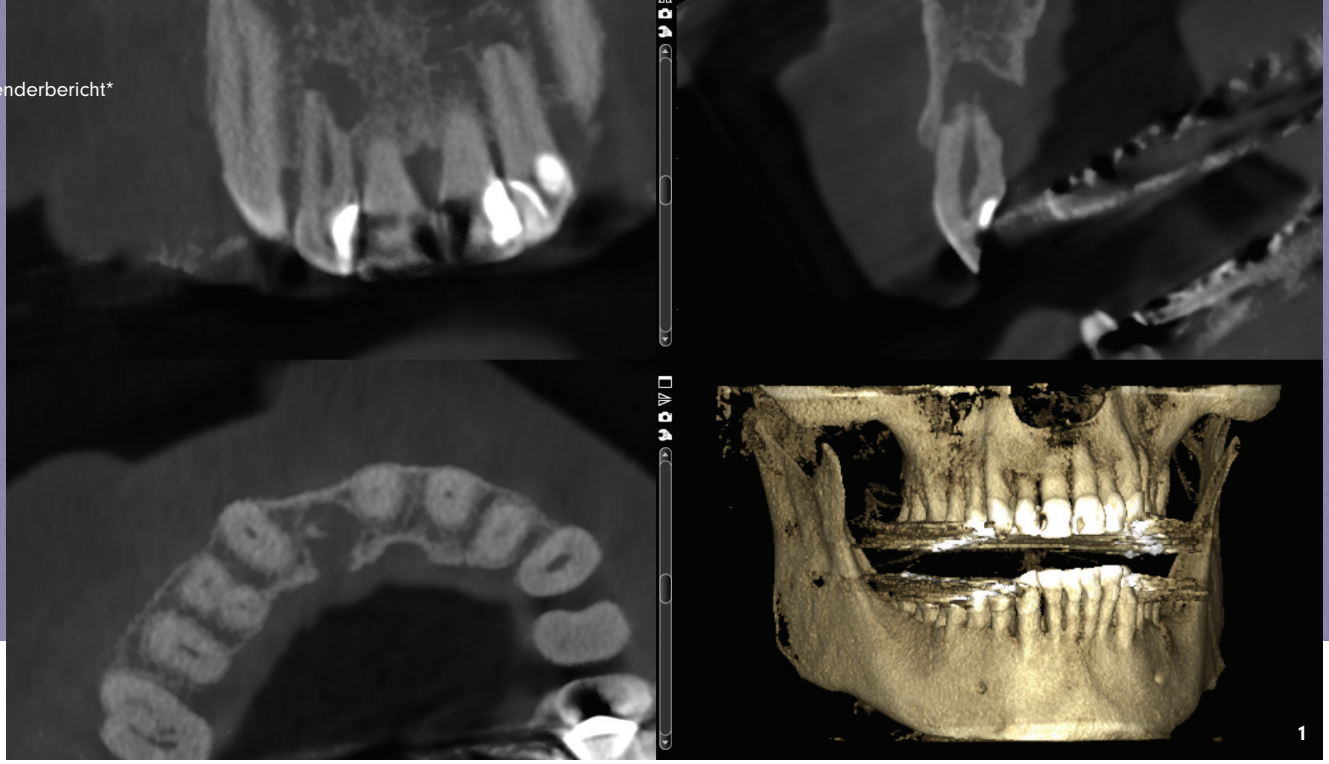


1

Die Entwicklung von Biokeramiken – Teil 2

In Teil 2 dieses Anwenderberichts werden die Eigenschaften von Biokeramiken im Detail analysiert und die wissenschaftliche Evidenz bewertet, um ein umfassendes Verständnis der Stärken und potenziellen Limitationen moderner biokeramischer Sealer und Puttys zu vermitteln.

Dr. Günther Stöckl

Biokeramische Sealer repräsentieren einen Paradigmenwechsel von einer rein mechanischen Versiegelung hin zu einem bioaktiven Therapiekonzept, wobei sie darauf ausgelegt sind, den periapikalen Heilungsprozess aktiv zu unterstützen und eine physikochemische Verbindung mit dem Dentin einzugehen.[1] Im Zentrum der biologischen Merkmale (Grafik 1), die biokeramische Sealer von anderen Materialklassen abgrenzen, stehen:

1. *Biomineralisation:* Biokeramische Sealer besitzen bioaktives Potenzial, also die Fähigkeit, durch die Freisetzung von Kalzium- und Hydroxidionen ein hochalkalisches Milieu zu schaffen, das die Präzipitation von Hydroxylapatit an der Grenzfläche zum Dentin induziert.[7] Dieser Prozess bildet die Grundlage für eine chemische Anbindung an die Hartsubstanz und einen nahtlosen, dichten Verschluss.[5]
2. *Biokompatibilität:* Zahlreiche In-vivo-Studien belegen, dass Kalziumsilikat-Sealer im Vergleich zu Epoxidharz-Sealern eine geringere Entzündungsreaktion und Zytotoxizität hervorrufen und die Regeneration des periapikalen Gewebes fördern.[5]
3. *Antimikrobielle Wirkung:* Der langanhaltend hohe pH-Wert schafft ein Milieu, das für viele endodontopathogene Keime, einschließlich des therapieresistenten *Enterococcus faecalis,* feindlich ist und somit zur nachhaltigen Desinfektion des Kanalsystems beiträgt.[3] Die Kombination aus optimierter Fließfähigkeit, kleiner Partikelgröße und bioaktiver Interaktion führt zu einer überlegenen Adaptation an die Kanalwände und einer tieferen Penetration in die Dentintubuli, als dies mit traditionellen Sealern wie AH Plus zu erreichen ist.[2] Die Analyse der Füllqualität und des prozentualen Hohlraumanteils, oft untersucht mittels hochauflösender Mikro-Computertomografie, liefert hierzu quantitative Evidenz.[6]

Biokeramische Puttys

Biokeramische Puttys unterscheiden sich von den fließfähigen Sealern primär durch ihre rheologischen Eigenschaften und ihr spezifisches klinisches Anwendungsprofil. Der Begriff „Putty" beschreibt ihre charakteristische dicke, formbare und

* Die Beiträge in dieser Rubrik stammen von den Anbietern und spiegeln nicht die Meinung der Redaktion wider.

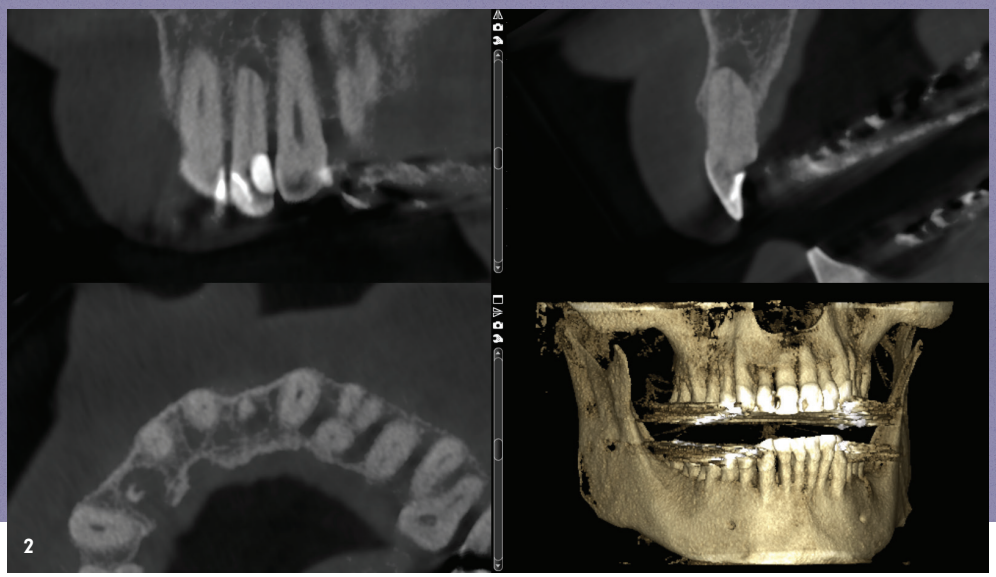
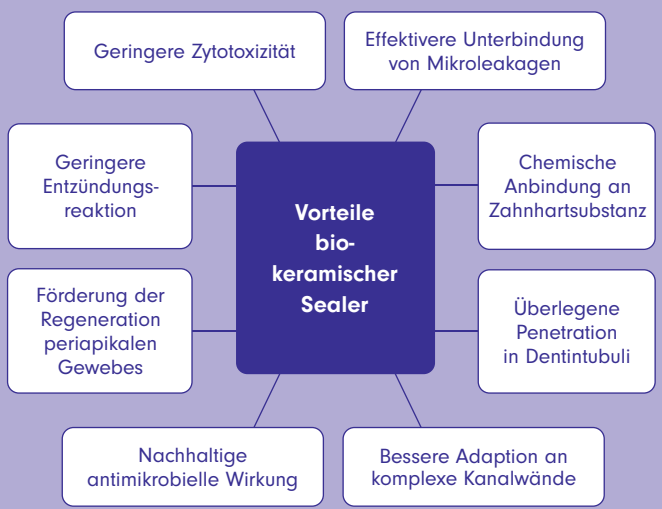


Abb. 1+2: Die dreidimensionale Diagnostik zeigte eine große Endo-Paro-Läsion an Zahn 12 mit bereits erfolgter Resorption der Wurzel. An Zahn 22 zeigte sich eine apikale Läsion und eine Perforation im mittleren Wurzeldrittel.

* Die Beiträge in dieser Rubrik stammen von den Anbietern und spiegeln nicht die Meinung der Redaktion wider.

nicht fließende Konsistenz. Diese Beschaffenheit ist für ihre Indikationsgebiete von entscheidender Bedeutung, denn dabei werden die Materialien gezielt in direkten Kontakt mit vitalem periradikulärem oder pulpalem Gewebe gebracht, was höchste Anforderungen an ihre biologische Verträglichkeit und ihr regeneratives Potenzial stellt.[8] Die Entwicklung biokeramischer Puttys ist als konsequente Weiterentwicklung des Mineral-Trioxid-Aggregats (MTA) zu verstehen, das lange als Goldstandard für endodontische Reparaturmaßnahmen galt.[17] Trotz seiner nachgewiesenen Fähigkeit, Hartgewebsreparatur zu induzieren, war die klinische Anwendung von MTA mit signifikanten Nachteilen verbunden. Hierzu zählten eine schwierige Handhabung durch das manuelle Anmischen, eine protrahierte Abbindezeit, das Potenzial für die Freisetzung von Schwermetallen sowie ästhetisch kompromittierende Zahnverfärbungen, die auf das enthaltene Röntgenkontrastmittel Bismutoxid zurückzuführen waren.[17,8] Moderne biokeramische Puttys wie Komet BioRepair wurden gezielt entwickelt, um diese Limitationen zu überwinden. Während die chemische Basis aus Kalziumsilikaten beibehalten wurde, führten entscheidende Modifikationen zu einer signifikant verbesserten klinischen Performance. Der Austausch von Bismutoxid durch Zirkoniumoxid oder Tantaloxid als Röntgenkontrastmittel verhindert effektiv Zahnverfärbungen. Ferner beschleunigt eine optimierte, feinere Partikelverteilung die Hydratationsreaktion, was die Abbindezeiten verkürzt und die mechanischen Eigenschaften verbessert. Voreingemischte, injizierbare Darreichungsformen vereinfachen zudem die Applikation erheblich und erhöhen die prozedurale Standardisierung.[17] Das klinische Anwendungsspektrum biokeramischer Puttys ist breit (Grafik 2). In all diesen Situationen ist der direkte Kontakt des Materials mit dem Gewebe ein integraler Bestandteil der Therapie. Der klinische Erfolg ist daher untrennbar mit der Fähigkeit des Mate-

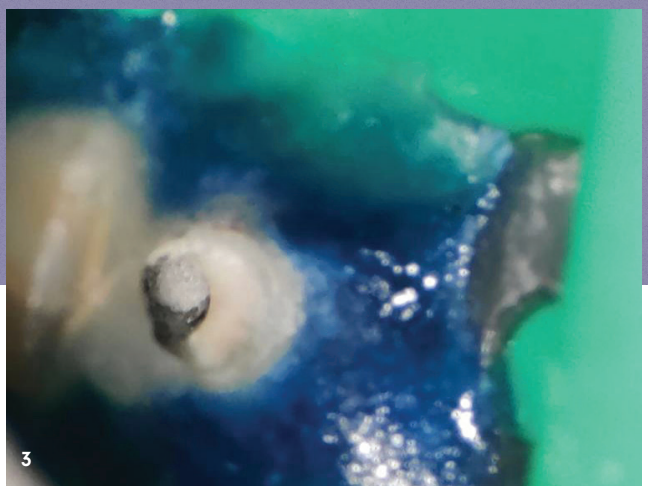
Grafik 1



Grafik 2



Grafiken: © OEMUS MEDIA AG (Quelle: Dr. Günther Stöckl)



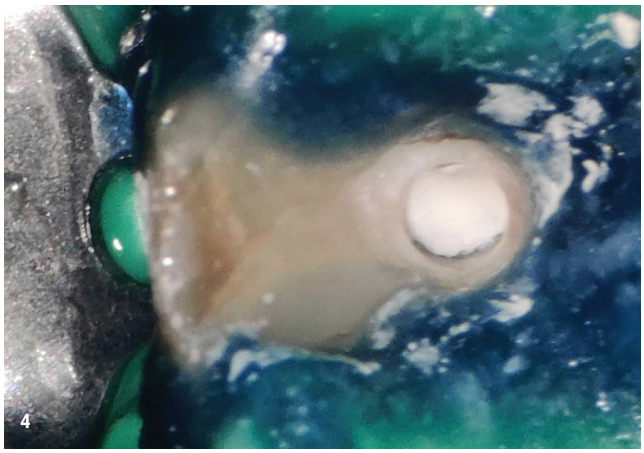


Abb. 3+4: Nach durchgeführter chemomechanischer Reinigung erfolgte an Zahn 12 die komplette Versiegelung des Kanalsytems mit Komet BioRepair (Komet Dental). Koronal wurde das Material mit einem lichthärtenden biokeramischen Material überdeckt, um in derselben Sitzung den dentinadhäsiven Verschluss applizieren zu können.

rials verbunden, den Heilungsprozess aktiv zu unterstützen. Eine unzureichende Biokompatibilität oder Zytotoxizität kann zelluläre Prozesse hemmen und die Geweberegeneration kompromittieren.[8] Biokeramische Puttys nutzen hierfür den bereits beschriebenen Mechanismus: Die Freisetzung von Kalzium- und Hydroxidionen generiert ein hochalkalisches Milieu, das die Biomineralisation – die Präzipitation von Hydroxylapatit – an der Grenzfläche zum Gewebe induziert.[17,19] Dieser Prozess schafft eine physikochemische Anbindung und einen hermetischen, biologischen Verschluss, der eine bakterielle Infiltration verhindert und ein optimales Umfeld für die Geweberegeneration etabliert.[17,20] Die hohe biologische Leistungsfähigkeit biokeramischer Puttys ist durch zahlreiche In-vitro-Studien belegt. Untersuchungen mit menschlichen parodontalen Ligament-Stammzellen (hPDLSCs), die eine Schlüsselrolle im periapikalen Heilungsprozess spielen, demonstrieren für Materialien wie Bio-C Repair und TotalFill BC RRM Putty eine exzellente Zytokompatibilität. Zellviabilität und -migration waren unter dem Einfluss dieser Zemente mit den Werten unbelasteter Kontrollgruppen vergleichbar. Rasterelektronenmikroskopische Analysen bestätigten zudem eine ausgeprägte Zelladhäsion mit physiologischer Morphologie auf der Materialoberfläche. Über die reine Biokompatibilität hinaus wurde gezeigt, dass diese Puttys die osteo- und zementogene Differenzierung von hPDLSCs aktiv fördern, was ihr regeneratives Potenzial direkt untermauert. Diese bioaktiven Eigenschaften qualifizieren sie als biologisch adäquate Materialien für anspruchsvolle regenerative Verfahren wie die retrograde Obturation.[15]

Vergleichende Studien

Putty-Formulierungen sind nicht bloß viskösere Äquivalente von Sealern. Ihre Zusammensetzung wurde gezielt für den direkten Gewebekontakt und eine maximierte Bioaktivität optimiert. Eine Untersuchung, die Bio-C Sealer mit Bio-C Re-



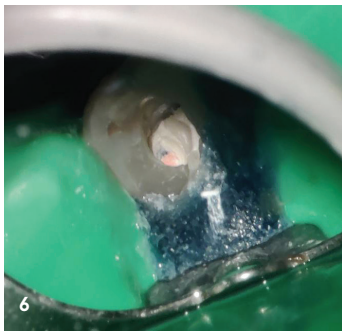
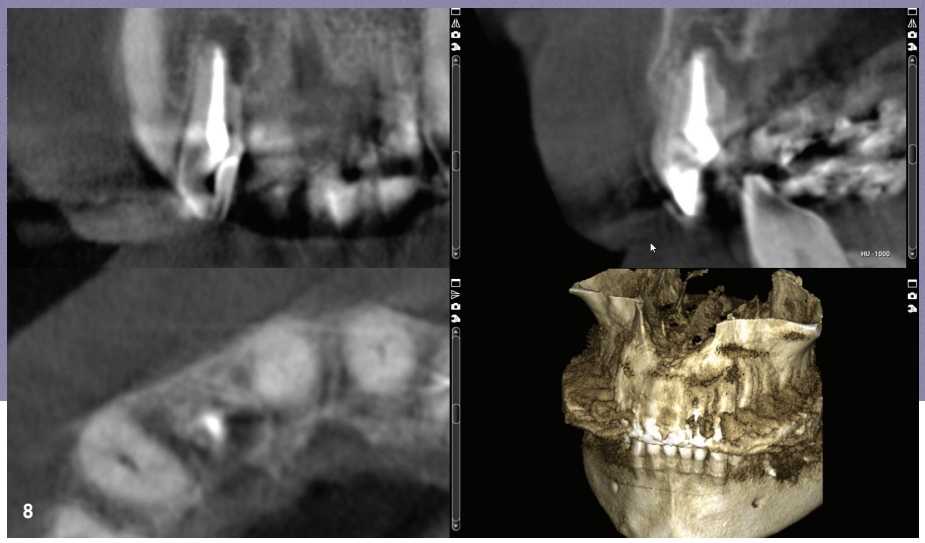




Abb. 5–7: Nach erfolgter chemomechanischer Reinigung erfolgte die Obturation mit dem biokeramischen Material Komet BioSeal (Komet Dental), und die Perforation wurde mit Komet BioRepair (Komet Dental) verschlossen. Koronal wurde das Material mit einem lichthärtenden biokeramischen Material überdeckt, um in derselben Sitzung den dentinadhäsiven Verschluss applizieren zu können.

* Die Beiträge in dieser Rubrik stammen von den Anbietern und spiegeln nicht die Meinung der Redaktion wider.



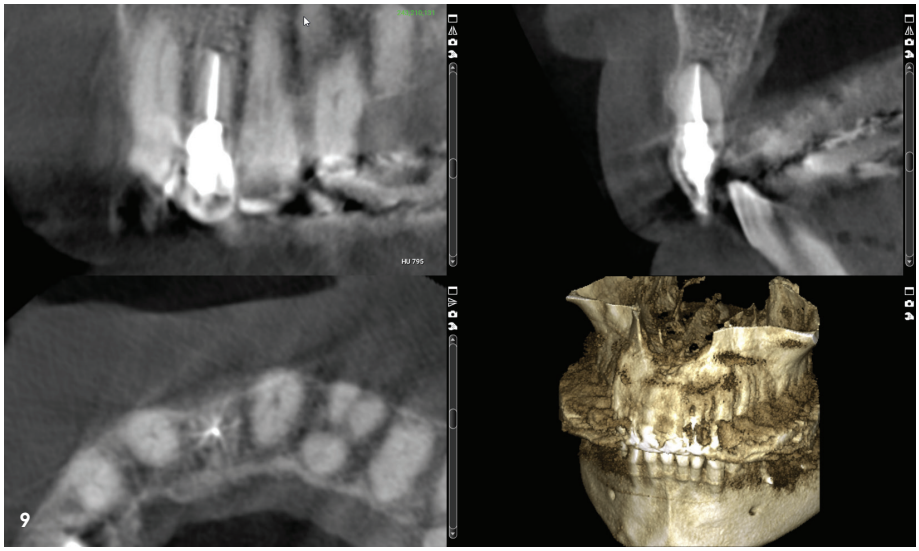


Abb. 8+9: Die radiologische Kontrolle nach sieben Monaten zeigte eine Verkleinerung beider Läsionen und belegt eindrucksvoll das hervorragende biologische Verhalten von Komet BioSeal und Komet BioRepair.

pair (einem Putty) verglich, offenbarte signifikante Unterschiede in der zellulären Antwort. Während der unverdünnte Sealer eine signifikante Reduktion der Viabilität, des Überlebens und der Migration von hPDLSCs im Vergleich zur Kontrolle verursachte, zeigte der Putty eine deutlich überlegene Biokompatibilität. Mikroskopisch wurde eine abundante Adhäsion vitaler Zellen auf der Oberfläche des Bio-C Repair Puttys beobachtet, während auf dem Sealer nur eine moderate Zellbesiedlung stattfand. Die energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) untermauerte diese Beobachtung auf chemischer Ebene: Der Putty wies höhere Konzentrationen an Kalzium (Ca) und Sauerstoff (O) auf, wohingegen der Sealer höhere Anteile an Zirkonium (Zr) und Silizium (Si) enthielt.[8] Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Formulierung von Puttys gezielt auf eine maximierte Freisetzung bioaktiver Ionen (insbesondere Ca^{2+}) und die Schaffung einer optimalen topografischen und chemischen Oberfläche für die Zellinteraktion ausgerichtet ist, um reparative Prozesse bestmöglich zu fördern.

Fazit

Als entscheidendes Alleinstellungsmerkmal biokeramischer Werkstoffe wurde die Bioaktivität identifiziert: Die freigesetzten Ionen induzieren die Präzipitation von Hydroxylapatit an der Grenzfläche zum Dentin. Dieser Prozess der Biomineralisation schafft eine chemische Anbindung an die Zahnhartsubstanz und ermöglicht einen hermetischen Verschluss, der eine rein mechanische Verankerung deutlich übersteigt.
Die biokeramischen Puttys stellen eine optimierte Materialklasse gezielt für den direkten Gewebekontakt für reparative und regenerative Indikationen dar. Als Weiterentwicklung des Mineral-Trioxid-Aggregats (MTA) überwinden sie dessen klinische Limitationen wie die schwierige Handhabung, lange Abbindezeiten und das Risiko von Zahnverfärbungen. Die wissenschaftliche Evidenz belegt ihre herausragende Biokompatibilität und ihr regeneratives Potenzial. Putty-Formulierungen fördern nachweislich die Adhäsion, Proliferation und zementogene Differenzierung von Stammzellen des parodontalen Ligaments und unterstützen somit aktiv die Geweberegeneration. Vergleichende Analysen legen zudem nahe, dass ihre chemische Zusammensetzung auf eine maximierte Freisetzung bioaktiver Ionen und eine optimale Zellinteraktion ausgerichtet ist, was ihre Überlegenheit in direktem Gewebekontakt erklärt.

Bilder: © Dr. Günther Stöckl

kontakt.
Dr. med. dent. Günther Stöckl
Max-von-Müller-Straße 33
84056 Rottenburg
info@zahnerhaltung-rottenburg.de

Infos zum Autor

Literatur

EndoFIT-Kurse

* Die Beiträge in dieser Rubrik stammen von den Anbietern und spiegeln nicht die Meinung der Redaktion wider.