

イニセルインプラントの症例報告

Dr. ジークフリート・マークヴァルト (ドイツ、テーゲルンゼー開業)

キーワード：超親水性表面／BIC値／疎水性表面変化に対する革新的な解決法

はじめに

現在のインプラントロジックは、インプラントのデザイン、表面、インプラント-アバットメント構成により特徴付けられる。この3つすべては、成功を左右する要件、例えばインプラント周囲粘膜炎やそれに起因するインプラント周囲炎によるインプラントの損失リスクの最小化、審美的満足を伴った予知性の高い長期的安定性に寄与しなければならない。

インプラントの表面形態に関しては、製造方法によって違いがあり、基本的に3種類の表面処理を施すことができる。リン酸カルシウムコーティン

グまたはナノ粒子等の骨伝導性が想定される物質による添加被膜「コーティング」(例：Nanotite®)、次にサンドブラスト-酸エッチングによる最上層のサブストラクティブ除去(例：SLA®、SPI®、Osseotite®)、さらに酸化チタン層の濃厚化(例：TiUnite®)である。

Sa(算術平均高さ)値が1~2μmである中程度の粗面が、ゴールドスタンダードと見なされる¹⁻³⁾。

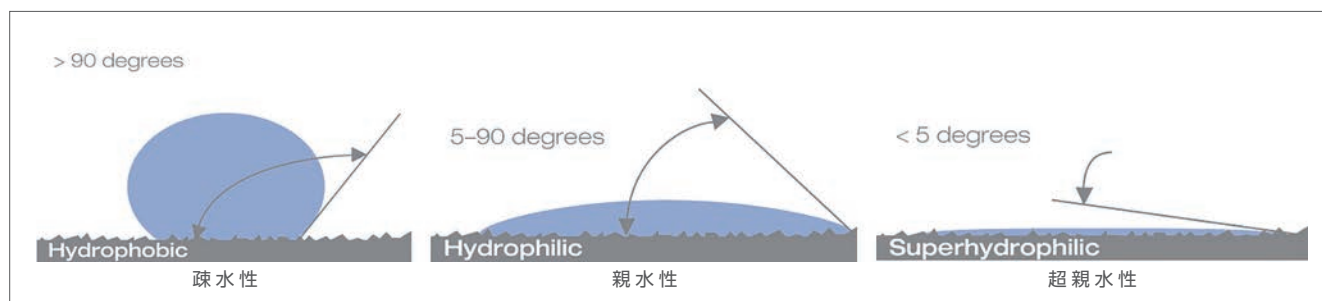
現状では、オッセオインテグレーションの信頼性から見て「サンドブラスト-熱酸エッチング」が望ましい。ただし、インプラント表面と骨との間の相互作用が粗度のみで改善されるのか、また表面組成の変化が最適化効果

を増大させられるのかについてはまだ明らかではない^{4,5)}。

骨質が悪い(骨質3~4)場合は、基本要件がいっそう厳しくなる。インプラント表面の骨伝導、さらに骨誘導メカニズムをも利用した急速な細胞接着が、オッセオインテグレーションを促進するための必須条件であり、BIC(インプラントと骨の接触)値が高いほど好ましい。

問題

インプラントは、保存期間の長短によって製造後の表面挙動が変化する。滅菌パッケージ内の炭化水素が、もと



図A

図1a 初診時、2の口蓋側に縦破折。

図1b 同、頬側面。

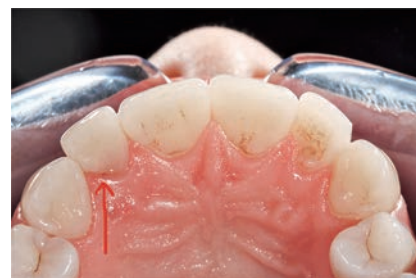


図1c 同、咬合面。

もとあった親水性表面を疎水性表面に変様させるからである⁶⁾。表面に対する水滴の接触角が90°以上だと疎水性表面、90°未満であるときは親水性表面と見なされる。接触角が5°以下でもはや測定不可能であるとき、超親水性と呼ばれる(図A)。

アルカリ調整液でインプラント表面を湿らせると、表面の疎水性挙動を超親水性挙動に転換させることができる。この調整作用は、以下の効果を伴っている。

- 1) 超親水性により、タンパク質吸着が容易に、均質にかつ迅速に開始される⁷⁻⁹⁾。
- 2) 超親水性表面上に吸着されたタンパク質が細胞にすぐさま認識される(直接的に生体利用可能になる)ために、細胞が調整された表面上に迅速かつ均質に蓄積する。これは、疎水性表面と全く対照的。
- 3) 急速な細胞接着により、BIC値が非常に高く伸び、したがってオッセointegrationが促進される⁹⁾。
- 4) 重要な初期治癒時にインプラントの安定性が改善され、特に骨質が不足

している場合に、このことが有利に働く¹⁰⁻¹³⁾。

多施設共同研究(M・メルリク<イタリア：リミニ>、U・グルンダー<スイス：ツオリコン>、S・マークヴァルト<ドイツ、テーゲルンゼー>)において、イニセル調整の効果を実証することができた。

33本のインプラントを22人の患者に埋入し、3週間経過直後(骨質1~3)もしくは6週間経過直後(骨質4)に補綴治療を行った。

5年間の観察後に損失はなかった。これは、イニセルインプラントによる初期荷重が弱い骨においても可能であることを示唆している¹⁴⁾。

イニセルインプラントで表面を調整すれば、初期治癒段階でBIC値を増大させることができ、したがって特に弱い骨の場合に安全性をより高めることができる。

症例報告

イニセルインプラント表面を、主に骨粗鬆骨またはクラス4の軟、海綿骨

にインプラント手術前に(例えばサイナスリフト、ブロック骨移植、ボーンシェルテック等で)骨増生が必要な部位に適用した例を提示する。

<初期状態>

2018年、根管治療失敗後に、|2が縦破折。破折の隙間を通じて口蓋側-頬側骨は感染し、深刻な骨吸収が持続していた(図1~4)。

審美的条件が課題となり(若い患者、ガミースマイル、健康な隣接歯のため)、機能的および審美的要因が、最適な自然修復のための焦点となった。

臨床学およびX線所見後に、2回法アプローチが賢明であると判断した。

<実施>

慎重に抜歯し、次に炎症性肉芽組織、歯根(根尖)嚢胞を除去し、その後、傷口にコラーゲンクロットを充填し、補助的に縫合糸で閉じた(図5a、5b)。このとき、軟組織と硬組織の同時増生は、審美的位置、顕著な炎症、欠損状況から禁忌であった。抜歯した歯牙の歯根を分割し、歯根管を根尖側に閉塞した後に隣接歯に接合して暫間的修復を行った(図6)。

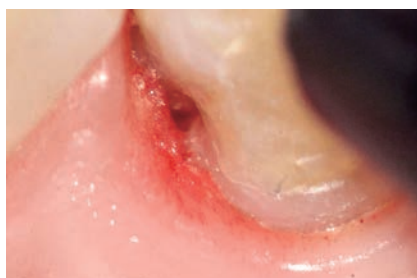


図2 口蓋側の縦破折。



図3 初診時、|2 X線写真。

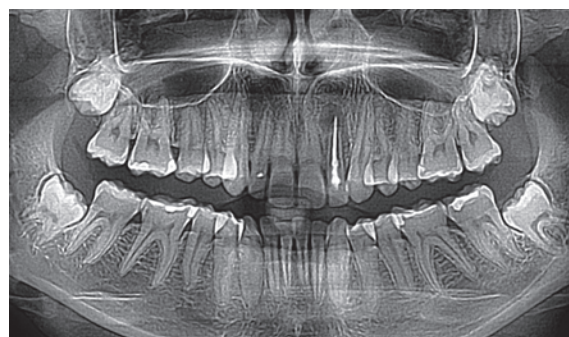


図4 初診時X線、OPG (Orangedental社製パノラマ)。



図5a |2 抜歯後の抜歯窩、頬側面。



図5b 同、咬合面。



図6 暫間修復。抜歯した歯牙の歯冠を隣在歯に接着。

Clinical Report

10週間後に、CTで欠損状態を正確に解析した(図7)。

治癒後、抜歯エリアが硬組織崩壊を示した。咬合方向から見ると、凹部退縮が分かる(図8a、8b)。その後、コンテナオーグメンテーション(同種皮質骨プレートによる改良型Khouryテクニック)で、骨欠損を再建^{15~18)}。

軟組織の切開後、臨床学的欠損はX線の三次元所見に合致した(図9a~9c)。頬側および口蓋側の両方の同種骨プレートを、両者が安定したコンテナを形成するようにスクリューで固定(図10a~11b)。増生部位の歯冠側は長期安定吸収性メンブレンで被覆し、さらに二重架橋吸収性コラーゲンメンブレンをダブルレイヤーテクニックで頬側に装着^{19~21)}(図13)。

治癒の5ヵ月後に、CTを使用してX線の検査を行った。有意義な骨量が増

加し、それに応じた歯槽骨形態が明瞭に視認でき(図14)、臨床学的にも確認された(図15)。切開およびインプラント手術中に、骨接合スクリューを外して、骨の再生と血流が確保されていることを診断(図16、17)。

増生部位のインプラント手術は、4.0×9.5 mm (SPI イニセルインプラント エレメント RC、Thommen Medical社)を使用して容易に埋入することができた(図18a~18d)。

超親水性インプラント表面は、APLIQUIQ®により、埋入直前にチェアサイドで製作する。インプラントとは別に保存されているアルカリ液をインプラントに供給し、振動させながらインプラント表面に均質に分布させる(図19)。スクリュー固定修復を可能にするために、インプラントの位置決定は最適な補綴基準に従った。隣接歯の乳

頭が安定的にかつ確実に成長できるように生物学的原則に基づいてインプラントの三次元的位置を最適化した²²⁾。埋入後は速やかにインプラント位置をスキャンし、そのデータをラボに伝送(図20)。

抜糸の際に、エマーゼンスプロファイルを獲得できるようにスクリュー固定式暫間的修復を装着した。このとき、形状および色調など審美的側面の第一印象を確認した(図21a、21b)。

審美的エマーゼンスプロファイルを形成した上で(図22a、22b)、新たな印象は不要であると判断した。最終修復治療には、組織が成熟するまで4週間かかると判断。もしこの症例において審美的リスクが複雑でなければ、イニセルインプラント表面によって、暫間的段階を省略することができたかもしれない。

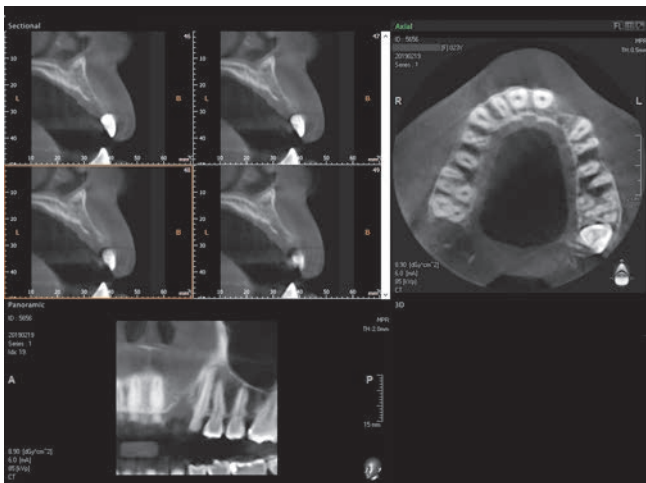


図7 3次的欠損状態 (Orangedental社製CT)。



図8a |2 抜歯部位10週間治癒後、頬側面。



図8b 同、咬合面。

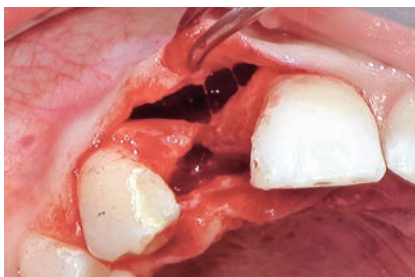


図9a |2 部位骨欠損、咬合面。

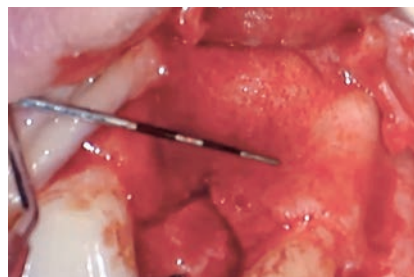


図9b 同、口蓋側面。



図9c 同、頬側面。

クラウンを作製するにあたっては、いつも同じコンセプトに従っている。

1) 材料適合性を確保するために、インプラントと全く同素材のチタンベースのみを使用。

2) 生物学的および機械的統合を最適にするために、歯科技工士は生体不活性ジルコニウムクラウンを口腔外でチタンベース上に接合する。このハイブリッドアバットメントクラウン(HAC)は、スクリュー固定されるが、これは、インプラントの厳密な事前計画および位置決定によって可能となる。

3) 自然なエマージェンスを再現する

ために、カントウアーは、a) 歯科技工士がスキャンを通じて行う、b) 比較歯(ここでは|2)のアナロジーを用いて、基準点として「コピー」し、「反映」させる。解剖学的要因(例:骨から想定上の隣接接触点までの、5mmを超えてはならない距離)を歯科技工士にも伝送する²²⁾。

以上を実行することにより、材料適合性および生体適合性の課題を解決し、自然でかつ安定的な再建を行うことができる。

インプラント-アバットメントコネクションの精度、安定性が高いため、固定用スクリューは細いもので十分であ

り、その結果、極めて細いスクリュー溝となる。このことはすなわち、インプラントの適正な位置でのスクリュー固定がほとんどいつも可能であることを意味しており、その一方で歯科技工士も、層材スペースが十分確保され、最適なセラミック層厚からもたらされる審美的結果が得られることを意味している(図23a、23b)。

スクリュー固定のもう一つの利点は、修復材の剥落等の問題が万一起こったときに、除去が容易で、予見可能で、迅速にできることにある。

スクリューヘッドは滅菌テフロンテープで保護、スクリュー溝はコンポ

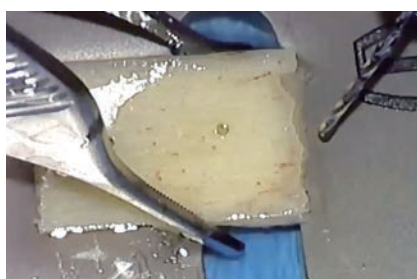


図10a 同種皮質骨プレート、骨接合スクリュー用プレドリルホール。

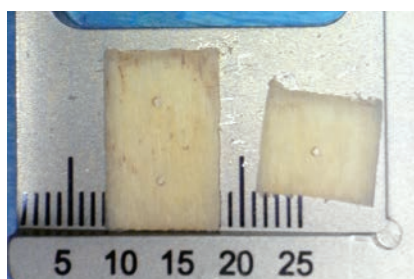


図10b 同、スプリット、同種皮質骨プレート。



図11a 同種骨プレート固定、咬合面。

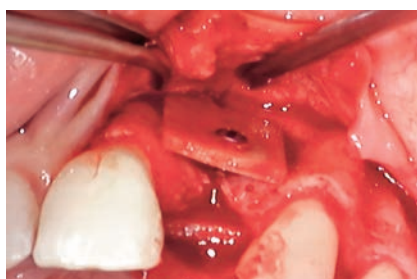


図11b 同、頬側面。



図12a 骨コンテナと骨欠損を同種骨補填材で充填。

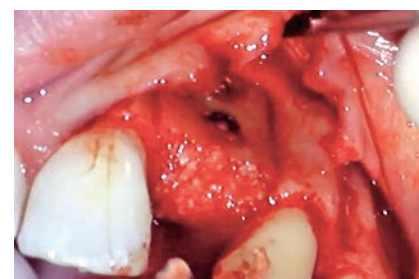


図12b 同、咬合面。

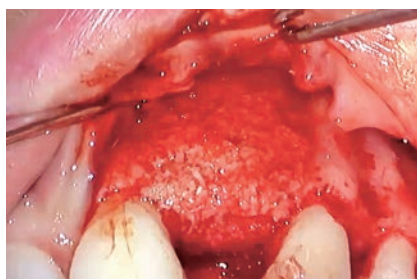


図12c 同、欠損部位の完璧な充填。

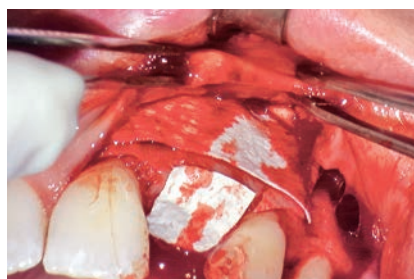


図13 分解率が異なる吸収性コラーゲンメンブレンをダブルレイヤーテクニックで増生部位を完全に被覆。



図14 増生 5ヵ月後の3次元的分析 (Orange dental社製CT)。

Clinical Report

ジットで封鎖されている。

結果

治療のどの時点においても、患者は失った歯で困ることはなかった。骨増生の治癒段階では、問題の歯は隣接歯に接着接合されていた。

インプラントの埋入後は、その位置がスキャンされ、イニセル表面とその結果得られる高いBIC値のおかげで、スクリー固定式クラウンをわずか7日後に装着することができた。最終的修復は、増生骨へのインプラント埋入のわずか数週間後に行うことができる。

インテグレーションの直後に画像を撮影した。患者には、乳頭部位は数週

間後に完全に充填され、修復部位が天然歯と美しく調和することを約束することができる(図24a~24d)。

X線的検査では完全な調和が見られ(図25)、結果は患者にとっても満足できるものであった(図26a、26b)。

要旨

イニセルインプラントは、臨床学的に実証された、サンドブラスト-熱酸エッチング工程によるインプラント表面のさらなる発展型である。

研究によれば、埋入直前にアルカリ溶液で表面を調整すると、従来の未調整インプラント表面と比較して、BIC値が40%まで向上することが判明して

いる²³。

インプラント表面の調整は、生理学的細胞反応を増大させる効果もある。血塊中のフィブリン基質と活性化血小板は、骨形成原細胞の移動のための体制を構成するため、新しい骨の初期形成にとって重要な要因となる。形成される血塊の組成、構造、組織に関していえば、イニセルインプラント表面と未調整表面との間に著しい相違がある。血液凝固カスケードの活性化と活性化血小板の数の両方が、表面の調整後に増大するからである²⁴。

チューリッヒ工科大学先端医療機関での研究では、イニセルインプラント表面上に、調整されないままのチタン表面上よりも高い濃度を提示する複数



図15 増生5ヵ月後の軟組織治癒。

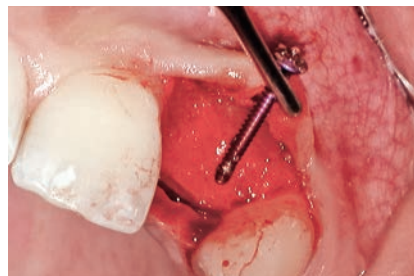


図16 5ヵ月後に増生部位を開窓。血流、硬い骨が見られる。



図17 増生5ヵ月後、骨接合スクリーウの除去。



図18a インプラント埋入。



図18b インプラント埋入。



図18c インプラント埋入。



図18d インプラント埋入。



図19 イニセルインプラント表面、コンディショニング溶液を均一に分布。



図20 デジタル伝送のためのスキャンアバットメントを装着。

の要因一骨形成タンパク質BMP-2（骨形態形成タンパク質-2）、オステオポンチン、D-ダイマー、プロマトリックスメタロプロテイナーゼ-9（pro-MMP9）、血管内皮細胞増殖因子（VEGF）一が確認された。

注目すべきは、pro-MMP9およびVEGFが血管新生促進要因であり、ヒト間葉系幹細胞（hMSC）と研究のインビトロモデルに使用した血液細胞を含む血塊との相乗的相互作用を通じて血管新生促進環境を創出していることである。概して、インセルによる血栓形成促進性のアルカリ性表面処理が多層メカニズムを通じて初期創傷治癒を直接改善する可能性があり、このことは臨床学的観察と一致しているが、こ

の多層メカニズムが明らかになった。すなわち、インプラント手術中のインプラント表面上のより厚い血塊の形成は、好中球や単球から分化したマクロファージの含有量を向上させ、言い換えるならば、自然創傷治癒カスケードは、インセルインプラント表面上の初期段階でより速く進行するのである²⁵⁾。

結論

この新しいテクノロジーによる、骨細胞を表面により速くかつ容易に接着させ、新しい骨形成を可能にするその生物学的論理は、説得力をもっている。

この調整テクノロジーは、臨床学的理由からばかりではなく生物学的理由からなおさら望まれる、より信頼性、速効性のあるオッセオインテグレーションに向かうための第一ステップであると思われる。より速いオッセオインテグレーションのおかげで、治療リスクが低減されているのは確かであり、治癒過程上の炎症や過荷重といった課題、暫間的処置に伴う問題等は軽減されている。

APLIQUIQ®チェアサイド調整システムによる迅速かつ容易な処置は、インプラント保存期間中に受ける疎水性表面変化に対する解決法を提供しているのである。



図21a 咬合スクリュー維持暫間修復物でエマージェンスをデザイン、頬側。



図21b 同、患者さんのスマイル。



図22a エマージェンスプロファイル、頬側。



図22b 同、咬合面。



図23a スクリューホールが極めて小さいため、最適なクラウンデザインが可能。

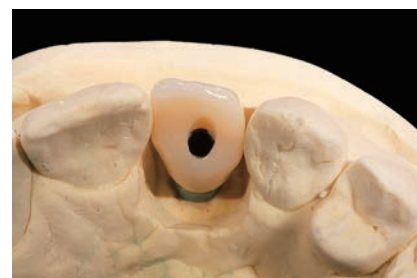


図23b 同、模型。

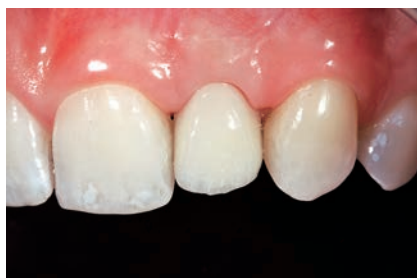


図24a 最終結果、インプラントクラウン。



図24b 同、前歯部。



図24c 同、最終バイト。

Clinical Report

参考文献

- 1) Shalabi et al Implant Surface Roughness and Bone Healing a Systemic Review J Dent Research 2006 85 496;
- 2) Albrektsson T.; Wennerberg A; Oral Implant Surfaces: Part 1-Review Focusing on Topographic and Chemical Properties of different surfaces and in vivo responses to them; Int.J Prosthodont 2004; 17; 536-543
- 3) Wennerberg A, Albrektsson T.; Effects of titanium surface topography on bone integration, Clin. Oral Impl. Rs. 20 2009 172-184.
- 4) R. Junker et. al.; Effects of implant coatings and composition on bone integration, a systemic review, Clin.Oral Impl.Res 20 2009 185-206.
- 5) Lossdorfer S, Schwartz Z, Cochran DL, et al. J Biomed Mater Res 2004 Sep 1.
- 6) Scharnweber D1, Schlottig F, Oswald S, Becker K, Worch H. How is wettability of titanium surfaces influenced by their preparation and storage conditions? J Mater Sci Mater Med. 2010 Feb;21(2):525-32. doi: 10.1007/s10856-009-3908-9. Epub 2009 Oct 23.
- 7) Jäger, M.C., Zilkens,K., Zanger,, R. Krauspe Significance of Nano- and Microtopography for Cell-Surface Interactions in Orthopaedic Implants; J. Biomed Biotechnol. 2007:69036.
- 8) Jäger, M. Oberflächenmodifikationen

- von Implantaten. Teil 1. Orthopäde 47, 347-366 (2018).
- 9) Stadlinger et al, J Clin Periodont. 2010.
- 10) Boyan B, Schwartz Z, J Am Acad Orthop Surg 2006; 14.
- 11) Boyan B, Bonewald LF, et al. Calcif Tissue Int 2002; 71.
- 12) Schwarz F, Hertel M, et al. MKGCir 2007 11:11-17.
- 13) Schwarz F, Wieland M, et al. J Biomed Mater Res Part B 2008 Aug.
- 14) Held U, Rohner D, Rothamel D. Early loading of hydrophilic titanium implants inserted in low-mineralized (D3 and D4) bone: one year results of a prospective clinical trial. Head Face Med. 2013;9:37. Published 2013 Dec 9. doi:10.1186/1746-160X-9-37.
- 15) Khoury F., Augmentative Verfahren in der Implantologie, Quintessenz Pub. 2009.
- 16) Khoury F, Antoun A, Missika P: Bone augmentation in oral implantology. Berlin: Quintessenz Verlag; 2006.
- 17) Khoury F, Hanser T: Mandibular bone block harvesting from the retromolar region: a 10-year prospective clinical study. Int J Oral Maxillofac Implants. 2015; 30 (3): 688-697.
- 18) Schwartz-Arad d et al. Implant dent. (2005) 14:131-8.
- 19) Zubery Y, Nir E, Goldlust A. Ossification of a collagen membrane cross-linked by sugar: a human case series. J Periodontol. 2008;79(6):1101-1107.
- 20) Lee DW, Kim KT, Joo YS, Yu MK, Yu Ja, Ryu JJ. The role of two different collagen membranes for dehiscence defect around implants in humans. Journal of Oral Implantology. 2015;41(4):445-448.
- 21) Rothamel D, Schwarz F, Sager M, Hertel M, Sculean A, Becker J: Biodegradation of differently cross-linked collagen membranes. An experimental study in the rat. Clin Oral Implants Res 2005; 16:369-378.
- 22) Tarnow DP, Magner AW, Fletcher P., The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. J Periodontol. 1992 Dec; 63(12):995-6.
- 23) Calvo-Guirado JL. et al., Clin. Oral Impl. Res. 2010; 21, 308-315.
- 24) Milleret V. et al., Eur. Cell. Master. 2012; 15, 21: 430-44.
- 25) Melanie A. Burkhardt, Isabel Gerber, Cameron Moshfegh, Miriam S. Lucas, Jasmin Waser, Maximilian Y. Emmert, Simon P. Hoerstrup, Falko Schlottig and Viola Vogel; Clot-entrapped blood cells in synergy with human mesenchymal stem cells create a pro-angiogenic healing response. Biomaterials Science, Issue 10, Aug. 2017.



図24d 同、インプラントクラウン |2。



図25 最終クラウンのX線写真確認。



図26a 患者の満足した笑顔、前方観。



図26b 同、側方観。