

Histologische und histomorphometrische Auswertung der Knochenreaktion um ein Hydroxylapatit-beschichtetes Implantat, das nach 15 Jahren entfernt wurde



Giovanna Iezzi, DDS, PhD*

Sergio Orlandi, MD, DDS**

Gabriele Pecora, MD, DDS**

Adriano Piattelli, MD, DDS***

Bezüglich der langfristigen Haltbarkeit der HA-Beschichtung (Hydroxylapatit) auf Dentalimplantaten wurden Befürchtungen geäußert. Dabei wird angenommen, dass durch die Resorption des HA zwischen dem Implantat und dem Knochen ein Spalt entstehen könnte, der zur mechanischen Instabilität und zum Misserfolg des Implantats führt. Ein schraubenförmiges HA-beschichtetes Implantat wurde entfernt, weil das Abutment nach 15 Jahren in Funktion gebrochen war. Das Implantat wurde histologisch untersucht. Am Interface zum Implantat lag kompakter, reifer Knochen mit kleinen Markbereichen vor. Unter höherer Vergrößerung zeigte sich, dass nur wenige Osteoblasten vorhanden waren. Es lagen keine multinukleären Riesenzellen vor. Das Vorhandensein vieler sekundärer Osteone in der Nähe der Implantatoberfläche und vieler gegenläufiger Linien waren Anzeichen für ein Knochenremodelling. Am Interface zeigten sich kein fibröses und kein Granulationsgewebe. Die HA-Beschichtung war vollständig resorbiert. Nur $5,1\% \pm 2,3\%$ der Implantatoberfläche waren von der HA-Schicht bedeckt. Der prozentuale Knochen-Implantat-Kontakt betrug $77,6\% \pm 5,1\%$. Die fast vollständige Resorption der HA-Schicht hatte die Osseointegration anscheinend nicht beeinträchtigt. Das Implantat war osseointegriert und funktionell ausreichend. Die Resorption der HA-Schicht war also wahrscheinlich klinisch kaum signifikant. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2009;29:99–105.)

* Forscher, Dental School, Universität Chieti-Pescara, Chieti, Italien.

** Privatpraxis, Rom, Italien.

*** Professor für Oralpathologie und Medizin, Dental School, University of Chieti-Pescara, Chieti, Italien.

Korrespondenz an: Prof. Adriano Piattelli, Via F. Sciucchi 63, 66100 Chieti, Italien;
Fax: 011-39-0871-3554076; E-Mail: apiattelli@unich.it

Berichte über beim Menschen entfernte, erfolgreich osseointegrierte Implantate sind in der Literatur äußerst selten, insbesondere Berichte über Implantate mit einer Funktionszeit von mehr als einem Jahr¹. Die histologischen Befunde zu solchen Implantaten liefern sehr nützliche Informationen zu den Eigenschaften des Knochen-Implantat-Interface². Es wurde vorgeschlagen, die Titanoberfläche mit einer Schicht aus Hydroxylapatit (HA) zu versehen, um eine bessere Osseointegration zu erhalten, sowie ein rascheres Knochenattachment, eine reduzierte Einheilungszeit, eine stärkere Verbindung zwischen Knochen und Implantat, eine bessere Verteilung der auf den Knochen einwirkenden Kräfte³⁻⁵, einen besseren Erhalt der Höhe des Knochenkamms und bessere Möglichkeiten der gesteuerten Knochenregeneration⁶. In einer Finite-Elemente-Analyse stellte sich heraus, dass ein schraubenförmiges HA-beschichtetes Implantat die gleichmäßigste Druckverteilung im Knochen bewirkte⁷. Außerdem wurde darüber berichtet, dass HA den Mikrospace überbrücken kann und dass HA-beschichtete Implantate verwendet werden können, wenn Knochenqualität und Implantate nicht gut aufeinander abgestimmt werden

können³. In klinischen Studien zu HA-beschichteten Implantaten wurde eine hohe Erfolgsrate gezeigt⁸. Schwartz-Arad et al.⁹ stellten nach 12 Jahren für mit HA-beschichtete Implantate eine signifikant höhere Überlebensrate fest als für kommerziell reine Titanimplantate. Jeffcoat et al.¹⁰ berichteten, dass im Lauf von fünf Jahren die Erfolgsrate für die HA-beschichteten Implantate günstiger war. Mit Titanplasma-spray beschichtete Implantate wiesen eine 5-Jahres-Erfolgsrate von 86,7 % auf und HA-beschichtete Implantate eine Erfolgsrate von 94,3 %¹¹. Die kumulativen Überlebensraten für HA-beschichtete Implantate lagen nach fünf Jahren bei 94,4 % und nach 10 Jahren bei 92,8 %. Die kumulativen Erfolgsraten lagen nach fünf Jahren bei 89,9 % und nach 10 Jahren bei 54 %¹². In einer weiteren Studie wurde von einer Erfolgsrate von 82 % für zylindrische HA-beschichtete Dentalimplantate nach 10 Jahren berichtet¹³. Kupferschmidt et al.¹⁴ beobachteten einen stärkeren Knochenabbau bei HA-beschichteten Implantaten, als sie die interimplantäre Knochenkammhöhe bei sofort und verzögert eingesetzten Implantaten auswerteten.

Im orthopädischen Bereich zeigten HA-beschichtete Implantatstiele ausgezeichnete klinische und röntgenologische Ergebnisse, und die HA-Beschichtung verbesserte anscheinend die langfristige Stabilität nicht zementierter Femur-Implantate¹⁵. Bei porösen Titanlegierung-/HA-Typ-Implantaten¹⁶ wurde eine wesentlich umfangreichere und qualitativ bessere Osseointegration nachgewiesen. In einer anderen Studie hingegen war die Verwendung von HA-beschichteten orthopädischen Implantaten nicht mit einer Risikominderung verbunden¹⁷.

In histologischen Studien wurde gezeigt, dass HA-beschichtete Im-

plantate nach sieben Jahren Funktion auch weiterhin einen adäquaten prozentualen Knochen-Implantat-Kontakt (BIC) aufweisen⁸. Allerdings wurden Bedenken wegen des Abbaus der Beschichtung im Laufe der Jahre geäußert. Dies könnte die Verbindung zum Knochen schwächen und möglicherweise zum Implantatmisserfolg führen².

Möglicherweise kann durch die Resorption des HA zwischen dem Implantat und dem Knochen ein Spalt entstehen, der zur mechanischen Instabilität führt¹⁸. Außerdem gibt es Bedenken wegen der langfristigen Beständigkeit der Beschichtung in vivo¹⁹, da die Metalloberfläche unter der Beschichtung freigelegt werden könnte, wenn die Beschichtung sich auf- oder ablöst²⁰. Es wurde angenommen, dass sich dies nachteilig auf die Knochenanlagerung am Implantat und damit auf die Stabilität des Knochen-Implantat-Interface auswirken könnte²⁰. HA-Beschichtungen sind reaktiv. Sie können sich auflösen und ihre Struktur verlieren, vor allem in einer sauren Umgebung¹⁹. Außerdem könnte der Zerfall der Beschichtung zur Bildung von Partikeln führen und so eine phagozytische Reaktion der Makrophagen²⁰ oder eine Fremdkörperreaktion¹⁹ auslösen. Weiterhin gingen Implantatmisserfolge mit dem Zerfall der Beschichtung einher. In Studien zu fehlgeschlagenen HA-beschichteten Stielen von orthopädischen Femur-Implantaten wurden Bereiche mit aufgelöster und abgetrennter Beschichtung festgestellt²⁰. Des Weiteren ist zu vermuten, dass die HA-Beschichtung sich immer weiter auflöst, je länger sie in situ verbleibt¹⁹.

In der vorliegenden Studie wird die histologische und histomorphometrische Auswertung des periimplantären Knochens um ein HA-beschichtetes Implantat vorgestellt,

das nach der Fraktur des Abutments nach 15 Jahren Funktion entfernt worden war.

Material und Methode

Klinische Anamnese und chirurgisches Verfahren

Eine 51-jährige Frau wurde zur Implantatversorgung im Bereich der Prämolare und Molare links im Oberkiefer an eine Privatpraxis in Rom überwiesen. Es wurden zwei HA-beschichtete Implantate (THD, Bausch & Lomb) inseriert. Der koronale Rand der Implantate wurde auf der Höhe des Knochenkamms platziert und der Lappen wurde mit Matratzen- und Einzelknopfnähten fixiert.

Die Implantate waren klinisch osseointegriert. Sie funktionierten 15 Jahre gut und problemlos. Nach 15 Jahren kam die Patientin wegen der Fraktur des Abutments eines der Implantate wieder in die Praxis. Das Implantat war nicht mobil. Die peri-apikalen Röntgenbilder zeigten 1 mm krestale Knochenresorption. Das Implantat wurde unter reichlicher Spülung mit Salzlösung mit einem Trepanbohrer entnommen.

Bearbeitung des Biopsats

Das Implantat und das umliegende Gewebe wurden sofort in 10 % gepuffertem Formalin gelagert und bearbeitet, um dünne, beschliffene Schnitte zu erhalten. Dazu wurde das automatische Precise-System (Assing)²¹ verwendet. Das Biopsat wurde in einer aufsteigenden Alkoholreihe dehydriert und dann in Glycolmethacrylat (Technovit 7200, VLC, Kulzer) eingebettet. Nach der Polymerisation wurde das Biopsat entlang der Hauptachse des Im-

plantats längs mit einer Hochpräzisions-Diamanttrennscheibe in Schnitte von 150 µm geteilt und dann auf etwa 30 µm geschliffen. Es wurden drei Schnitte angefertigt und anschließend mit saurem Fuchsin und Toluidinblau eingefärbt. Um den Grad der Knochenmineralisierung untersuchen zu können, wurde eine zweite Färbung mit von Kossa und saurem Fuchsin vorgenommen. Ein Schnitt wurde nach dem Polieren für 30 Minuten in Silbernitrat getaucht und dann dem Sonnenlicht ausgesetzt. Anschließend wurden die Schnitte unter Leitungswasser gewaschen, fünf Minuten in basisches Fuchsin getaucht, gewaschen und auf einen Objektträger aufgebracht.

Histomorphometrie

Die histomorphometrische Analyse des BIC erfolgte mit einem Lichtmikroskop (Leitz Laborlux), das mit einer hochauflösenden Videokamera (3CCD, JVC KY-F55B, JVC) verbunden und an einen Monitor und Computer (Intel Pentium III 1200 MMX, Intel) angeschlossen war. Zu diesem optischen System gehörten ein Grafiktablett (Matrix Vision) und ein Histometrie-Softwarepaket mit einem Bildanalyseprogramm (Image Pro Plus, Media Cybernetics Inc, Immagini e Computer). Die Prozentzahlen für die Kontakte wurden durch die Auswertung der gesamten Implantatoberfläche gewonnen.

Ergebnisse

Bei geringer Vergrößerung war am Interface zum Implantat kompakter, reifer Knochen mit kleinen Markbereichen zu erkennen (Abb. 1). Die höhere Vergrößerung zeigte, dass



Abb. 1 Geringe Vergrößerung. Es liegt ein sehr hoher BIC vor (saures Fuchsin/Toluidinblau; x 10).

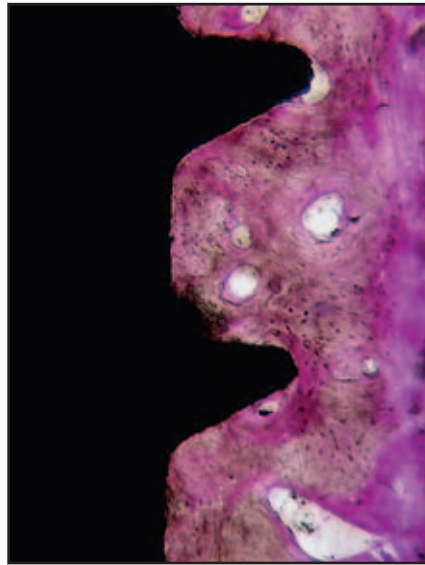


Abb. 2 Bei der höheren Vergrößerung sind am Knochen-Implantat-Interface keine Spalten oder Bindegewebe zu erkennen. Nahe der Implantatoberfläche sind Osteone vorhanden (saures Fuchsin/Toluidinblau; x 40).

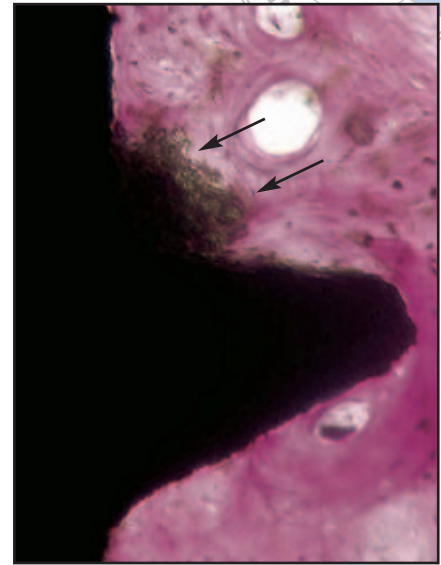


Abb. 3 Höchste Vergrößerung: In manchen Bereichen des Interface gibt es noch Teile der HA-Beschichtung (Pfeile) (saures Fuchsin/Toluidinblau; x 100).

nur wenige Osteoblasten vorhanden waren. Es lagen keine multinukleären Riesenzellen vor. Das Vorhandensein vieler sekundärer Osteone in der Nähe der Implantatoberfläche und vieler gegenläufiger Linien waren Anzeichen für ein Knochenremodelling (Abb. 2). Der prozentuale BIC betrug $77,6 \% \pm 5,1 \%$. Der prozentuale Anteil der Implantatoberfläche, die mit der HA-Beschichtung bedeckt war, betrug $5,1 \% \pm 2,3 \%$ (Abb. 3). Die Metalloberfläche des Implantats war hauptsächlich von reifem, kompaktem Lamellenknochen bedeckt. Am Interface zeigte sich kein Spalt und auch kein fibröses Bindegewebe oder Granulationsgewebe. Es lag keine Epithelinvasion vor. Am Implantat-Knochen-Interface war kein akutes oder chronisch entzündliches Zellinfiltrat zu erkennen. Im

periimplantären Gewebe lag keine Fremdkörperreaktion vor.

Es gab ein paar Osteozyten, die in direktem Kontakt zu der Beschichtung standen. An den koronalen 4,3 mm des Implantats war Weichgewebe ohne Plaque vorhanden, das in engem Kontakt zur Titanoberfläche stand. Der durchschnittliche Prozentsatz der Knochenmarksbereiche in Kontakt zum Titan lag bei $9,0 \pm 1,2 \%$. Auch in dem Loch für die Rotationssicherung war Knochen vorhanden.

Diskussion

Es bestehen noch immer Kontroversen bezüglich der Langzeitprognose für HA-beschichtete Implantate⁵. Es wurde von widersprüchlichen Ergebnissen berichtet,

die von der völligen Integration bis zur Ab- und Auflösung des HA reichten⁵. Die langfristige Stärke und Beständigkeit der Beschichtung wurden in Frage gestellt³. Außerdem ist unklar, wie langfristig die Vorteile der HA-Beschichtung wirksam sind²².

Die Auflösung der Beschichtung und die Ablösung von der Titanoberfläche sind histologisch beschrieben worden^{4, 23, 24}. Es bestehen Kontroversen darüber, ob der Verlust der HA-Beschichtung die Integration des Implantats beeinträchtigt¹⁹. Poröses HA wird durch physiochemische Auflösung und zellvermittelte Phagozytose resorbiert^{23, 25}. Die weitere Auflösung kann ein Ergebnis der phagozytischen und enzymatischen Wirkung der Makrophagen an der Oberfläche sein¹⁹. Es wurde auch berichtet,

dass die HA-Zusammensetzung sich aufgrund der Interaktionen mit der In-vivo-Umgebung verändern kann^{5, 20}. Wie sich diese Veränderungen auf die Beständigkeit der Beschichtung und die Implantatprognose auswirken, ist noch nicht völlig erforscht²⁰. Darüber hinaus wiesen Oh et al.²⁶ in einer Studie mit Ratten nach, dass HA-Beschichtungen unterschiedlicher Kristallinität unterschiedliche Auflösungseigenschaften besaßen. Über den Verlust der HA-Beschichtung haben mehrere Autoren berichtet. Ozeki et al.²⁷ berichteten in einer Studie mit Beagles, dass 80 % der HA-Schicht sich nach 12 Wochen aufgelöst hatten. Gottlander und Albrektsson²² berichteten von einem teilweisen Zerfall der HA-Beschichtung. Trisi et al.²⁸ beobachteten nach 10 Jahren funktioneller Belastung einen Verlust von 25 %. In einem früheren histologischen Bericht zu zwei HA-beschichteten Implantaten, die nach 14 Jahren entnommen wurden, stellte sich eine Resorption der HA-Beschichtung von 46 % und 69 % heraus²⁹. Porter et al.²⁰ berichteten, dass die Beschichtung bei über 70 % der Oberfläche des Stiels eines Femur-Implantats, das nach sechs Monaten entfernt wurde, fehlte. Alle Implantatstiele zeigten auf über 50 % der Oberfläche einen Verlust der Beschichtung. Allerdings hatte sich keines dieser Implantate gelockert²⁰. Dies untermauert wohl die Ansicht, dass trotz des Verlusts der Beschichtung eine adäquate Stabilität eines HA-beschichteten Implantats erhalten bleibt²⁰. Rosenlicht und Tarnow³⁰ berichteten von einem ähnlichen Befund. Sie stellten fest, dass eine Implantatintegration auch dann stattfand, wenn ein Teil der Beschichtung resorbiert worden war.

Eine wesentliche negative Beobachtung mancher Forscher, die ei-

ne Ablösung der Beschichtung feststellten, ist, dass lose HA-Fragmente von Weichgewebe und nicht von Knochen umgeben waren²⁵. Außerdem wurde bei fehlgeschlagenen Implantaten von einer Auflösung der Beschichtung berichtet, ebenso von losen HA-Partikeln im periimplantären Gewebe, was möglicherweise eine Osteolyse zur Folge hatte^{20, 31}. Die Phagozytose der HA-Partikel durch multinukleäre Riesenzellen kann eine Auflösung von großen Bereichen der Beschichtung bewirken³¹. Die abgelöste HA-Beschichtung kann aufgrund von Partikelbildung und Fremdkörperreaktionen Probleme verursachen³. Eine Resorption der Beschichtung lag meist dort vor, wo der Knochen weniger dicht war³¹. Makrophagen, die auf die HA-Partikel reagieren, sind zur Osteoklastendifferenzierung fähig³².

Die beobachtete fast vollständige Resorption der HA-Schicht in dem vorliegenden Biopsat hatte die Osseointegration anscheinend nicht beeinträchtigt. Das Implantat war osseointegriert und in der Funktion noch immer ausreichend. Die Resorption der HA-Schicht war also wahrscheinlich klinisch nicht sonderlich signifikant. Wahrscheinlich hatte auch die Schraubenform des entfernten Implantats zu der guten Osseointegration beigetragen.

In unmittelbarer Nähe der Implantatoberflächen wurden Haversche Systeme beobachtet. Das wies auf eine physiologische Remodellingaktivität des periimplantären Knochens hin. Es gab einen Zusammenhang zwischen dem Umfang der HA-Resorption und dem Umfang des Knochenremodelling am HA-Knochen-Interface²⁸. Aus Berichten geht hervor, dass bei HA-beschichteten Implantaten nach einer Infektion möglicherweise eine grö-

ßere periimplantäre Gewebezzerstörung zu erwarten ist⁸. Im vorliegenden Fall war im periimplantären Gewebe kein akutes oder chronisch entzündliches Zellinfiltrat zu erkennen. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu Berichten von einer Auflösung der Korngrenzen der Beschichtung und Freisetzung von Calciumphosphatpartikeln in die lokale Umgebung, womit eine entzündliche Reaktion ausgelöst werden kann¹⁹. Um die HA-Partikel, die sich anscheinend von der Beschichtung gelöst hatten, war keine Fremdkörperreaktion zu erkennen. Diese Partikel waren immer von Knochen umgeben. Von ähnlichen Daten berichteten auch Hardy et al.³³ und Frayssinet et al.²³. Sie stellten fest, dass auf die Resorption der Beschichtung eine Knochenbildung im resorbierten Bereich erfolgte. Dies zeigte sich daran, dass im neugebildeten Knochen noch Reste der Beschichtung vorlagen.

Diese Fakten könnten bei Patienten hilfreich sein, die im Oberkiefer Knochen von schlechter Qualität haben und sich einem Verfahren zum Knochenaufbau unterzogen haben². Außerdem wurde berichtet, dass HA-Beschichtungen klinische Vorteile haben, z. B. ist die Behandlungsdauer verkürzt und eine frühzeitige Belastung ist möglich². Die HA-Beschichtung ist also vermutlich dann vorteilhaft, wenn die Primärstabilität nicht prognostiziert werden kann oder wenn zylindrische Implantate ohne Schraubgewinde verwendet werden³⁴.

Danksagung

Diese Arbeit wurde teilweise vom Staatlichen Forschungsrat, Rom, Italien und vom Ministerium für Bildung, Universitäten und Forschung (M.I.U.R.), Rom, Italien unterstützt.

Literatur

1. Uehara T, Takaoka K, Ito K. Histological evidence of osseointegration in human retrieved fractured hydroxyapatite-coated screw-type implants: A case report. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:540–545.
2. de Lange G, Tadjoein E. Fate of the HA coating of loaded implants in the augmented sinus floor: A human case study of retrieved implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:287–296.
3. Carlsson L, Regnér L, Johansson C, Gottlander M, Herberts P. Bone response to hydroxyapatite-coated and commercially pure titanium implants in the human arthritic knee. *J Orthop Res* 1994;12:274–285.
4. Stellino G, Landi L. A 6-year unloaded hydroxyapatite-coated dental implant placed into an extraction socket in conjunction with nonresorbable hydroxyapatite grafting material: Histologic evaluation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:575–581.
5. Baltag I, Watanabe K, Kusakari H, et al. Long-term changes of hydroxyapatite-coated dental implants. *J Biomed Mater Res* 2000;53:76–85.
6. Proussaefs P, Lozada J, Ojano M. Histologic evaluation of threaded HA-coated root-form implants after 3.5 to 11 years of function. A report of three cases. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21: 21–29.
7. Aoki H, Ozeki K, Ohtani Y, Fukui Y, Asaoka T. Effect of thin HA coating of the stress/strain distribution in bone around dental implants using three-dimensional finite element analysis. *Biomed Mater Eng* 2006;16:157–169.
8. Proussaefs PT, Tatakis DN, Lozada J, Caplanis N, Rohrer MD. Histologic evaluation of hydroxyapatite-coated root-form implant retrieved after 7 years in function: A case report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:438–443.
9. Schwartz-Arad D, Mardinger O, Levin L, Kozlovsky A, Hirshberg A. Marginal bone loss pattern around hydroxyapatite-coated versus commercially pure titanium implants after up to 12 years of follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:238–244.
10. Jeffcoat MK, McGlumphy EA, Reddy MS, Geurs NC, Proskin HM. A comparison of hydroxyapatite (HA)-coated threaded, HA-coated cylindrical, and titanium threaded endosseous dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:406–410.
11. Vallecillo Capilla M, Romero Olid Mde N, Olmedo Gaya MV, Reyes Botella C, Zorrilla Romera C. Cylindrical dental implants with hydroxyapatite- and titanium plasma spray-coated surfaces: 5-year results. *J Oral Implantol* 2007;33:59–68.
12. Artzi Z, Carmeli G, Kozlovsky A. A distinguishable observation between survival and success rate outcome of hydroxyapatite-coated implants in 5-10 years in function. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:85–93.
13. Binahmed A, Stoykewych A, Hussain A, Love B, Pruthi V. Long-term follow-up of hydroxyapatite-coated dental implants—A clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:963–968.
14. Kupersmidt I, Levin L, Schwartz-Arad D. Inter-implant bone height changes in anterior maxillary immediate and non-immediate adjacent dental implants. *J Periodontol* 2007;78:991–996.
15. Palm L, Jacobsson SA, Ivarsson I. Hydroxyapatite improves 8- and 10-year performance of the link RS cementless femoral stem. *J Arthroplasty* 2002;17: 172–175.
16. Landor I, Vavrik P, Sosna A, Jahoda D, Hahn H, Daniel M. Hydroxyapatite porous coating and the osseointegration of total hip replacement. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007;127:81–89.
17. Paulsen A, Pedersen AB, Johnsen SP, Riis A, Lucht U, Overgaard S. Effect of hydroxyapatite coating on risk of revision after primary total hip arthroplasty in younger patients: Findings from the Danish Hip Arthroplasty Registry. *Acta Orthop* 2007; 78:622–628.
18. Ong JL, Chan DC. Hydroxyapatite and their use as coatings in dental implants: A review. *Crit Rev Biomed Eng* 2000;28:667–707.
19. MacDonald DE, Betts F, Doty SB, Boskey AL. A methodological study for the analysis of apatite-coated dental implants retrieved from humans. *Ann Periodontol* 2000;5:175–184.
20. Porter AE, Taak P, Hobbs LW, Coathup MJ, Blunn GW, Spector M. Bone bonding to hydroxyapatite and titanium surfaces on femoral stems retrieved from human subjects at autopsy. *Biomaterials* 2004;25: 5199–5208.
21. Piattelli A, Scarano A, Quaranta M. High-precision, cost-effective cutting system for producing thin sections of oral tissues containing dental implants. *Biomaterials* 1997;18:577–579.
22. Gottlander M, Albrektsson T. Histomorphometric studies of hydroxyapatite-coated and uncoated CP titanium threaded implants in bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:399–404.
23. Frayssinet P, Hardy D, Hanker JS, Giammara BL. Natural history of bone response to hydroxyapatite-coated hip prostheses implanted in humans. *Cell Mater* 1995;5:125–138.
24. Rohrer MD, Sobczak RR, Prasad HS, Morris HF. Postmortem histologic evaluation of mandibular titanium and maxillary hydroxyapatite-coated implants from 1 patient. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:579–586.

Erratum

In der Dezember-08-Ausgabe des PRD sollte auf Seite 545 (Mandelaris und Rosenfeld) die Bezeichnung der Software in den Legenden zu den Abbildungen 3a-3c „SimPlant OMS“ lauten. Der Herausgeber bedauert diesen Irrtum.

25. Albrektsson T. Hydroxyapatite-coated implants: A case against their use. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;56:1312–1326.
26. Oh S, Tobin E, Yang Y, Carnel DL Jr, Ong JL. In vivo evaluation of hydroxyapatite coatings of different crystallinities. In *J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:726–731.
27. Ozeki K, Okuyama Y, Fukui Y, Aoki H. Bone response to titanium implants coated with thin sputtered HA film subject to hydrothermal treatment and implanted in the canine mandible. *Biomed Mater Eng* 2006;16:243–251.
28. Trisi P, Keith DJ, Rocco S. Human histologic and histomorphometric analyses of hydroxyapatite-coated implants after 10 years of function: A case report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:124–130.
29. Iezzi G, Scarano A, Petrone G, Piatelli A. Two human hydroxyapatite-coated dental implants retrieved after a 14-year loading period: A histologic and histomorphometric case report. *J Periodontol* 2007;78: 940–947.
30. Rosenlicht JL, Tarnow DP. Human histologic evidence of integration of functionally loaded hydroxyapatite-coated implants placed simultaneously with sinus augmentation: A case report 2 1/2 years postplacement. *J Oral Implantol* 1999;25:7–10.
31. Reikerås O, Johansson CB, Sundfeldt M. Bone ingrowths to press-fit and loose-fit implants: Comparisons between titanium and hydroxyapatite. *J Long Term Eff Med Implants* 2006;16:157–164.
32. Sabokbar A, Pandey R, Diaz J, Quinn JM, Murray DW, Athanasou NA. Hydroxyapatite particles are capable of inducing osteoclast formation. *J Mater Sci Mater Med* 2001;12:659–664.
33. Hardy DC, Frayssinet P, Bonel G, Authom T, Le Naelou SA, Delincé PE. Two-year outcome of hydroxyapatite-coated prostheses. Two femoral prostheses retrieved at autopsy. *Acta Orthop Scand* 1994;65:253–257.
34. Gottlander M, Albrektsson T, Carlsson LV. A histomorphometric study of unthreaded hydroxyapatite-coated and titanium-coated implants in rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:485–490.