

Periimplantäre Kollagenfasern an humanen Implantaten mit Morse-Taper-Verbindung unter polarisiertem Licht: Ein Vorbericht über drei Fälle



Marco Degidi, MD, DDS* / Adriano Piattelli, MD, DDS**
 Antonio Scarano, DDS, MD, MS*** / Jamil A. Shibli, DDS, PhD****
 Giovanna Iezzi, DDS, PhD***

Die meisten histologischen Studien über periimplantäre Weichgewebe werden an Tieren durchgeführt. In der Regel sind sie auf Implantate im Unterkiefer beschränkt, die mit Standard-Einheilkappen versehen wurden. Nur in wenigen Studien wurden die periimplantären Weichgewebe beim Menschen untersucht. Auch Struktur und Abmessungen der periimplantären Weichgewebe bei sofortbelasteten Implantaten wurden nicht eingehend analysiert. Mit histologischen Daten vom Menschen können Daten von Tiermodellen validiert werden. In dieser histologischen und histomorphometrischen Studie wurden die periimplantären Weichgewebe von drei sofortbelasteten Implantaten beim Menschen untersucht. Die Implantate wurden mit einem Trepanbohrer entnommen und dünne Schliifpräparate angefertigt. Das Sulkusepithel bestand aus vier bis fünf Schichten parakeratinisierter Epithelzellen und besaß eine Länge von 1,2 bis 1,3 mm. Das Saumeptithel bestand aus drei bis vier Schichten Epithelzellen und war 1,0 bis 1,5 mm lang. Die Breite des Bindegewebsattachments betrug 400 bis 800 µm. Vom Alveolarknochen aus zogen periimplantäre Kollagenfasern in Bündeln (Dicke 1 bis 5 µm) senkrecht bis auf 200 µm an die Abutmentoberfläche heran und von dort aus parallel in verschiedene Richtungen. Die Kollagenfasern bildeten ein dreidimensionales Netz um das Abutment. Es fand sich weder ein akut noch ein chronisch entzündliches Zellinfiltrat. In keiner der Proben waren senkrecht verlaufende Kollagenfasern mit direktem Kontakt zur Oberfläche des Abutments zu erkennen. Dieses differenzierte Fasernetz ist vermutlich klinisch relevant, da es den darunterliegenden Knochen mechanisch schützt. Die Weichgewebeintegration wurde durch die Sofortbelastung der Implantate nicht beeinträchtigt. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2012;32:311-316.)

* Privatpraxis, Bologna, Italien.

** Professor für Oralmedizin und Pathologie, University of Chieti-Pescara, Chieti-Pescara, Italien.

*** Wissenschaftler/in, Dental School, University of Chieti-Pescara, Chieti-Pescara, Italien.

**** Chefarzt der Klinik für dentale Implantologie und Gastprofessor, Department of Periodontology, Dental Research Division, Guarulhos University, Guarulhos, São Paulo, Brasilien.

Korrespondenz an: Prof. Adriano Piattelli, Via F. Sciucchi 63, 66100 Chieti, Italien. E-Mail: apiattelli@unich.it

Der Abstand zwischen Mukosarand und Alveolarknochen wird als biologische Breite bezeichnet¹. Ihre vertikale Ausdehnung an den Zähnen ist konstant und beeinflusst die Ästhetik². Die biologische Breite umfasst Sulkustiefe, Saumeptithel und Bindegewebsattachment. Die periimplantären Weichgewebe schützen den darunterliegenden Knochen vor der Invasion oraler Bakterien³. Periimplantär ähneln die suprakrestalen Weichgewebe dentogingivalen Geweben im Bereich natürlicher Zähne. Sie bestehen aus Epithel und Bindegewebe und bilden ebenfalls eine biologische Breite^{4,5}. Die meisten histologischen Studien über periimplantäre Weichgewebe erfolgten an Hunden und waren in der Regel auf Unterkieferimplantate mit Einheilkappen oder Standard-Abutments beschränkt⁶. Nur in wenigen Studien wurden die periimplantären Weichgewebe des Menschen betrachtet^{3,5,7}. Von besonderem Interesse ist die Analyse der periimplantären Weichgewebe um sofortbelastete Implantate, deren Struktur und Dimensionen bislang nicht eingehend untersucht wurden⁶. Außerdem validieren und bestätigen histologische Daten vom Menschen die Ergebnisse von Tiermodellen⁵. In einer Studie an Affen konnten Siar et al.⁴ keinen Unterschied beim periimplantären

Weichgewebsvolumen um sofort- und spätbelastete Implantate ermitteln. Daher nahmen sie an, dass die Sofortbelastung die Weichgewebsintegration nicht negativ beeinflusste. Ähnliche Ergebnisse lieferte eine Studie an Affen, die im Labor der Autoren durchgeführt wurde⁸. In einer anderen Studie aus dem Labor der Autoren⁹ wurde der Einfluss der Sofortbelastung auf humane periimplantäre Weichgewebe untersucht. In der vorliegenden histologischen Studie werden die periimplantären Weichgewebe beim Menschen an sofortbelasteten Implantaten mit Morse-Taper-Verbindung (Dentsply Friadent) unter polarisiertem Licht analysiert.

Material und Methode

Die histologischen und histomorphometrischen Aspekte des Knochen-Implantat-Interface von zwei der drei in dieser Studie betrachteten Implantate wurden bereits in zwei anderen Veröffentlichungen beschrieben und besprochen^{10,11}. Die vorliegende Studie befasst sich ausschließlich mit dem histologischen und histomorphometrischen Aussehen der periimplantären Weichgewebe dieser beiden Implantate sowie eines weiteren Implantats unter polarisiertem Licht. Zwei Implantate

wurden nach vierwöchiger Belastung entnommen und eins nach sechswöchiger. Alle Implantate besaßen eine Morse-Taper-Verbindung zwischen Implantat und Abutment. Ein Implantat wurde aus psychischen Gründen wieder entnommen, die beiden anderen waren Teil eines von der Ethikkommission der Guarulhos-Universität in São Paulo, Brasilien, genehmigten Forschungsprotokolls.

Probenverarbeitung

Die Implantate und die umgebenden Gewebe wurden sofort in 10 % gepuffertes Formalin verbracht und mit dem Precise 1 Automated System (Assing) zu dünnen Schliffpräparaten verarbeitet¹². Die Proben wurden in einer aufsteigenden Alkoholreihe dehydriert und in Glykolpharmazieharz eingebettet (Technovit 7200 VLC, Heraeus Kulzer). Nach der Polymerisierung wurden die Proben mit einer hochpräzisen Diamantscheibe längs entlang der Implantatachse in etwa 150 µm breite Scheiben geschnitten und auf etwa 30 µm heruntergeschliffen. Es wurden drei Schnitte angefertigt und mit basischem Fuchsin und Toluidinblau gefärbt. Durch eine Doppelfärbung mit Von Kossa und saurem Fuchsin wurde die Knochenmineralisierung

quantitativ abgeschätzt. Ein Schnittpräparat wurde nach dem Polieren für 30 Minuten in Silbernitrat gelegt und dem Sonnenlicht ausgesetzt. Anschließend wurden die Präparate unter Leitungswasser gewaschen, getrocknet, für fünf Minuten in basisches Fuchsin getaucht, gewaschen und eingespannt. Die Untersuchung erfolgte unter einem Leitz-Laborlux-Mikroskop.

Ergebnis

Alle drei Implantate waren klinisch osseointegriert, nicht mobil und wiesen am koronalen Anteil reifen Knochen ohne Anzeichen einer Resorption auf (Abb. 1). Der Knochen hatte ebenfalls Kontakt mit dem Abutment (Abb. 2). Das Sulkusepithel bestand aus vier bis fünf Lagen parakeratinisierter Epithelzellen und hatte eine Länge von 1,2 bis 1,3 mm.

Das Saumepithel bestand aus drei bis vier Schichten Epithelzellen und war 1,0 bis 1,5 mm lang. Die Breite des Bindegewebsattachments betrug 400 bis 800 µm (Tabelle 1). Vom Alveolarknochen aus zogen periimplantäre Kollagenfasern in Bündeln senkrecht zum Abutment bis auf 200 µm an seine Oberfläche und von dort aus parallel in verschiedene Richtungen (Abb. 3 bis 5). In manchen Bereichen verliefen

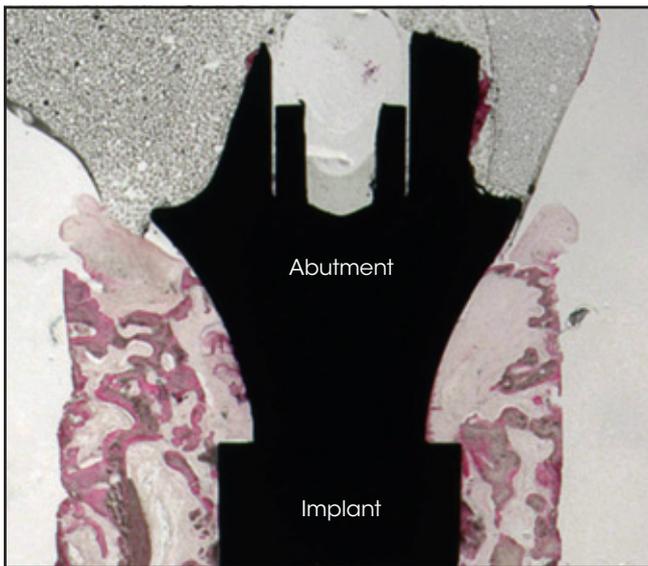


Abb. 1 (oben) Reifer Knochen im koronalen Anteil des Implantats mit Kontakt zum Implantat und Abutment und ohne Anzeichen einer Resorption (Toluidinblau – basisches Fuchsin; Vergrößerung x 15).

Abb. 2 (rechts) Reifer Knochen mit direktem Kontakt zum Abutment (A). B = Knochen (Toluidinblau – basisches Fuchsin; Vergrößerung x 30).

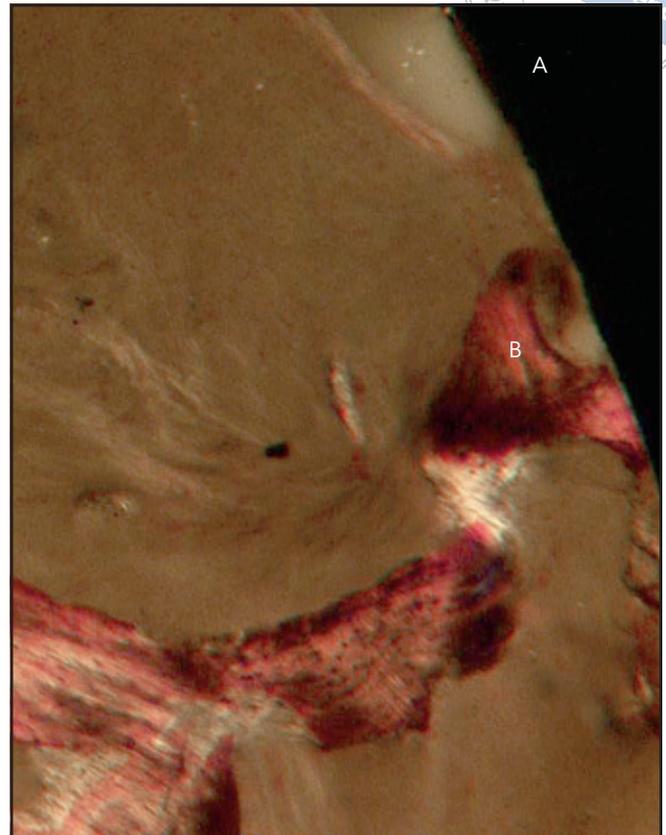


Tabelle 1 Mittlere Länge des periimplantären Gewebes

	Länge (mm)
Sulkusepithel	1,2 ± 0,1
Saumepithel	1,2 ± 0,2
Bindegewebe	0,6 ± 0,2

die Kollagenfaserbündel senkrecht oder schräg zur Schnittebene.

Die Fasern bildeten ein dreidimensionales Netz um das Abutment. Es fanden sich versprengt Monozyten und Makrophagen, aber weder ein akut noch ein chronisch entzündliches Zellinfiltrat. Einige langgezogene Fibroblasten waren zu erkennen. Bei keinem der Implantate war das

Epithel nach unten gewachsen. Das Bindegewebe nahe der Oberfläche des Abutments enthielt wenige Blutgefäße und dichte Kollagenfasern, die parallel zur Längsachse des Abutments verliefen. In keiner der Proben fanden sich senkrecht verlaufende Kollagenfasern mit direktem Kontakt zur Oberfläche des Abutments.

Diskussion

Das derzeitige Wissen über die histologischen und histomorphometrischen Eigenschaften des suprakrestalen periimplantären Weichgewebes stammt überwiegend aus Studien an Hunden oder Primaten⁴. Leider lassen die Ergebnisse aus Tiermodellen keine direkten Rückschlüs-

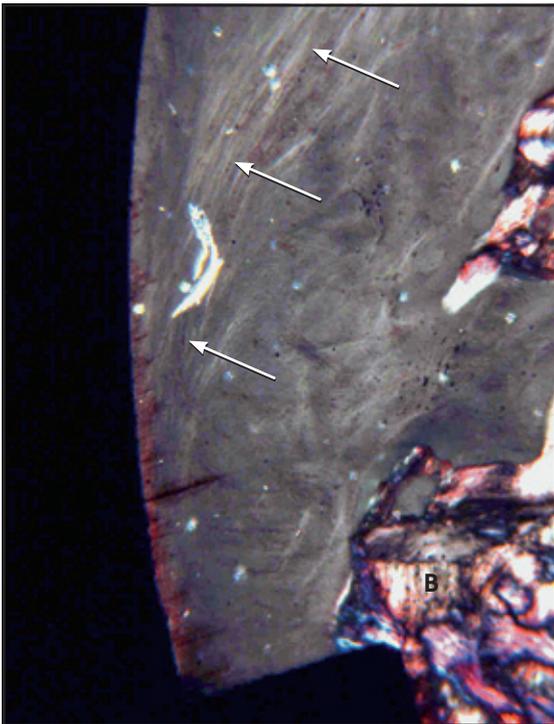


Abb. 3 Unter polarisiertem Licht wird erkennbar, dass die Kollagenfasern (Pfeile) des Bindegewebes nahe der Abutmentoberfläche überwiegend parallel zur Implantatoberfläche verlaufen. Am koronalen Anteil des Implantats findet sich reifer Knochen (B) (Toluidinblau – basisches Fuchsin; Vergrößerung x 40).

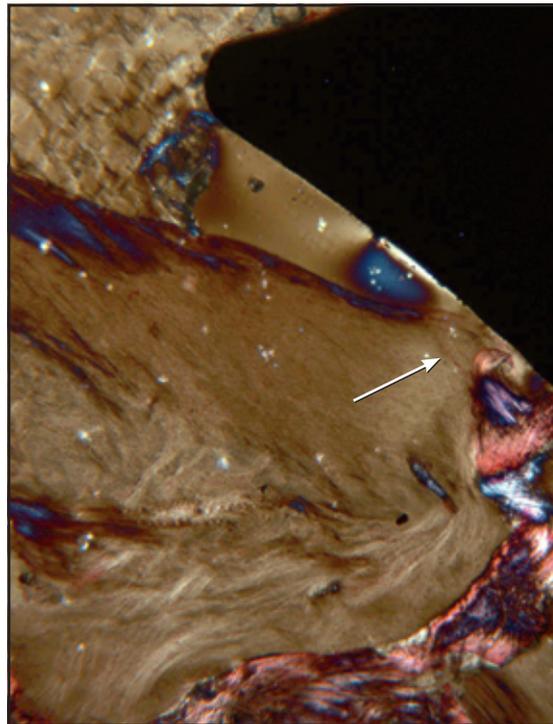


Abb. 4 Kollagenfasern ziehen gebündelt senkrecht bis auf 200 μm an die Abutmentoberfläche heran und verlaufen von dort aus parallel (Pfeil) in verschiedene Richtungen. (Toluidinblau – basisches Fuchsin; Vergrößerung x 40).

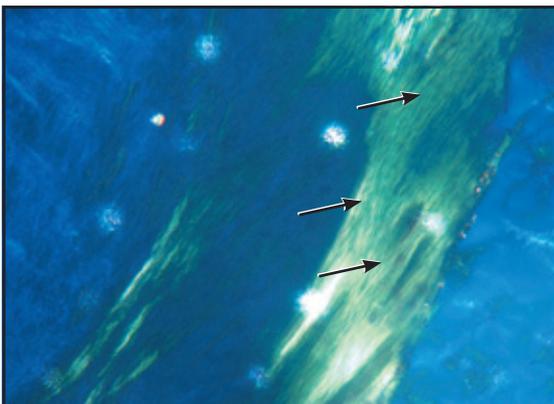


Abb. 5 (links) Bei stärkerer Vergrößerung sind die parallel verlaufenden (Pfeile) Kollagenfasern nahe der Abutmentoberfläche zu erkennen (Toluidinblau – basisches Fuchsin; Vergrößerung x 200).

se auf das biologische Verhalten der periimplantären Weichgewebe beim Menschen zu⁵.

Gargiulo et al.¹³ zeigten, dass die biologische Breite im Bereich der Zähne eine physiologische Form und eine stabile Höhe besitzt, die von der

Lage des Alveolarkamms abhängt. Die periimplantäre biologische Breite liefert die Mindestvoraussetzungen dafür, dass ein ausreichendes Saumepithel und Bindegewebe für eine optimale Anlagerung an das Implantat bestehen. Sie schützen

das Implantat vor mechanischen Belastungen und der Mikroflora¹⁴. Ein Agens, das sich unkontrolliert auf der biologischen Breite ausbreitet, veranlasst das Epithel, unter dieses Agens zu wandern und es zu isolieren¹⁴. Die darauffolgende Knochenresorption

stellt das Verhältnis von Knochen und Weichgewebe der biologischen Breite wieder her¹⁴. Die periimplantäre biologische Breite hängt vom Vorhandensein bzw. Fehlen eines Mikropalts und seiner Lage im Verhältnis zum Alveolarkamm ab¹⁵⁻²⁰. Die in der vorliegenden Studie ermittelten Eigenschaften der periimplantären Weichgewebe entsprechen denjenigen, die aus Tierstudien bekannt sind.

Das periimplantäre Saumepithel hatte in Tierstudien eine Länge von 1,16 bis 1,90 mm^{4, 15, 21}. Aus Studien am Menschen sind höhere Werte bekannt. In einer Autopsiestudie betrug die Länge des Saumepithels 3,00 mm⁷. Glauser et al.³ ermittelten in einer Studie an wieder entnommenen Mikroimplantaten abhängig von der Oberflächenstruktur des Abutments unterschiedliche Werte. Auch die Belastungsprotokolle beeinflussen die Länge des periimplantären Saumepithels: Cochran et al.¹⁹ maßen bei unbelasteten Implantaten eine Länge von 1,16 mm, nach einer Belastung von drei Monaten 1,44 mm und bei einer 12-monatigen Belastung 1,86 mm.

In Tierstudien wird die biologische Breite mit 1,01 bis 2,01 mm angegeben^{1, 4, 15, 22}. Hermann et al.¹⁶ ermittelten eine Breite von 1,36 mm bei unbelasteten Implantaten, 1,01 mm bei dreimonatiger und 1,05 mm bei 12-monatiger Belastung. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen den tendenziell schmalen Bindegewebssaum bei belasteten Implantaten. Bei unbelasteten Implantaten beim Menschen beträgt die biologische Breite 1,9 bis 3,4 mm^{3, 7}.

Auch die Oberflächenmerkmale des Abutments scheinen die Organisation des Bindegewebes zu beeinflussen. Glauser et al.³ führten dazu eine Studie am Menschen durch. Nach belastungsfreier transmuko-

saler Einheilung für acht Wochen entnahmen sie die Mikroimplantate und maßen die biologische Breite. Sie betrug 2,1 mm bei einer oxidierten Oberfläche, 2,6 mm bei einer säuregeätzten und 3,4 mm bei einer maschinieren Oberfläche. Die in der vorliegenden Studie ermittelten Eigenschaften der periimplantären Weichgewebe ähnelten denen, die in anderen Studien an Menschen und Tieren beschrieben wurden. Außerdem behinderte die Sofortbelastung der Implantate die Weichgewebsintegration nicht. Damit werden die Ergebnisse experimenteller Studien an Affen von Siar et al.⁴ und Quaranta et al.⁸ bestätigt, die bei einer Sofort- oder verzögerten Belastung von Implantaten keine Unterschiede im Weichgewebsvolumen ermittelten. In Tierstudien enthielt das suprakrestale Bindegewebe ein dreidimensionales Netz unterschiedlich ausgerichteter Kollagenfasern^{1, 21-24}. In zahlreichen Tierstudien wird eine feste Anbindung des Bindegewebes an das Abutment durch ein dünnes, avaskuläres und kollagenfaserreiches narbenartiges Gewebe beschrieben³. In den hier untersuchten Proben bestand das Bindegewebe in einigem Abstand vom Implantat aus zahlreichen, unterschiedlich ausgerichteten Kollagenfasern, die zu einem dreidimensionalen Netz organisiert waren. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Studien am Menschen^{3, 5, 9}. In keiner der Proben fanden sich senkrecht verlaufende Kollagenfasern, die in direktem Kontakt zur Oberfläche des Abutments standen. Nevins et al. prüften in Studien an Menschen und Tieren Implantate mit Micro-Groove-Hals. Sie berichteten über direkt an der Metalloberfläche inserierende Kollagenfasern^{25, 26}.

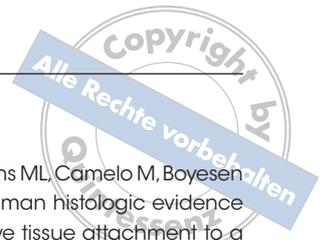
Dieses differenzierte Fasernetz ist vermutlich klinisch relevant, da es den darunterliegenden Knochen

mechanisch schützt³. Mit diesen am Menschen erhobenen histologischen Daten können die Ergebnisse von Tiermodellen validiert und bestätigt werden³.

Da die Dimensionen der humanen Weichgewebe sich im Bereich von natürlichen Zähnen und Implantaten ähnlich sind, kann die periimplantäre biologische Breite als physiologisch geformt und langfristig stabil bezeichnet werden.

Literatur

1. Tenenbaum H, Schaaf JF, Cuisinier FJG. Histological analysis of the Ankylos peri-implant tissues in a dog model. *Implant Dent* 2003;12:259-265.
2. Novaes AB Jr, de Oliveira RR, Muglia VA, Papalexiou V, Taba M. The effects of inter-implant distances on papilla formation and crestal resorption in implants with a Morse cone connection and a platform switch: A histomorphometric study in dogs. *J Periodontol* 2006;77:1839-1849.
3. Glauser R, Schüpbach P, Gottlow J, Hammerle CHF. Peri-implant soft tissue barrier at experimental one-piece mini-implants with different surface topography in humans: A light-microscopic overview and histometric analysis. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;7(suppl 1):S44-S51.
4. Siar CH, Toh CG, Romanos G, et al. Peri-implant soft tissue integration of immediately loaded implants in the posterior macaque mandible: A histomorphometric study. *J Periodontol* 2003;74:571-578.
5. Schierano G, Ramieri G, Cortese MG, Ai-metti M, Preti G. Organization of the connective tissue barrier around long-term loaded implant abutments in man. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:460-464.
6. Watzak G, Zechner W, Tangl S, Vasak C, Donath K, Watzek G. Soft tissue around three different implant types after 1.5 years of functional loading without oral hygiene: A preliminary study in baboons. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:229-236.



7. Piattelli A, Scarano A, Piattelli M, Bertolai R, Panzoni E. Histologic aspects of the bone and soft tissues surrounding three titanium non-submerged plasma-sprayed implants retrieved at autopsy: A case report. *J Periodontol* 1997;68:694-700.
8. Quaranta A, Piattelli A, Scarano A, Quaranta M, Pompa G, Iezzi G. Light-microscopic evaluation of the dimensions of the peri-implant mucosa around immediately loaded and submerged titanium implants in monkeys. *J Periodontol* 2008;79:1697-1703.
9. Romanos GE, Traini T, Johansson CB, Piattelli A. Biologic width and morphologic characteristics of soft tissues around immediately loaded implants: Studies performed on human autopsy specimens. *J Periodontol* 2010;81:70-78.
10. Degidi M, Iezzi G, Scarano A, Piattelli A. Immediately loaded titanium implant with a tissue-stabilizing/maintaining design ("beyond platform switch") retrieved from man after 4 weeks: A histological and histomorphometrical evaluation. A case report. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:276-282.
11. Degidi M, Piattelli A, Shibli JA, Strocchi R, Iezzi G. Bone formation around a dental implant with a platform switching and another with a TissueCare connection: A histologic and histomorphometric evaluation in man. *Titanium* 2009;1:8-15.
12. Piattelli A, Scarano A, Quaranta M. High-precision, cost-effective system for producing thin sections of oral tissues containing dental implants. *Biomaterials* 1997;18:577-579.
13. Gargiulo AW, Wentz FM, Orban B. Dimensions of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol* 1961;32:261-267.
14. Vela-Nebot X, Rodríguez-Ciurana X, Rodado-Alonso C, Segalà-Torres M. Benefits of an implant platform modification technique to reduce crestal bone resorption. *Implant Dent* 2006;15:313-320.
15. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. Crestal bone changes around titanium implants. A histomorphometric evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 2000;71:1412-1424.
16. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Higginbottom FL, Cochran DL. Biological width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over time. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:1-11.
17. Hermann JS, Cochran DL, Nummikoski PV, Buser D. Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 1997;68:1117-1130.
18. Hermann JS, Schoolfield JD, Schenk RK, Buser D, Cochran DL. Influence of the size of the microgap on crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 2001;72:1372-1383.
19. Cochran DL, Hermann JS, Schenk RK, Higginbottom FL, Buser D. Biological width around titanium implants. A histometric analysis of the implant-to-gingival junction around unloaded and loaded non-submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 1997;68:186-198.
20. Broggin N, McManus LM, Hermann JS, et al. Peri-implant inflammation defined by the implant-abutment interface. *J Dent Res* 2006;85:473-478.
21. Ericsson I, Berglundh T, Marinello C, Liljenberg B, Lindhe J. Long-standing plaque and gingivitis at implants and teeth in the dog. *Clin Oral Implants Res* 1992;3:99-103.
22. Arvidson K, Fartash B, Hilliges M, Kondell PA. Histological characteristics of peri-implant mucosa around Brånemark and single-crystal sapphire implants. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:1-10.
23. Abrahamsson I, Berglundh T, Wennström J, Lindhe J. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:212-219.
24. Listgarten MA, Lang NP, Schroeder HE, Schroeder A. Periodontal tissues and their counterparts around endosseous implants. *Clin Oral Implants Res* 1991;2:1-19.
25. Nevins M, Nevins ML, Camelo M, Boyesen JL, Kim DM. Human histologic evidence of a connective tissue attachment to a dental implant. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:111-121.
26. Nevins M, Kim DM, Jun SH, Guze K, Schupbach P, Nevins ML. Histologic evidence of a connective tissue attachment to laser microgrooved abutments: A canine study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2010;30:245-255.