

Zahnimplantate

Teil 3: Innovationen in der Implantatchirurgie

Nach der Einführung zum Thema Implantate im ZBS 11/22 und der Fortführung mit dem Thema Augmentationen im ZBS 1+2/23 widmet sich nun der 3. Teil den Neuheiten in der Implantatchirurgie. Wie in der Zahnmedizin im Allgemeinen fanden und finden auch in der Implantatchirurgie eine Vielzahl von innovativen Ideen Einzug. Hier werden „Platelet Rich Fibrin/Plasma Rich in Growth Factor“ (PRF/PRGF) und „präformierte, patientenspezifische Titangitter“ eingehender vorgestellt.

Präoperative Innovationen:

Bildgebung-DVT

Innovationen sind häufig technisch bedingt. Eine der bedeutendsten war die Einführung der Digitalen Volumentomografie (DVT) Ende der 90er Jahre in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Die DVT-gestützte dreidimensionale Darstellung des Knochens, der Zähne sowie angrenzender Strukturen, wie der Kieferhöhle oder der Nervenkanäle des N. trigeminus, ermöglichten eine verbesserte Diagnostik (Darstellung des N. alveolaris inferior), präziserte präoperative Planungen (chirurgisches Backward Planning) und deren intraoperative Umsetzungen (CAD/CAM-hergestellte Bohrschablonen) mit deutlich reduzierten Strahlenexpositionen im Vergleich zur herkömmlichen Computertomografie (CT).

Implantat-Geometrien

Des Weiteren können technische Innovationen veränderte und verbesserte Materialien von dentalen Implantaten bzw. deren Oberfläche betreffen. Nanostrukturierte, gestrahlte und geätzte Implantatoberflächen sowie optimierte Außengeometrien und angepasste Bohrprotokolle bewirken eine verbesserte Osseointegration der Implantate.

Zusätzlich sollen veränderte Implantat-Innen geometrien, wie Tube-in-Tube-Verbindungen, konische Verbindungen oder ein integriertes Plattform-Switching, die Kaukraftübertragung auf die Implantate verbessern und somit einer Überlastung mit konsekutiven periimplantären Knochenabbauprozessen entgegenwirken.

Operative Innovationen:

Optische Abformungen

Technisch-apparative Innovationen betreffen ebenso die optisch-elektronische Abformung. So werden schon während der Implantation der Implantat-Austrittspunkt aus dem Knochen, die Implantat-Angulation sowie die periimplantären Weichgewebe digital erfasst, um ein individuell angepasstes Abutment oder eine provisorische Krone aufzuschrauben und somit die prothetische Ausgangslage für eine optimale endgültige Versorgung zu verbessern. Dies erfordert eine sehr enge interdisziplinäre Abstimmung zwischen Chirurgie, Prothetik und Zahntechnik.

Zusätzlich gibt es zahlreiche operativ-klinische Innovationen, auch wenn der Übergang von den technischen zu den operativen Neuentwicklungen fließend ist. So hat sich das operative Vorgehen durch die Verwendung von veränderten Operationstechniken verbessert. Blutplasmastabilisierte Augmentationen oder die Verwendung von präformierten, patientenspezifischen Titangittern haben das klinische Vorgehen nicht grundlegend geändert, allerdings führt die Verwendung dieser innovativen Techniken zu vorhersagbareren Ergebnissen bei gleichzeitig reduzierten Komplikationsraten. In vielen Fällen verbessert sich zusätzlich das Handling während der Implantation bzw. der Augmentation, was zu einer nicht unwesentlichen Operationszeitverkürzung führt.

Postoperative Innovationen

Weitere Innovationen betreffen die Periimplantitistherapie. Technische

Neuerungen ermöglichen die Reinigung freiliegender Implantatoberflächen nach horizontalem und vertikalem Knochenabbau. Durch elektrochemische Vorgänge werden die in situ befindlichen knöchern-freiliegenden Implantatoberflächen vom Biofilm befreit und können anschließend im begrenzten Maße knöchern augmentiert werden. Dieses Vorgehen ist geeignet, um eine Verbesserung des periimplantären Knochenrückgangs zu erzielen. Eine komplette Wiederherstellung der ossären Kontur, wie zum Zeitpunkt der Implantation, ist allerdings nur in Ausnahmefällen zu erreichen.

Es ist schwer möglich, auf alle Innovationen die dentale Implantattherapie betreffend einzugehen. Viele technische und apparative Neuerungen verbessern die Patientenbehandlung in unterschiedlich großer Ausprägung, erhöhen aber auch den personellen und/oder materiellen Aufwand sowie die Kosten für den Behandler und den Patienten. In nicht allen Fällen steht dieser Mehraufwand in einem vernünftigen Verhältnis zu den erzielbaren Verbesserungen. Dies liegt in der Natur der Sache und sollte nicht als generelle Kritik an innovativen Veränderungen begriffen werden, zumal sich ein anfänglich ungünstiges Verhältnis zukünftig ändern kann. Die digitale Volumentomografie ist solch ein Beispiel und hat sich mittlerweile in vielen chirurgisch spezialisierten Praxen durchgesetzt. Dieser Artikel geht daher auf die zwei Innovationen „PRF/PRGF“ (Platelet Rich Fibrin/Plasma Rich in Growth Factor) und „präformierte, patientenspezifische Titangitter“

ein, die sich im Rahmen der augmentativen Implantatchirurgie als vorteilhaft erwiesen und in der alltäglichen Praxis vieler chirurgisch orientierten Behandler etabliert haben.

Grundlagen zu Knochen-augmentationen

Beiden Innovationen gemein ist, dass sie eine mögliche Alternative zum autologen, also patienteneigenen Knochen- transplantat darstellen bzw. bisherige Augmentations-techniken optimieren, um die Nachteile gegenüber dem „Goldstandard: autologes Knochen- transplantat“ zu verringern (Abb. 1).

Autologe Knochen- transplantate haben drei essenzielle Eigenschaften, die für die Geweberegeneration notwendig sind. Sie enthalten vitale Zellen, eine Matrix und Wachstumsfaktoren. Die vitalen Zellen haben eine große Relevanz für die osteoinduktive, also Knochen neu bildende Wirkung des autologen Knochens. Allerdings ist noch nicht eindeutig geklärt, wie lange diese vitalen Zellen nach einer Knochen- transplantation überleben.

Wachstumsfaktoren (Bone Morphogenetic Protein [BMP]) sind relativ stabile Proteine, die aus dem Knochen, aber auch aus dem Blut extrahiert und dem Behandler verfügbar gemacht werden können. Neben den Knochenzellen sind sie ein wichtiger Bestandteil der osteo-

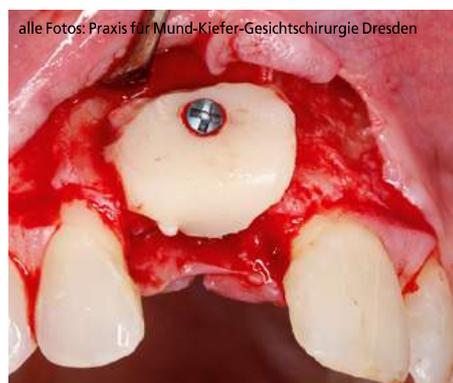


Abb. 1 – Autologes Knochen- transplantat aus dem retromolaren Unterkiefer zur Augment- ation des Knochendefekts in Regio 11 und fixiert mit einer Osteosyntheseschraube

induktiven Eigenschaften des autologen Knochen- transplantats. Die Knochen- matrix vermittelt die osteokonduktive Wirkung der ossären Geweberegenera- tion. Sie dient als Leitschiene für Zellen zur Knochenneu- und -umbildung. Da- bei wachsen Knochenzellen aus dem Im- plantatlager entlang der Oberfläche der Knochenmatrix in den Defekt hinein.

Die Geschwindigkeit der Heilung hängt somit entscheidend davon ab, ob alle drei Eigenschaften – Matrix, vitale Zellen und Wachstumsfaktoren – vorhanden sind. Einem Knochenersatzmaterial auf Hydroxylapatitbasis fehlen die Wach- stumsfaktoren sowie die zellulären Ei- genschaften. Entsprechend langsamer und weniger vorhersagbar läuft daher die Geweberegeneration im Vergleich zum autologen Knochen- transplantat ab. Allerdings limitieren, wie bereits in Teil 2 der Fachbeitragsreihe beschrie- ben, sowohl das klinische Angebot als auch ein möglicher Entnahmedefekt die Verfügbarkeit und Akzeptanz des auto- logen Knochen- transplantats.

Neben körpereigenem Knochen kom- men verschiedene Knochenersatzma- terialien zum Einsatz. Aufgrund des Be- strebens, Zweiteingriffe zur Gewinnung von autologen Knochen- transplantaten zu vermeiden und die Donormorbidität zu senken, ist das Interesse an Knochen- ersatzmaterialien und der damit ver- bundenen GBR-Technik (Guided Bone Regeneration) in den vergangenen Jahren stetig gestiegen. Knochenersatz- stoffe sind in der Regel passive Füller. Die Besiedelung des Knochenersatz- materials mit Knochenzellen benötigt je nach Regenerationsvolumen mehrere Monate. Dies kann durch das Beimi- schen von autologen Knochenchips als gemischtes Transplantat osteoinduktive Eigenschaften erlangen und somit in seiner Effizienz verbessert werden.

Was ist PRF/PRGF?

Die Erstbeschreibung dieser Blutplasma- produkte in der Kieferchirurgie erfolgte in den 1990er Jahren. PRF (Platelet Rich

Fibrin) ist ein Blutkonzentrat, das aus peripherem venösen Blut durch Zentri- fugation gewonnen werden kann. Die einzelnen Blutkomponenten werden entsprechend der Zentrifugalkraft getrennt (Abb. 2). PRF, oder auch bei verändertem Zentrifugationsprotokoll



Abb. 2 a – Venöse Blutentnahme aus der Ellen- beuge



Abb. 2 b – Zentrifugation des venösen Blutes entsprechend des Zentrifugationsprotokolls



Abb. 2 c – Darstellung der Gewinnung des wachstumsfaktorreichen Blutplasmas als gelb- licher Überstand über den zentrifugierten roten Blutkörperchen

PRGF (Plasma Rich in Growth Factor) genannt, besteht aus weißen Blutkörperchen (Leukozyten), Blutplättchen (Thrombozyten) und Blutplasmaproteinen, umgeben von einer Fibrinmatrix. Je nach Verfahren, verwendeter Zusatzstoffe oder veränderter Umdrehungszahlen der Zentrifuge kann die Konzentration der Leukozyten und Wachstumsfaktoren im Blutplasma bzw. der Fibrinmatrix gegenüber dem Vollblut variieren. Dies erschwert die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aller vorliegenden publizierten klinischen Untersuchungen.

Durch ihre hohe Bioaktivität setzt diese Fibrinmatrix über mehrere Tage wichtige enthaltene Wachstumsfaktoren, wie VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor), EGF (Epidermal Growth Factor), PDGF (Platelet Derived Growth Factor), frei, die auf die Geweberegeneration, Gefäßneubildung und Epithelisierung einen positiven Einfluss haben. Die solide PRF-Matrix kann intraoperativ gepresst und als Membran oder als PRF-Clot in den Gewebedefekt eingebracht werden (Abb. 3). Diese Matrix trägt damit zur Unterstützung und zur Beschleunigung der Wundheilung bei. So konnten bei der Verwendung von PRF in der Weichgewebs- und Parodontalchirurgie eine erhöhte Aktivität von Fibroblasten sowie eine Verringerung der Taschen-

tiefe und Verbesserung des Attachmentlevels aufgezeigt werden.^{1,2} Ebenso zeigte sich in der chirurgischen Therapie der medikamenteninduzierten Osteonekrosetherapie eine verbesserte Wundheilung in der PRF-Gruppe.^{3,4} Bei diesen Patienten wurde auf die abgetragene Knochennekrose eine PRF-Membran aufgelegt und darüber die Schleimhaut speicheldicht verschlossen. Zur Verbesserung der Geweberegenerationen werden zusätzlich PRF-Clots in Knochendefekte, operierte Zystenlumen und Extraktionsalveolen eingebracht.

Allerdings ließ sich eine anfänglich postulierte Prävention von postoperativen Nachblutungen nach Zahnextraktionen in Zusammenhang mit eingebrachten PRF-Clots nicht nachweisen.^{5,6,7}

In Bezug auf knöcherne Augmentationen ist die Datenlage sehr heterogen. In Metaanalysen lässt sich eine mäßige Evidenzlage zugunsten der Wachstumsfaktoren bei der Knochenneubildung und Wundheilung aufzeigen.⁸ Für diese Form der GBR werden die verwendeten Biomaterialien, wie Kollagenmembranen oder Knochenersatzmaterialien mit patienteneigenem flüssigem PRF/PRGF biologisiert (Abb. 4). Nach Einsetzen der fibrinvermittelten Vernetzung innerhalb der Plasmamatrix entsteht ein stabilisierter Kollagenmembran-PRF bzw. ein Knochenersatzmaterial-PRF-Clot (Abb. 5). Dieser ist manuell form- und schneidbar und lässt sich somit optimal an die individuelle Defektanatomie anpassen. Neben allen beschriebenen Vorteilen der verbesserten Geweberegeneration und Wundheilung führt die Fibrinvernetzung zusätzlich zu einer deutlich verbesserten operativen Handhabung der verwendeten Biomaterialien. Eine deutliche Verbesserung



Abb. 4a – Vermischte Knochenespäne mit bovinem Knochenersatzmaterial im Mischungsverhältnis 50/50

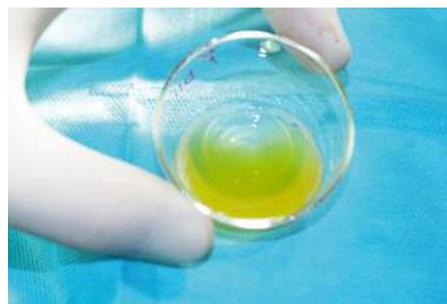


Abb. 4b – Wachstumsfaktorreiches zentrifugiertes Blutplasma



Abb. 4c – Vermischung des PRGF mit dem Knochenersatzmaterial-Knochenespäne-Augmentat zu einem form- und schneidbaren Clot

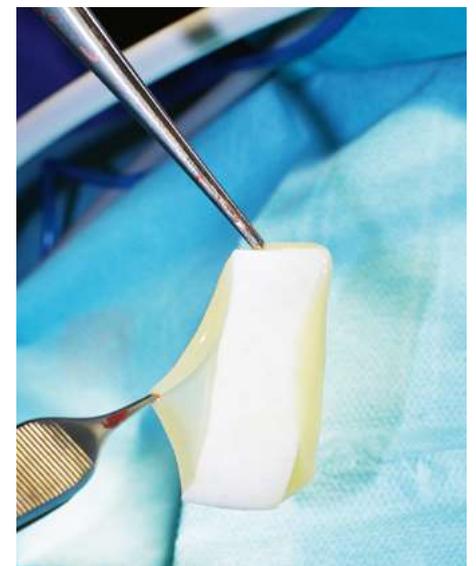


Abb. 4d – Biologisierte, d. h. mit PRGF benetzte Kollagenmembran zur Abdeckung des Knochenaugmentats



Abb. 3 – Gepresste PRF-Membran zur Weichgewebsaugmentation oder zur Abdeckung nach Knochenaugmentationen, in der Parodontalchirurgie oder zur Defektdeckung im Rahmen der bisphosphonatassoziierten Knochennekrosetherapie

alle Fotos: Praxis für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie Dresden

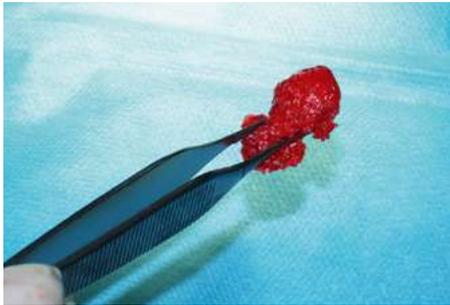


Abb. 5 – Vernetztes Fibrin stabilisiert das Knochenersatzmaterial-Knochenspäne-Gemisch und kann individuell an die Defektanatomie angepasst werden

des Implantatüberlebens nach Sinuslift-Knochenaugmentation mit PRF ließ sich allerdings noch nicht nachweisen.^{9,10}

Patientenspezifische Titangitter

Eine Sonderform der GBR-Technik stellen patientenindividuelle Titangitter dar. Mit diesen spezifischen Gittern gelingen dauerhafte, vor allem vertikale Augmentationen, die sich derzeit mit kaum einer anderen Technik realisieren lassen. Titangitter haben eine lange Ge-

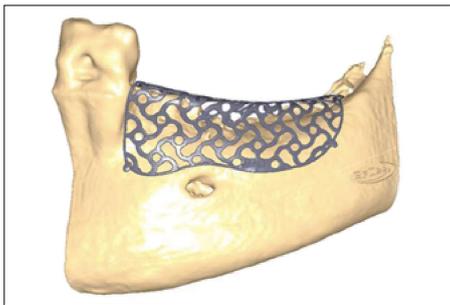


Abb. 6 a – Virtuelle Darstellung des Titangitters zur Rekonstruktion des Knochendefekts im linken Unterkiefer

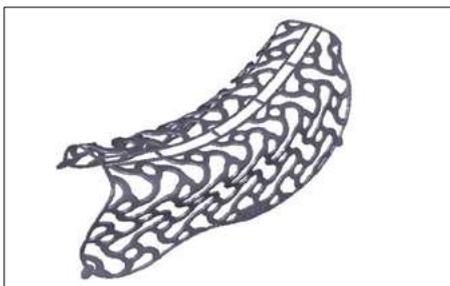


Abb. 6 b – Visualisierung des präformierten patientenspezifischen Titangitters

schichte in der rekonstruktiven Chirurgie. Allerdings war es immer schwierig, die starre Mesh-Struktur dreidimensional zu formen und intraoperativ an die individuelle Anatomie anzupassen. Die Innovation liegt in der präoperativen, virtuellen Ausformung der Gitterstruktur. Die Titangitter werden im Lasersinterverfahren additiv Schicht für Schicht hergestellt und basieren auf DICOM-Daten, zum Beispiel aus vorherigen DVT-Untersuchungen. Diese dreidimensionalen Datensätze werden an die Gitter herstellende Firma (z. B. ReOss GmbH, Deutschland) übertragen. Sie kann mithilfe des aktuellen Datensatzes das Augmentationsvolumen zwischen der Defektregion und der idealisierten Knochenkontur basierend auf statischen Formmodellen errechnen und in der Gitterform darstellen (Abb. 6). Der Behandler erhält wenige Tage nach dem Übertragen des Patienten-DVT-Datensatzes einen Designvorschlag als 3D-PDF-Datei. Mögliche Änderungswünsche können, sofern erforderlich, an den Hersteller übermittelt werden. Der Hersteller wird die Gitterform den Änderungswünschen anpassen und einen Korrekturvorschlag zur Freigabe übermitteln.

Im Anschluss wird das Titangitter hergestellt, an den Behandler geschickt und in der Praxis nach Herstellervorgaben sterilisiert. Das operative Einbringen des Gitters ist bezüglich der Schnittführung, der Lappenpräparation und der Dimensionierung ausgesprochen techniksensitiv und kann daher nur dem sehr erfahrenen Anwender empfohlen werden. Als Schnittführung sieht das Konzept eine midcrestale Inzision zentral in der befestigten Gingiva vor. Allerdings haben sich ebenso nach vestibulär verlagerte Inzisionen mit Präparationen weit im Bereich der beweglichen Gingiva bewährt, um das Risiko möglicher postoperativer Nahtdehiszenzen zu reduzieren. Eine Periostschlitung im Rahmen des mehrschichtigen plastischen Wundverschlusses ist häufig notwendig, insbesondere bei midcrestaler Inzision.

Dabei ist besonders im Unterkiefer auf benachbarte nervale Strukturen, wie auf Äste des N. mentalis bzw. crestal und lingual des Unterkiefers auf den N. lingualis zu achten.

Nach Einsetzen des Gitters zur Lagekontrolle wird der Hohlraum zwischen knöchernem Defekt und Gitteroberfläche mit einem geeigneten Knochenersatzmaterial aufgefüllt und das Gitter wieder in der korrekten anatomischen Lage repositioniert (Abb. 7). Die klinische Passgenauigkeit der Titangitter ist beeindruckend. Die anschließende Fixation erfolgt mit meistens zwei Osteosyntheseschrauben. Die stabile Lage ist ebenso von lingual bzw. von palatinal zu kontrollieren und gegebenenfalls mit einer weiteren Schraube sicherzustellen. Als geeignetes Knochenersatzmaterial hat sich, wie bereits im Abschnitt PRF/PRGF beschrieben, ein Gemisch aus bovinem Knochenersatzmaterial, autologen Knochenspänen und wachstumsfaktorreicher Fibrinmatrix (PRF/PRGF) etabliert. Dabei ist darauf zu achten, dass nach Befüllen des Gitters und Wiedereinsetzen desselben die gleiche Positionierung wie während der Lagekontrolle erreicht wird, da sich sonst Titanenden des Gitters aufbiegen können und dies zu einer Traumatisierung der darüber liegenden Gingiva führen kann. Um dieses Risiko zu reduzieren, kann das Gitter auch im positionierten Zustand befüllt werden. Dies ist aber deutlich zeitintensiver und erfordert spezielle Instrumente.

Die Abdeckung der Gitter mit einer zu-



Abb. 7 – Befüllung des Titangitters mit dem PRGF-Knochenersatzmaterial-Knochenspäne-Gemisch

sätzlichen resorbierbaren Membran sowie der spannungsfreie Wundverschluss verringern die Gefahr sekundärer Perforationen der bedeckenden Schleimhaut. Zusätzlich führt eine Membran aus einer Kollagenmatrix zu einer Weichgewebsaugmentation und verbessert somit eine in vielen Fällen später notwendige Vestibulumplastik. Da die simultane Hart- und Weichgewebsaugmentation in Kombination mit einer postoperativen Schwellung in Einzelfällen zu einer beträchtlichen Weichgewebshöhe im Seitenzahnbereich führen kann, sollte auf eine mögliche Traumatisierung durch die Gegenbezahnung geachtet werden. Das Anfertigen einer Aufbisschiene

kann in diesen Fällen empfehlenswert sein.

Die Einheilzeit des Knochenersatzmaterials beträgt je nach Volumen mehrere Monate. Die Entfernung des Gitters kann in den meisten Fällen nach etwa 4–5 Monaten erfolgen. Eine simultane Implantatinsertion mit der Entfernung des Gitters sollte vermieden werden, da die Entfernung der Titanbestandteile häufig mit einer nicht unerheblichen Traumatisierung des Weichgewebes, insbesondere des Periosts, verbunden ist. Dahingegen kann ein verlängertes Belassen des Titangitters zu einer erschwerten Entfernung führen, da Gitterränder zunehmend von Knochen über-

wachsen werden. Des Weiteren führt eine fortschreitende Mineralisierung des Knochens nach der Entfernung des Gitters zu einer weiteren Verbesserung des Implantatlagers. Ein solides Knochenlager ist eine elementare Grundlage für den Langzeiterfolg von implantatgetragenen Zahnersatz.

Nach vollständiger knöcherner und weichgewebiger Abheilung kann die Implantation mit korrekter Positionierung und der Anatomie angepasster Dimensionierung erfolgen. Dabei soll die Lastübertragung auf den Kieferabschnitt gesichert und eine Überlastung von Implantaten vermieden werden (Abb. 8).



Abb. 8a – Klinische Situation mit ausgeprägter Alveolarkamatrophie im III. Quadranten



Abb. 8d – Intraoperative Darstellung des eingebrachten und befüllten Titangitters und Fixation mit monokortikalen Osteosyntheseschrauben



Abb. 8b – Darstellung des ausgeprägten Knochendefizits Regio 34–37. Der Anhänger 34 wurde präoperativ entfernt.



Abb. 8e – Postoperative Panoramaschichtaufnahme nach Knochenaugmentation mit dem ReOss-Titangitter



Abb. 8c – Präoperative Panoramaschichtaufnahme



Abb. 8f – Suffiziente Knochenaugmentation und Insertion von zwei Titan-Implantaten in Position 34 und 36

Sowohl die GBR-Technik mit den verwendeten PRF/PRGF und blutplasma-stabilisierten Knochenersatzmaterialien als auch die patientenindividuell hergestellten Titangitter erweitern das Portfolio des Implantologen hinsichtlich der kombinierten horizontalen und vertikalen Augmentation von ausgeprägten dreidimensionalen Knochendefekten. Darüber hinaus verbessern sie das operative Handling und tragen somit zu Operationszeit verkürzenden und vorhersagbareren Eingriffen bezüglich der Knochenregeneration bei. Die Verwendung von PRF bzw. PRGF hat einen nachweislich positiven Einfluss auf die Knochen- und Weichgeweberegeneration, auf die Gefäßneubildung und die Epithelisierung der angrenzenden Gingiva.

*Dr. med. Ellen John
Prof. Dr. med. habil. Dr. med. dent.
Matthias Schneider
PD Dr. med. Dr. med. dent.
Gido Bittermann*

*Fachärztin und Fachärzte für Mund-
Kiefer-Gesichts chirurgie
Praxis für Mund-Kiefer-Gesichts-
chirurgie Dresden*

Literaturverzeichnis bei der Autorin und den Autoren