1999	Lyophilisierter Knochen	allogen	e-PTFE	–
BRUGNAMI et al. 1999	Lyophilisierter Knochen	allogen	e-PTFE	Periostschlitung
ARTZI & NEMCOVSKI 1998	Bovines Knochenmaterial	xenogen	–	–
ARTZI et al. 2000	Bovines Knochenmaterial	xenogen	–	Palatinaler Rotationslappen
ARTZI et al. 2001a&b	Bovines Knochenmaterial	xenogen	Kollagen	Periostschlitung
CARMAGNOLA et al. 2003	Bovines Knochenmaterial	xenogen	Kollagen	–
BOLOURI et al. 2001	HTR-Polymere	alloplastisch	?	?
FROUM & ORLOWSKI 2000	HTR-Polymere	alloplastisch	–	–
SY & PERIO 2001	Bioaktives Glas	alloplastisch	e-PTFE	Periostschlitung
CAMARGO et al. 2000	Bioaktives Glas	alloplastisch	Kalziumsulfat	–
HOAD-REDDICK et al. 1999	Hydroxylapatit	alloplastisch	?	Periostschlitung
SUHONEN & MEYER 1996	PLA-Replika	alloplastisch	–	–
YILMAZ et al. 1998	Bioaktives Glas/Kegel	alloplastisch	–	–
BECKER et al. 1998	Knochen	autolog	–	Periostschlitung
	Lyophilisierter Knochen	allogen	–	Periostschlitung
	Bovines Knochenmaterial	xenogen	–	Periostschlitung
FROUM et al. 2002	Lyophilisierter Knochen	allogen	–	Periostschlitung
	Bioaktives Glas	alloplastisch	–	Periostschlitung
TAL 1999	Lyophilisierter Knochen	allogen	–	Gaumenschleimhaut (Punch)
	Bovines Knochenmaterial	xenogen	–	
YANG et al. 2000	Knochen	autolog	Polylaktat	–
	Lyophilisierter Knochen	allogen	Polylaktat	–
	Hydroxylapatit	alloplastisch	Polylaktat	–
WIESEN & KITZIS 1998	Knochen	autolog	Polyglaktin	Periostschlitung
	Bovines Knochenmaterial	xenogen	Polyglaktin	
CAMPBELL 1998	Knochen	autolog	–	Periostschlitung
	Lyophilisierter Knochen	allogen	–	Periostschlitung
	TCP	alloplastisch	–	Periostschlitung

wurde in einigen Fällen von Weichgewebs-Dehiszenzen berichtet (LEKOVIC et al. 1997, BRUGNAMI et al. 1999, SMUKLER et al. 1999, FOWLER et al. 2000, YANG et al. 2000). Diese wurden vor allem im Zusammenhang mit nicht resorbierbaren Membranen beschrieben. Dabei waren die Resultate jedoch vergleichbar mit dem klinischen Endresultat der Kontrollgruppe mit Spontanheilung.

Bezüglich Weichgewebsverschluss untersuchte eine Studie die Vitalität von Gaumentransplantaten zur Defektdeckung über verschiedene Füllmaterialien und Membranen. Es wurde gezeigt, dass die Durchblutung der Alveole eine wichtige Rolle bei der Nekroseneignung spielt (TAL 1999).

Werden allerdings keine Membranen verwendet, so besteht bei unzureichender Deckung oder Nekrosebildung die Möglichkeit der Exfoliation von Füllmaterialien (NEMCOVSKY & SERFATY 1996).

Diskussion

Die moderne Zahnmedizin hat als zweite Hauptaufgabe die Etablierung und Erhaltung der sekundären oralen Gesundheit definiert. Dabei sollten einmal entstandene Schäden möglichst frühzeitig behoben und die Funktionsfähigkeit des Gebisses erhalten oder wieder hergestellt werden (LUTZ et al. 1998). Nach

der Zahnextraktion stösst man bei der zweiten Zielvorgabe an Grenzen: Ohne gezielte Therapie wird die Extraktionswunde der Spontanheilung überlassen, und Resorptionen müssen zwangsläufig in Kauf genommen werden. Ziel jeder Extraktion sollte es deshalb sein, den nicht erhaltungswürdigen Zahn möglichst atraumatisch zu entfernen, die anschliessende Wundheilung zu optimieren und nachfolgende Resorptionsvorgänge auf ein Minimum zu beschränken oder sogar zu verhindern. Die Alveolarkammprävention stellt somit ein allgemein-zahnmedizinisches Therapiemittel dar, das sowohl konventionell prothetische (fest-sitzend oder abnehmbar) wie auch implantologische Arbeiten in funktioneller und ästhetischer Hinsicht unterstützt.

Es erstaunt also nicht, dass bereits frühzeitig versucht wurde, Extraktionsalveolen mit den unterschiedlichsten Materialien zu füllen. Materialien wie Polymilchsäuren (OLSON et al. 1982) oder Kollagenschwämme (MANNAI et al. 1986) dienten vor allem der Koagulum-Stabilisation, dem physikalischen Schutz der Extraktionsalveole, der Verminderung von Nachblutungen und somit der Reduktion von postoperativen Beschwerden. Allerdings konnten histologisch keine Vorteile bezüglich Knochenneubildung und Resorptionsprophylaxe gezeigt werden.

Die Anforderungen an eine moderne Methode der Kammprophylaxe wären wie folgt zu definieren: Sie sollte eine gute Vo-

Tab. II Studienübersicht: Klinische Kriterien

Autor(en)	Test	Kontrolle	Histologie	Kamm- /Defekt- vermessung	Komplikationen
Lekovic et al. 1997	10	10	–	intraoperativ	Dehiszenz
LEKOVIC et al. 1998	16	16	–	intraoperativ	–
MISCH et al. 1999	1	–	–	–	–
SMUKLER et al. 1999	6	5	Histomorphometrie	–	Dehiszenz (1)
LANDSBERG & BICHACHO 1994					
FOWLER et al. 2000	2	–	–	–	Dehiszenz (1)
KLOKKEVOLD et al. 1999	1	–	–	–	–
BRUGNAMI et al. 1999	7	–	Histologie	–	Dehiszenz
ARTZI & NEMCOVSKI 1998	5	–	Histologie	–	–
ARTZI et al. 2000	15	–	Histomorphometrie	intraoperativ	–
ARTZI et al. 2001a&b	15	–	Histomorphometrie	–	–
CARMAGNOLA et al. 2003	7	10	Histomorphometrie	–	–
BOLOURI et al. 2001	18	18	–	–	–
FROUM & ORLOWSKI 2000	7	–	Histologie	–	–
Sy & PERIO 2001	2	–	–	–	–
CAMARGO et al. 2000	16	16	–	intraoperativ	–
HOAD-REDDICK et al. 1999	35	35	–	Modelle	–
SUHONEN & MEYER 1996	1	–	–	–	–
YILMAZ et al. 1998	10	10	–	Modelle	–
BECKER et al. 1998	11	–	Histologie	–	–
FROUM et al. 2002	20	10	Histomorphometrie	–	–
TAL 1999	42	–	–	–	Nekrosen Transplantat (19)
YANG et al. 2000	3	–	–	–	Dehiszenz (1)
WIESEN & KITZIS 1998	1	–	–	–	–
CAMPBELL 1998	1	–	–	–	–

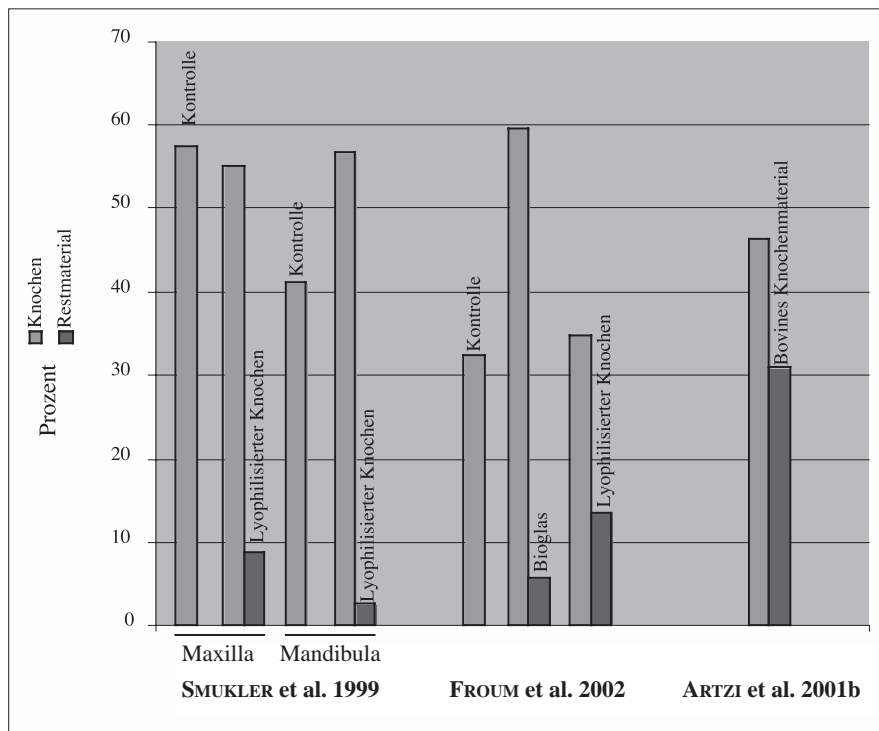


Abb. 1 Histologische Befunde aus klinischen Fallserien.

raussagbarkeit bezüglich der knöchernen und weichteiligen Kammdimension zeigen, sie sollte die Behandlungszeit nicht oder nur wenig verlängern, sollte einfach sein in der klinischen Anwendung und sollte möglichst geringe Kosten verursachen. Die natürlichen Wurzeln und die soliden semianalogen alloplastischen Implantate sind relativ einfach in der klinischen Anwen-

dung und zeigen hinsichtlich Erhalt der knöchernen Kammdimensionen gute Resultate (YILMAZ et al. 1998). Natürliche Wurzeln stellen die kostengünstigste Prävention dar, finden jedoch auf Grund der Weichgewebekomplikationen bei submuköser Einheilung heute keine Anwendung mehr ausser zur Weichgewebsvermehrung vor Implantation (LANGER 1994). Auf Grund

Tab. III Resultate der Kammvermessung in horizontaler Dimension

Studie	Kontrollseite (mm)		Testseite (mm)	
	Verlust	Gewinn	Verlust	Gewinn
YILMAZ et al. 1998*	0,75			0,1
CAMARGO et al. 2000	3,06		3,48	
LEKOVIC et al. 1997	4,40		1,80	
LEKOVIC et al. 1998	4,56		1,31	
HOAD-REDDICK et al. 1999	2,82		1,98	
Mittelwert	3,12		1,69	

* Verwendung von Bioglaskegeln

Tab. IV Resultate der Kammvermessung in vertikaler Dimension

Studie	Kontrollseite (mm)		Testseite (mm)	
	Verlust	Gewinn	Verlust	Gewinn
CAMARGO et al. 2000	1,00		0,38	
LEKOVIC et al. 1997	1,20		0,50	
LEKOVIC et al. 1998	1,15		0,50	
Mittelwert	1,12		0,46	

der hohen Verlustraten der soliden semianalogen alloplastischen Implantate, der hohen Dehiszenzrate und der Tatsache, dass diese nicht resorbieren, stellen sie heute in der modernen Kammprophylaxe keine Therapievariante mehr dar.

Die Sofortimplantation hingegen wird verschiedenen Anforderungen gerecht. So zeigt sie eine gute Voraussagbarkeit bezüglich des Knochenlevels, eine sehr kurze Behandlungszeit und eine mässige Kostenbelastung, da verschiedene Eingriffe in einem kombiniert werden. Der Erfolg der Methode wird über die Implantaterfolgsrate definiert. Die Indikationseinschränkungen der Sofortimplantation rühren von der Abhängigkeit vom Knochenangebot apikal der Alveole (SCHWARTZ-ARAD & CHAUSHU 1997), dem relativ anspruchsvollen klinischen Handling und der schwierigen Voraussagbarkeit bei ästhetischen Indikationen her. Die Frage bleibt momentan offen, ob die entzündete Alveole einen negativen Einfluss auf die Osseointegration von Sofortimplantaten hat.

Eine weitere Möglichkeit bietet die verzögerte oder Spätimplantation unter Anwendung von GBR-Techniken zur Kammprävention. Dabei konnte in einer grossen Zahl von Publikationen gezeigt werden, dass bei Verwendung von Füllmaterialien die Kammdimensionen im Vergleich zu unbehandelten Kontrollalveolen besser erhalten werden konnten. Dennoch muss eingeräumt werden, dass die Resultate je nach Studie grosse Streuungen innerhalb der Test- und Kontrollstellen zeigten, was vor allem in Zusammenhang mit kompromittierten Alveolen und möglichen Infektionen bei Membranexpositionen gebracht wurde (LEKOVIC et al. 1997, CAMARGO et al. 2000). Gerade die Membranexposition stellt eine häufige Komplikation dar. Dabei scheint die Verwendung von resorbierbaren Membranen gegenüber nicht resorbierbaren Membranen Vorteile zu haben (LEKOVIC et al. 1997, LEKOVIC et al. 1998). Expositionen von nicht resorbierbaren Membranen führten zu einer frühzeitigen Membranentfernung und signifikant schlechteren klinischen Resultaten. Dies wurde vor allem mit bakterieller Kolonisation und der Diffusion bakterieller Produkte in Verbindung gebracht (SELVIG et al. 1990, NOWZARI & SLOTS 1995) und scheint auch bei Implantaten ein Problem darzustellen (SIMION et al. 1994). Als kritisch zu beurteilen sind die lange Behandlungszeit, der aufwändige chirurgische Eingriff und die schwierige Voraussagbar-

keit bei unvollständiger bukkaler Knochenlamelle (CAMARGO et al. 2000) oder bei Infektionen.

Auf histologischer Ebene zeigten die beschriebenen kammpräventiven Massnahmen bei einer Mehrzahl der Studien gleich viel oder mehr neu gebildeten Knochen verglichen zu den unbehandelten Kontrollstellen (SMUKLER et al. 1999, FROUM et al. 2002). Vor allem bei xenogenen und alloplastischen Füllmaterialien konnten nach einem Beobachtungszeitraum von sechs und neun Monaten zwischen 10 und 40% Restmaterial festgestellt werden (SMUKLER et al. 1999, ARTZI et al. 2001b, FROUM et al. 2002, CARMAGNOLA et al. 2003).

Die Anforderungen an die Degradation des Füllmaterials und die Knochenneubildung bei nicht implantatgetragenen Zahnersatz unterscheidet sich deutlich von den prospektiven Implantationsregionen. Dient die Kammprophylaxe zum Beispiel der Gestaltung des Brückenzwischengliedbereiches, so stellt eine möglichst vollständige Degradation keine *conditio sine qua non* dar. Im Gegenteil, eine lange Verweildauer des Defektfüllers vermag hierbei eine voraussagbare und dauerhafte Kammmorphologie zu erhalten. Je nach Anwendungsbereich macht es daher Sinn, Materialien in kurz-, mittel- und langfristige kammpräventive Defektfüller einzuteilen (BARTEE 2001).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass beim heutigen Wissensstand die Sofortimplantation und die GBR-Techniken nach Zahnextraktion gut dokumentierte Methoden zur Verminderung der Alveolarkammatrophy darstellen. Dennoch sind diese Methoden kompliziert, techniksensitiv und sind nicht für jede Indikation geeignet. Es müssten Materialien und Techniken entwickelt werden, die es künftig erlauben, eine für die entsprechenden Indikationen gezielte Alveolarkammprävention routinemässig in der Praxis anzuwenden. Damit könnten aufwändige Folgebehandlungen reduziert oder gar vermieden werden, um die sekundäre orale Gesundheit auch nach Zahnextraktion zu gewährleisten.

Summary

SCHMIDLIN P R, JUNG R E, SCHUG J: **Alveolar ridge preservation after tooth extraction – a review of the literature** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed, 114: 328–336 (2004)

Alveolar bone resorption is frequently observed after tooth extraction. Atrophy of the alveolar ridge may cause esthetic and surgical problems in prosthetic dentistry. Augmentative measures may thus be required to guarantee optimal prosthetic replacement of the lost tissues. Augmentative bone treatment may result in extensive surgical interventions and increased treatment costs. Alveolar ridge prophylaxis immediately upon tooth extraction may reduce such sequelae for both, the treating dentist and the patient. Attempts to reduce alveolar bone resorption have included the placement of natural roots, root analogues, and immediate implants into the extraction socket, sometimes in combination with membrane or graft techniques. In the current review of the literature, techniques for alveolar ridge preservation are discussed.

Résumé

L'extraction d'une dent peut mener à une perte de l'os alvéolaire plus ou moins prononcée. Outre les aspects esthétiques, cette atrophie détériore les prédispositions pour des traitements implantologiques ou prothétiques ultérieurs. Ainsi, des mesures augmentatives préparatrices ou accompagnatrices sont souvent nécessaires et accroissent les coûts opérationnels et financiers.

La prophylaxie alvéolaire ciblée consécutive à l'extraction d'une dent pourrait dans le futur réduire ou même supprimer ces mesures prenant beaucoup de temps, ceci pour le bien du patient et du dentiste. Jusqu'à aujourd'hui, concernant la réduction de l'atrophie de l'os alvéolaire, les méthodes décrivaient l'insertion de racines naturelles, d'implants dont la géométrie est analogue à la racine, d'implants immédiats ainsi que des techniques membranaires ou de comblement. Dans la présente revue de littérature, ces matériaux et ces techniques sont décrits et discutés.

Literaturverzeichnis

- ABRAMS H, KOPCZYK R A, KAPLAN A L: Incidence of anterior ridge deformities in partially edentulous patients. *J Prosthet Dent* 57: 191–4 (1987)
- ADELL R, ERIKSSON B, LEKHOLM U, BRANEMARK P I, JEMT T: Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 5: 347–59 (1990)
- AMLER M H: Age factor in human alveolar bone repair. *J Oral Implantol* 19: 138–42 (1993)
- ANDERSSON L, BLOMLOF L, LINDSKOG S, FEIGLIN B, HAMMARSTROM L: Tooth ankylosis. Clinical, radiographic and histological assessments. *Int J Oral Maxillofac Surg* 13: 423–31 (1984)
- ARTZI Z, NEMCOVSKY C E: The application of deproteinized bovine bone mineral for ridge preservation prior to implantation. Clinical and histological observations in a case report. *J Periodontol* 69: 1062–7 (1998)
- ARTZI Z, NEMCOVSKY C E, TAL H: Efficacy of porous bovine bone mineral in various types of osseous deficiencies: clinical observations and literature review. *Int J Periodontics Restorative Dent* 21: 395–405 (2001a)
- ARTZI Z, TAL H, DAYAN D: Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets: 2. Histochemical observations at 9 months. *J Periodontol* 72: 152–9 (2001b)
- ARTZI Z, TAL H, DAYAN D: Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets. Part 1: histomorphometric evaluations at 9 months. *J Periodontol* 71: 1015–23 (2000)
- ASHMAN A, FROUM S, ROSENLICHT J: Replacement therapy. *NY State Dent J* 60: 12–5 (1994)
- ATWOOD D A: Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. *J Prosthet Dent* 26: 266–79 (1971)
- BARTEE B K: Extraction site reconstruction for alveolar ridge preservation. Part 1: rationale and materials selection. *J Oral Implantol* 27: 187–93 (2001)
- BAYLINK D J, WERGEDAL J E, MALONEY N A: Systemic factors in alveolar bone loss. *J Clin Endocrinol Metab* 39: 119–35 (1974)
- BECKER W, CLOKIE C, SENNERBY L, URIST M R, BECKER B E: Histologic findings after implantation and evaluation of different grafting materials and titanium micro screws into extraction sockets: case reports. *J Periodontol* 69: 414–21 (1998)
- BECKER W, DAHLIN C, BECKER B E, LEKHOLM U, VAN STEENBERGHE D, HIGUCHI K, KULTJE C: The use of e-PTFE barrier membranes for bone promotion around titanium implants placed into extraction sockets: a prospective multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 9: 31–40 (1994)
- BODNER L, KAFFE I, COHEN Z, DAYAN D: Long-term effect of desalivation on extraction wound healing: a densitometric study in rats. *Dentomaxillofac Radiol* 22: 195–8 (1993)
- BOLOURI A, HAGHIGHAT N, FREDERIKSEN N: Evaluation of the effect of immediate grafting of mandibular postextraction sockets with synthetic bone. *Compend Contin Educ Dent* 22: 955–8 (2001)
- BOYNE P J: Osseous repair of the postextraction alveolus in man. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 21: 805–13 (1966)
- BRAGGER U, HAMMERLE C H, LANG N P: Immediate transmucosal implants using the principle of guided tissue regeneration (II). A cross-sectional study comparing the clinical outcome 1 year after immediate to standard implant placement. *Clin Oral Implants Res* 7: 268–76 (1996)
- BRUGNAMI F, THEN P R, MOROI H, KABANI S, LEONE C W: GBR in human extraction sockets and ridge defects prior to implant placement: clinical results and histologic evidence of osteoblastic and osteoclastic activities in DFDBA. *Int J Periodontics Restorative Dent* 19: 259–67 (1999)
- CAMARGO P M, LEKOVIC V, WEINLAENDER M, KLOKKEVOLD P R, KENNEY E B, DIMITRIJEVIC B, NEDIC M, JANCOVIC S, ORSINI M: Influence of bioactive glass on changes in alveolar process dimensions after exodontia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 90: 581–6 (2000)
- CAMPBELL L A: Use of bone grafting in the management of a troublesome operative site planned for future implant restoration. *J Oral Implantol* 24: 97–100 (1998)
- CARMAGNOLA D, ADRIAENS P, BERGLUNDH T: Healing of human extraction sockets filled with Bio-Oss(R). *Clin Oral Implants Res* 14: 137–43 (2003)
- CAWOOD J I, HOWELL R A: A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg* 17: 232–6 (1988)
- CRANIN A N, RONEN E, SHPUNTOFF R, TOBIN G, DIBLING J B: Hydroxylapatite (H/A) particulate versus cones as post-extraction implants in humans. Parts I & II. *J Biomed Mater Res* 22: 1165–80 (1988)
- DENISSEN H W, DE GROOT K: Immediate dental root implants from synthetic dense calcium hydroxylapatite. *J Prosthet Dent* 42: 551–6 (1979)
- DEVILIN H, GARLAND H, SLOAN P: Healing of tooth extraction sockets in experimental diabetes mellitus. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 1087–91 (1996)
- EICHENBAUM I W: Tooth eruption and ankylosis. *J Prev Dent* 4: 39–45 (1977)
- EUFINGER H, KONIG S, EUFINGER A: The role of alveolar ridge width in dental implantology. *Clin Oral Investig* 1: 169–77 (1997)
- FALLSCHUSSEL G K: Geistig-seelische Einflüsse bei Störungen im Kausystem: Fakten – Empirie – Hypothesen. *Dtsch Zahnärztl Zeitschr* 41: 271–5 (1986)
- FILIPPI A, POHL Y, VON ARX T: Decoronation of an ankylosed tooth for preservation of alveolar bone prior to implant placement. *Dent Traumatol* 17: 93–5 (2001)
- FOWLER E B, BREAUULT L G, REBITSKI G: Ridge preservation utilizing an acellular dermal allograft and demineralized freeze-dried bone allograft: Part II. Immediate endosseous implant placement. *J Periodontol* 71: 1360–4 (2000)
- FROUM S, CHO S C, ROSENBERG E, ROHRER M, TARNOW D: Histological comparison of healing extraction sockets implanted with bioactive glass or demineralized freeze-dried bone allograft: a pilot study. *J Periodontol* 73: 94–102 (2002)
- FROUM S, ORLOWSKI W: Ridge preservation utilizing an alloplast prior to implant placement – clinical and histological case reports. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 12: 393–402 (2000)
- GARVER D G, FENSTER R K: Vital root retention in humans: a final report. *J Prosthet Dent* 43: 368–73 (1980)
- GOETZKE H G, KLAMMT J: Die Grösse der Wundfläche und die Häufigkeit der Alveolitis nach Zahnextraktion. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 15: 306–10 (1991)

- HAMMERLE C H, LANG N P: Single stage surgery combining transmucosal implant placement with guided bone regeneration and bioresorbable materials. *Clin Oral Implants Res* 12: 9–18 (2001)
- HOAD-REDDICK G, MCCORD L F, CASH A J: Measurement of changes in dimensions of resorbing alveolar bone: description of a method. *Eur J Prosthodont Restor Dent*: 7: 99–105 (1999)
- HOUSTON J P, MCCOLLUM J, PIETZ D, SCHNECK D: Alveolar osteitis: a review of its etiology, prevention, and treatment modalities. *Gen Dent* 50: 457–63 (2002)
- HUEBSCH R F, HANSEN L S: A histopathologic study of extraction wounds in dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 28: 187–96 (1969)
- IZUKA T, MILLER S C, MARKS S C, JR.: Alveolar bone remodeling after tooth extraction in normal and osteopetrotic (ia) rats. *J Oral Pathol Med* 21: 150–5 (1992)
- ISAKSSON S, EKFLD A, ALBERIUS P, BLOMQVIST J E: Early results from reconstruction of severely atrophic (Class VI) maxillas by immediate endosseous implants in conjunction with bone grafting and Le Fort I osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 22: 144–8 (1993)
- JAHANGIRI L, DEVLIN H, TING K, NISHIMURA I: Current perspectives in residual ridge remodeling and its clinical implications: a review. *J Prosthet Dent* 80: 224–37 (1998)
- KINGSMILL V J: Post-extraction remodeling of the adult mandible. *Crit Rev Oral Biol Med* 10: 384–404 (1999)
- KLOKKEVOLD P R, HAN T J, CAMARGO P M: Aesthetic management of extractions for implant site development: delayed versus staged implant placement. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 11: 603–10 (1999)
- KWON H J, EL DEEB M, MORSTAD T, WAITE D: Alveolar ridge maintenance with hydroxylapatite ceramic cones in humans. *J Oral Maxillofac Surg* 44: 503–8 (1986)
- LANDSBERG C J: A modified surgical/prosthetic approach for optimal single implant supported crown. Part I – The socket seal surgery. *Practical Periodontics & Aesthetic Dentistry* 6: 35–41 (1994)
- LANG N P, BRAGGER U, HAMMERLE C H, SUTTER F: Immediate transmucosal implants using the principle of guided tissue regeneration. I. Rationale, clinical procedures and 30-month results. *Clin Oral Implants Res* 5: 154–63 (1994)
- LANGER B: Spontaneous in situ gingival augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 14: 524–35 (1994)
- LEKOVIC V, CAMARGO P M, KLOKKEVOLD P R, WEINLAENDER M, KENNEY E B, DIMITRIJEVIC B, NEDIC M: Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *J Periodontol* 69: 1044–9 (1998)
- LEKOVIC V, KENNEY E B, WEINLAENDER M, HAN T, KLOKKEVOLD P, NEDIC M, ORSINI M: A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction. Report of 10 cases. *J Periodontol* 68: 563–70 (1997)
- LUTZ F, KREJCI I, BESEK M: Conservative dentistry – for whom? A contribution to the discussion of the planned enactment of standards in dentistry. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 108: 18–33 (1998)
- MALMGREN B, CVEK M, LUNDBERG M, FRYKHOLM A: Surgical treatment of ankylosed and infra-positioned reimplanted incisors in adolescents. *Scand J Dent Res* 92: 391–9 (1984)
- MANNAI C, LEAKE D, PIZZOFERRATO A, CIAPETTI G, SANGIORGI C: Histologic evaluation of purified bovine tendon collagen sponge in tooth extraction sites in dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 61: 315–23 (1986)
- MERCIER P: Ridge form in preprosthetic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 60: 235–43 (1985)
- MERCIER P: Ridge reconstruction with hydroxylapatite. Part 1. Anatomy of the residual ridge. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 65: 505–10 (1988)
- MEYER R A: Responsibility of local anesthetics for alveolitis. *Med Hyg* 31: 1475–6 (1973)
- MISCH C E, DIETSH-MISCH F, MISCH C M: A modified socket seal surgery with composite graft approach. *J Oral Implantol* 25: 244–50 (1999)
- NEMCOVSKY C E, SERFATY V: Alveolar ridge preservation following extraction of maxillary anterior teeth. Report on 23 consecutive cases. *J Periodontol* 67: 390–5 (1996)
- NOWZARI H, SLOTS J: Microbiologic and clinical study of polytetrafluoroethylene membranes for guided bone regeneration around implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 10: 67–73 (1995)
- OHTA Y: Comparative changes in microvasculature and bone during healing of implant and extraction sites. *J Oral Implantol* 19: 184–98 (1993)
- OLSON R A, ROBERTS D L, OSBON D B: A comparative study of polylactic acid, Gelfoam, and Surgicel in healing extraction sites. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 53: 441–9 (1982)
- OSTLER M S, KOKICH V G: Alveolar ridge changes in patients congenitally missing mandibular second premolars. *J Prosthet Dent* 71: 144–9 (1994)
- QUAYLE A A: Atraumatic removal of teeth and root fragments in dental implantology. *Int J Oral Maxillofac Implants* 5: 293–6 (1990)
- QUINN J H, KENT J N: Alveolar ridge maintenance with solid nonporous hydroxylapatite root implants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 58: 511–21 (1984)
- RAUSCHNABEL U, KOSCIELNIAK E, HAENZE J, RANKE M B, BERTHOLD A, KLAMMT J, KIESS W, GOETZKE H G: Die Grösse der Wundfläche und die Häufigkeit der Alveolitis nach Zahnextraktion. *Regul Pept* 84: 37–42 (1999)
- SATTAYASANSKUL W, BROOK I M, LAMB D J: Dense hydroxyapatite root replica implantation: measurement of mandibular ridge preservation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 3: 203–7 (1988)
- SCHWARTZ-ARAD D, CHAUSHU G: The ways and wherefores of immediate placement of implants into fresh extraction sites: a literature review. *J Periodontol* 68: 915–23 (1997)
- SELVIG K A, NILVEUS R E, FITZMORRIS L, KERSTEN B, KHORSANDI S S: Scanning electron microscopic observations of cell populations and bacterial contamination of membranes used for guided periodontal tissue regeneration in humans. *J Periodontol* 61: 515–20 (1990)
- SIMION M, BALDONI M, ROSSI P, ZAFFE D: A comparative study of the effectiveness of e-PTFE membranes with and without early exposure during the healing period. *Int J Periodontics Restorative Dent* 14: 166–80 (1994)
- SMUKLER H, LANDI L, SETAYESH R: Histomorphometric evaluation of extraction sockets and deficient alveolar ridges treated with allograft and barrier membrane: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 14: 407–16 (1999)
- SUHONEN J, SUURONEN R, HIETANEN J, MARINELLO C, TÖRMÄLÄ P: Custom made polyglycolic acid (PGA) – root replicas placed in extraction sockets of rabbits. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 19: 253–7 (1995)
- SUHONEN J T, MEYER B J: Polylactic acid (PLA) root replica in ridge maintenance after loss of a vertically fractured incisor. *Endod Dent Traumatol* 12: 155–60 (1996)

- SY I P, PERIO D: Site development in periodontal therapy – alveolar bone augmentation as an adjunct to endosseous implant placement. *Compend Contin Educ Dent* 22: 821–6 (2001)
- TAL H: Autogenous masticatory mucosal grafts in extraction socket seal procedures: a comparison between sockets grafted with demineralized freeze-dried bone and deproteinized bovine bone mineral. *Clin Oral Implants Res* 10: 289–96 (1999)
- TALLGREN A: The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent* 27: 120–32. (1972)
- VAN STEENBERGHE D, CALLENS A, GEERS L, JACOBS R: The clinical use of deproteinized bovine bone mineral on bone regeneration in conjunction with immediate implant installation. *Clin Oral Implants Res* 11: 210–6 (2000)
- VEZEAU P J: Dental extraction wound management: medicating postextraction sockets. *J Oral Maxillofac Surg* 58: 531–7 (2000)
- VON WOWERN N, WINTHER S: Submergence of roots for alveolar ridge preservation. A failure (4-year follow-up study). *Int J Oral Surg* 10: 247–50 (1981)
- WIESEN M, KITZIS R: Preservation of the alveolar ridge at implant sites. *Periodontol Clin Investig* 20: 17–20 (1998)
- WILDING R J, ADAMS L P: A photogrammetric method for monitoring changes in the residual alveolar ridge form. *J Oral Rehabil* 12: 443–50 (1985)
- YANG J, LEE H M, VERNINO A: Ridge preservation of dentition with severe periodontitis. *Compend Contin Educ Dent* 21: 579–83 (2000)
- YILMAZ S, EFEOGLU E, KILIC A R: Alveolar ridge reconstruction and/or preservation using root form bioglass cones. *J Clin Periodontol* 25: 832–9 (1998)