



Title	唇側歯槽骨に裂開が存在する審美領域のインプラント治療において抜歯後即時および早期埋入が術後軟組織退縮に及ぼす影響
Author(s)	藤井, 三紗
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/87956
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

唇側歯槽骨に裂開が存在する
審美領域のインプラント治療において
抜歯後即時および早期埋入が術後軟組織退縮に及ぼす影響

大阪大学大学院歯学研究科 口腔科学専攻
顎口腔機能再建学講座 クラウンブリッジ補綴学分野

藤井三紗

緒言

審美領域のインプラント治療は、生存率が高いことに加え、審美的にも質の高い治療結果が必要とされる。そのため、抜歯後にインプラント体を埋入する時期は慎重に選択する必要がある[1]。1970年代初頭までは、抜歯部位が完全に治癒した後にインプラント体を埋入することが一般に行われていたが[2]、1980年頃には、抜歯と同時にインプラント体を埋入する抜歯後即時埋入が[3]、1990年代後半には、抜歯後軟組織が治癒した状態、あるいは抜歯窩に部分的に骨が形成された状態でインプラント体を埋入する早期埋入が提唱され始めた[4]。その後、2004年にはインプラント体埋入時期が、抜歯後即時埋入、早期埋入、および遅延埋入に分類され[5]、2008年の報告において、これら埋入時期はそれぞれ95%以上の高い生存率を示している[6]。

抜歯後即時埋入は、抜歯と同日にインプラント体を埋入することで手術回数を減少でき、また、抜歯窩の治癒を待つ必要がないため、治療期間を短縮できることから患者にとってのメリットが多く、選択される機会が増えている[7][8][9]。しかし、術後に軟組織退縮を引き起こし審美障害が生じる危険性があるため、適用される症例は限られると報告されている[10][11]。そのため、術後に良好な審美性を得ることが難しいと予測される場合、抜歯後即時埋入に結合組織移植術

を併用,あるいは早期埋入への埋入時期の変更が推奨されている[1][4][12]. いくつかの文献報告によると, 抜歯後即時埋入において審美的な治療結果を左右する要素の一つとして術前の唇側歯槽骨の裂開が挙げられる[13][14]. インプラント治療予定である天然歯の唇側歯槽骨には裂開が生じていることが多いが[15][16], 裂開の有無や形態に着目した過去の文献は少ない. 裂開が存在する抜歯前唇側歯槽骨に対して, 抜歯後即時埋入に結合組織移植術を併用,あるいは早期埋入を適用した症例における, 抜歯前唇側歯槽骨裂開の形態と術後のインプラント体唇側組織形態について評価した報告は存在せず, 抜歯前唇側歯槽骨に裂開が存在する症例において術後良好な審美性を得るために, いずれの術式が適しているかは明らかとなっていない. この理由としては, 報告ごとに裂開の計測方法, 計測の基準点が異なることや, 治療結果の評価が不十分であることが挙げられる.

抜歯前唇側歯槽骨の裂開形態の計測方法は, 過去の文献にいくつか報告されている. ボーンサウンディング[17][18]や, 術中にプローブを用いて裂開を計測する方法[19][20]は, 計測の基準が不明瞭であるため, 計測値の正確性は低い. 抜歯前に Cone-beam computed tomography (CBCT) を用いて裂開を評価する方法[21][22]は, 計測値の正確性は高い[23]が, これらの報告では, 計測の基準点に抜歯窩の口蓋側の骨頂や鼻腔の底部(上顎骨)を用いているものの, 抜歯窩の形態

や上顎骨の形態は患者ごとに大きく異なることから、これらの点は計測の基準点として必ずしも適切ではないと考えられる。

そこで本研究では、抜歯前および術後の CBCT を重ね合わせ計測する手法を用いた。本手法を用いることで、抜歯前の CBCT 画像データ上に、実際に埋入されたインプラント体と同一形態のインプラントモデルを同一位置に設置することが可能となり、インプラントモデルを基準として抜歯前の裂開の計測を行うことで唇側歯槽骨の裂開の基準化および定量化が可能になると考えた。

本研究の目的は、CBCT 画像データを重ね合わせる手法を用いて、抜歯前唇側歯槽骨に裂開が存在する審美領域のインプラント治療において、抜歯後即時および早期埋入の抜歯前歯槽骨形態、そして術後のインプラント体唇側組織形態を後ろ向きにて評価し、術後の軟組織退縮量に影響する因子の検討を行うことである。

本研究は、大阪大学大学院歯学研究科・歯学部及び歯学部附属病院倫理委員会の承認を受けた上で行った（承認番号 R2 - E20）。

材料と方法

被験者

大阪大学歯学部附属病院口腔補綴科にて 2011 年 8 月から 2019 年 6 月までに上顎前歯部あるいは小臼歯部にインプラント治療を受けた患者 505 名を対象とした。

包含基準は、1) 抜歯当日，または抜歯後 4 週から 16 週までに，骨造成と同時にインプラント体埋入が行われていること，2) 抜歯前唇側歯槽骨に裂開が存在していること，3) テーパージョイント，プラットフォームシフティングを有するインプラント体が埋入されていること，4) 固定性の上部構造が装着されていること，5) 当該歯の抜歯前 (T0)，上部構造装着時 (T1)，上部構造装着後約 1 年経過後の定期検診時 (T2) に CBCT 撮影が行われていることとした。除外基準は、1) 喫煙者であること[24]，2) 糖尿病で加療中の患者であること[25]，3) 急性の感染所見が認められることとした。すべての基準を満たした 49 名 (男性：19 名，女性：30 名，平均年齢：60.0 ± 14.0 歳) を本解析の被験者とした。

解析 1. 抜歯前唇側歯槽骨の裂開形態の群間評価

1. 術式の違いによる分類

対象の患者 49 名を埋入時期の違いにより以下の 3 群に分類した.

抜歯と同日に一次手術を行った抜歯後即時埋入群 (以下 I 群, 男性: 9 名, 女性: 11 名, 平均年齢: 61.5 ± 14.0 歳)

抜歯と同日に一次手術を行い, 結合組織移植術を併用した群 (以下 IC 群, 男性: 5 名, 女性 9 名, 平均年齢 58.4 ± 15.2 歳)

抜歯後 4 週から 16 週までの期間抜歯窩の治癒を待った後に一次手術を行った早期埋入群 (以下 E 群, 男性: 5 名, 女性: 10 名, 平均年齢: 61.8 ± 20.0 歳)

なお, E 群においては結合組織移植術は行われていない.

2. 撮影方法

CBCT は Alphard3030 (朝日レントゲン工業, 京都) を使用し, 撮影条件は表 1 に示すとおりに設定した. 撮影時の患者の姿勢は座位とし, インプラント周囲軟組織の描出のために撮影前にインプラント体埋入部位の口腔前庭部にコットンロールを挿入し, 上部構造および軟組織と口唇, 頬粘膜が接触しないようにして撮影を行った[26].

3. 術前・術後の CBCT の重ね合わせを用いた裂開の計測方法

CBCT データの画像再構築および CBCT 画像計測には, デジタル画像診断ソフトウェア Co DiagnostiX (Dental Wings, Canada) を用いた. 術前・術後の CBCT の重ね合わせは以下の手順にて行った (図 1).

- 1) 撮影した CBCT データをもとに抜歯前 (T0), 上部構造装着時 (T1) における三次元顎骨モデルを作製
 - 2) 左右側の眼窩下孔および頬骨突起に重ね合わせの基準点を設定し, T0 および T1 の三次元顎骨モデルを重ね合わせ
 - 3) 三次元顎骨モデルの重ね合わせを利用して, 術前の CBCT データ上に実際に埋入されたインプラント体と同一の位置にインプラントモデル(以下 IM)を設置させ, 水平断面上でインプラント体中心及び残存歯の中央を通るように歯列弓を設定し, IM のプラットフォームを含む断面を Axial 断面に設定
 - 4) Axial 断面上において, 歯列弓の接線と直交し, IM の中心を通過する断面を Cross Sectional 断面に設定
- 獲得した Axial 断面および Cross Sectional 断面を用い, IM を基準として抜歯前の唇側歯槽骨形態を評価し裂開を計測した.
- 重ね合わせを行った顎骨モデル上で IM 同士の位置関係を三次元的に計測し, CBCT の重ね合わせの精度検証を行った. T1 および T2 の三次元顎骨モデルを用いて評価した CBCT の重ね合わせの精度を図 2 に示す. 計測項目は, IM のプラットフォーム中心間の距離: Base (mm), IM の先端間の距離: Apex (mm), IM の長軸同士のなす角度: Angle (°) とした. 対象の患者 49 名から無作為に 10 名

の患者を抽出し、それぞれのインプラント体 10 本に対して、T1 および T2 の顎骨モデルの重ね合わせを行い、IM の位置関係 (Base, Apex, Angle) を計測した。

この顎骨モデルの重ね合わせおよび IM の位置関係の計測を、抽出した患者 10 名に対して各々 5 回ずつ行い、平均値を算出した。CBCT の重ね合わせによる誤差は、Base : 0.05 ± 0.02 mm, Apex : 0.07 ± 0.03 mm, Angle : 0.21 ± 0.07 ° であり、高い精度を有していた。

4. 抜歯前の唇側歯槽骨形態の計測

T0 の CBCT データを抽出し、画像診断ソフトウェア上にて抜歯前の唇側歯槽骨形態を計測した (図 3)。すべての計測は、埋入されたインプラント体と同一形態の IM を同一位置に設置し、IM を基準として獲得した Axial 断面および Cross Sectional 断面を用いて行った。

計測部位は、プラットフォームレベルを基準として、獲得した Axial 断面上において計測した唇側歯槽骨の裂開の近遠心的な幅 (DW)、Cross Sectional 断面上において計測した唇側歯槽骨の裂開の深さ (DH)、および IM の最も唇側を基点とする歯根の頬舌的な幅 (GAP)、およびインプラント体の露出量 (EH)、とした。

抜歯前の唇側歯槽骨形態の計測における検者内信頼性、検者間信頼性について、級内相関係数 (Interclass Correlation Coefficient : 以下 ICC) を用いて検討し

た. 検者 1 名が無作為に対象患者から 10 名（インプラント体 10 本）を抽出し、その患者の T0 および T1 の三次元顎骨モデルの作製を行い、両者の重ね合わせを画像診断ソフト上にて行った. 三次元顎骨モデルの重ね合わせを利用して、T0 の CBCT データ上で、実際に埋入されたインプラント体と同一の位置に IM を表示させた. この IM のプラットフォームを含む水平な断面を Axial 断面とし、Axial 断面上において、歯列弓の接線と直交し、IM の中心を通過する断面を Cross Sectional 断面とした. 各断面上において、DW、DH、GAP および EH を計測した. この計測用断面の設定および抜歯前の唇側歯槽骨形態の計測をそれぞれ 2 回ずつ行い、検者内信頼性を算出した. 同様に、検者 2 名が無作為に対象患者から 10 名（インプラント体 10 本）を抽出し、計測用断面の設定および抜歯前の唇側歯槽骨形態の計測を別々に 1 回ずつ行い、検者間信頼性を算出した（表 2）. 検者内信頼性について、ICC は DW が 0.91、DH が 0.89、GAP が 0.87、および EH が 0.93 であった. また、検者間信頼性について、ICC は DW が 0.90、DH が 0.87、GAP が 0.89、および EH が 0.94 であり、高い検者内、検者間信頼性を有すると判断できたため、以下の計測は 1 名の検者で行った.

5. 埋入時期ごとの抜歯前唇側歯槽骨形態の比較

1 名の検者により、埋入時期の異なる 3 群の抜歯前唇側歯槽骨形態の各計測項目を計測し、3 群間における各計測項目の比較を行った.

統計解析には Kruskal-Wallis 検定を用い、3 群間の平均値の比較を行い、差が認められた項目について、Bonferroni 補正の Mann-Whitney の U 検定による多重比較を行った。有意水準は $\alpha = 0.017$ とした。

解析 2. 術後インプラント体唇側組織形態の経時的変化量の群間評価

1. 使用したインプラント体

本研究で使用したインプラント体はプラットフォームシフティングを有するテーパージョイント型インプラント（Nobel Biocare 社，Switzerland もしくは Straumann 社，Switzerland）とした。対象としたインプラント体は、平均長径 12.2 ± 1.1 mm（10.0 mm – 14.0 mm）、平均直径 3.8 ± 0.4 mm（3.3 mm – 4.3 mm）であった。

2. インプラント体の埋入術式

各インプラントメーカー推奨のプロトコールに従い、インプラント体の埋入を行った。なおインプラント体の埋入術は臨床経験 10 年以上の日本口腔インプラント学会専門医 2 名が行った。

3. 使用した骨補填材および遮断膜

全症例で骨造成術が実施され、骨補填材には Bio-Oss（Geistlich, Switzerland）、遮断膜には Bio-Gide（Geistlich, Switzerland）を使用した。

隣接する骨形態を参考にして、近遠心、および唇側の歯槽骨の連続性が維持されるように、一次手術時にインプラント体の唇側に Bio-Oss を填入し、填入した Bio-Oss を被覆するように Bio-Gide を留置した。

4. インプラント体唇側組織計測用断面の獲得方法および計測部位

使用した CBCT 装置, デジタル画像診断ソフトウェア, CBCT 撮影方法は解析 1 と同様である。

各群において, T1 および T2 の CBCT データを抽出し, 画像診断ソフトウェア上で術後のインプラント体唇側組織を計測した。インプラント体唇側組織計測用断面は, 埋入したインプラント体を基準として, 解析 1 と同様の方法で獲得した Cross Sectional 断面を計測用断面とした。

計測部位は, Cross Sectional 断面上のプラットフォームレベルを基準として, インプラント体唇側硬組織の厚さ (BW), 高さ (BH) およびインプラント体唇側軟組織の厚さ (GW), 高さ (GH) を T1, T2 においてそれぞれ計測した (図 4)。また, T1 から T2 にかけての硬組織変化量 (ΔBW , ΔBH) および軟組織変化量 (ΔGW , ΔGH) を算出した。

術後のインプラント体唇側組織形態の計測における検者内信頼性, 検者間信頼性について, 解析 1 と同様の手法を用いて ICC の検討を行った (表 3)。

検者内信頼性について, ICC は BW が 0.92, BH が 0.87, GW が 0.89, および

GH が 0.84 であった。また、検者間信頼性について、ICC は BW が 0.93, BH が 0.89, GW が 0.87, および GH が 0.89 であり、高い検者内、検者間信頼性を有すると判断できたため、以下の計測は 1 名の検者で行った。

5. 埋入時期ごとのインプラント体唇側組織形態の比較

1 名の検者により、埋入時期の異なる 3 群のインプラント体唇側組織の各計測項目を計測し、変化量を算出した。3 群間における各計測項目および変化量の比較を行った。

統計解析には Kruskal-Wallis 検定を用いて 3 群間の平均値の比較を行い、差が認められた項目について、Bonferroni 補正の Mann-Whitney の U 検定による多重比較を行った。有意水準は $\alpha = 0.017$ とした。

解析 3. 抜歯前唇側歯槽骨形態と術後軟組織量との関連

各群において、解析 1 で計測した唇側歯槽骨形態 (DW, DH, GAP, EH) と、解析 2 で計測したインプラント体唇側軟組織の厚さ (T1GW, T2GW), 高さ (T1GH, T2GH) および T1 から T2 にかけての軟組織変化量 (ΔGW , ΔGH) との相関関係について Spearman の順位相関係数により評価した。有意水準は $\alpha = 0.05$ とした。

解析 4. 術後の軟組織退縮に影響を及ぼす因子の検討

術後軟組織退縮に、裂開の幅 (DW) および深さ (DH), 埋入時期 (抜歯後即時埋入, 早期埋入), および結合組織移植術の有無が及ぼす影響について, 目的変数を解析 2 で計測した術後軟組織退縮量 (ΔGH), 説明変数を解析 1 で計測した裂開の幅 (DW), 裂開の深さ (DH), 埋入時期 (抜歯後即時埋入, 早期埋入), および結合組織移植術の有無, とした重回帰分析を用いて検討した. 有意水準は $\alpha = 0.05$ とした.

結果

対象としたインプラント体 49 本を埋入時期の違いにより 3 群に分類した結果, I 群が 20 本, IC 群が 14 本, E 群が 15 本であった. 各群における, 男女比, 年齢, インプラント体埋入部位を表 4 に示す. 経過期間, 使用したインプラント体の長径, 直径, 形状, インプラントメーカー, 上部構造固定様式, および生存の有無を表 5 に示す. ベースラインデータのいずれの項目においても 3 群間の有意差を認めなかった.

解析 1. 術前の唇側歯槽骨形態の比較

DW は, I 群が 2.5 ± 0.8 mm, IC 群が 2.7 ± 0.7 mm, E 群が 3.9 ± 1.0 mm であった. DH は, I 群が 3.3 ± 2.0 mm, IC 群が 4.3 ± 1.7 mm, E 群が 4.3 ± 2.1 mm であった. GAP は, I 群が 2.1 ± 0.7 mm, IC 群が 2.4 ± 1.1 mm, E 群が 2.4 ± 0.8 mm であった. EH は, I 群が 4.9 ± 1.5 mm, IC 群が 5.1 ± 1.8 mm, E 群が 5.4 ± 2.3 mm であった.

DW は E 群が I 群 IC 群よりも有意に大きかった. その他の項目においては全ての群間で有意な差を示す項目は認めなかった (図 5, 表 6).

解析 2. 術後のインプラント体唇側組織形態の比較

T1BW は、I 群が 2.1 ± 0.8 mm, IC 群が 2.0 ± 1.0 mm, E 群が 2.3 ± 1.0 mm であった。T2BW は、I 群が 1.6 ± 0.8 mm, IC 群が 1.8 ± 1.0 mm, E 群が 2.0 ± 1.0 mm であった。算出した変化量 ΔBW は、I 群が 0.5 ± 0.5 mm, IC 群が 0.3 ± 0.2 mm, E 群が 0.3 ± 0.2 mm であった。T1BH は、I 群が 1.7 ± 0.6 mm, IC 群が 1.6 ± 1.0 mm, E 群が 1.6 ± 0.8 mm であった。T2BH は、I 群が 1.0 ± 0.5 mm, IC 群が 1.3 ± 1.0 mm, E 群が 1.3 ± 0.8 mm であった。算出した変化量 ΔBH は、I 群が 0.7 ± 0.4 mm, IC 群が 0.3 ± 0.2 mm, E 群が 0.2 ± 0.2 mm であった。

術後インプラント体唇側硬組織において、算出した変化量 ΔBH は I 群が IC 群 E 群より有意に大きかった。その他項目においては全ての群間で有意差を認めなかった (図 6, 表 7)。

T1GW は、I 群が 2.1 ± 0.4 mm, IC 群が 2.8 ± 0.7 mm, E 群が 2.7 ± 0.7 mm であった。T2GW は、I 群が 1.8 ± 0.4 mm, IC 群が 2.6 ± 0.7 mm, E 群が 2.4 ± 0.6 mm であった。算出した変化量 ΔGW は I 群が 0.3 ± 0.2 mm, IC 群が 0.2 ± 0.2 mm, E 群が 0.3 ± 0.2 mm であった。T1GH は、I 群が 4.5 ± 0.9 mm, IC 群が 5.0 ± 1.0 mm, E 群が 4.6 ± 1.0 mm であった。T2GH は、I 群が 3.8 ± 1.0 mm, IC 群が 4.6 ± 1.0 mm, E 群が 4.4 ± 1.1 mm であった。算出した変化量 ΔGH は、I 群が 0.7 ± 0.4 mm, IC 群が 0.3 ± 0.3 mm, E 群が 0.3 ± 0.2 mm であった。

術後インプラント体唇側軟組織において、T1GW、T2GW は I 群と比較して IC 群 E 群が有意に大きかった。算出した変化量 ΔGH は I 群と比較して IC 群 E 群が有意に小さかった。その他項目において全ての群間で有意差を認めなかった (図 7, 表 7)。

術後インプラント体唇側軟組織の厚みは軟組織退縮量に影響するとの報告が存在する[27]ため、T1GW と ΔGH の散布図を作成し、図 8 に示す。IC 群は T1 時に 1 症例を除いて、また E 群は T1 時に 3 症例を除いて 2 mm 以上の唇側軟組織の厚みを認め、1 mm 以上軟組織退縮した症例は認めなかった。

解析 3. 抜歯前唇側歯槽骨形態と術後軟組織量との関連

I 群において、DW および DH と T2GH の間に負の相関係数を認め (DW : $r = -0.50$, $P = 0.03$, DH : $r = -0.46$, $P = 0.04$)、DW、DH が大きいほど T2GH が小さかった。また、DW と ΔGH の間に正の相関を認め ($r = 0.48$, $P = 0.03$)、DW が大きいほど ΔGH が大きかった。IC 群および E 群では、抜歯前唇側歯槽骨形態と術後軟組織退縮の間に相関を認めなかった (表 8, 9)。

解析 4. 術後の軟組織退縮に影響を及ぼす因子の検討

重回帰分析を行う前に変数の正規性について Shapiro-Wilk 検定を用いて分析

を行ったところ、量的変数については正規性が確認された。また埋入時期に関しては抜歯後即時埋入群を 0，早期埋入群を 1，結合組織移植術の有無に関しては結合組織移植術無し群を 0，結合組織移植術有り群を 1 とし、ダミー変数化を行った。相関行列表を観察した結果、相関係数が 0.8 以上となるような強い相関を認めなかったため、全ての変数を対象とした。VIF は全て 10.0 未満であり多重共線性には問題はなかった。分散分析表の結果は有意であったが、調整済み R² は 0.431 であったため適合度は低いと評価した。また、ダービン・ワトソン比は 2.213 であり、実測値に対して予測値が±3SD を超えるような外れ値も存在しなかった。

ステップワイズ法を用いた重回帰分析の結果より、以下の重回帰式が得られた。

$$\Delta GH = 0.361 - 0.644 \times \text{埋入時期} - 0.444 \times \text{結合組織移植術の有無} + 0.147 \times$$

DW

(ΔGH : 軟組織退縮量, DW : 裂開の幅)

術後軟組織退縮には、埋入時期 ($\beta = -0.739$)、結合組織移植術の有無 ($\beta = -0.520$)、および DW ($\beta = 0.378$) の順で有意に影響していた。 DH は有意な影響

を示さなかった（表 10）.

考察

抜歯後のインプラント体埋入時期は、抜歯直後にインプラント体を埋入する抜歯後即時埋入、抜歯後軟組織の治癒あるいは部分的な骨治癒を伴う早期埋入、完全に治癒した抜歯部位へインプラント体を埋入する遅延埋入に分類されている。2004年に抜歯後即時埋入は、早期埋入や遅延埋入と同様に高い生存率を有する治療法であることが報告された[28]。

近年、抜歯後即時埋入が適用される機会が増加しており、その理由の一つとして治療期間の短縮が挙げられる。しかし本研究では、治療期間に関して抜歯後即時埋入と早期埋入との間に有意な差を認めなかった。抜歯後即時埋入において、インプラント体埋入後に確実なオッセオインテグレーションを獲得するために十分な治療期間を置くように推奨されている[29]。本研究の結果からも、各群における抜歯後から上部構造装着時までの治療期間はそれほど変わらず、抜歯後即時埋入は早期埋入に比べ、治療期間が短縮できるとは言えなかった（表 5）。

審美領域のインプラント治療は生存率のみではなく審美性も質の高い治療結果が必要とされており、特に抜歯後即時埋入と早期埋入の審美的結果に大きな関心が持たれている[29]。抜歯前唇側歯槽骨における裂開状の骨欠損の存在

は、術後審美的結果を左右する要因の一つであると報告されており[13][14]、抜歯前唇側歯槽骨に裂開が存在する症例に抜歯後即時埋入を適用すると、術後に軟組織退縮が生じるリスクが高いという報告が存在する[27][30]。そのため、術後軟組織退縮が予測される場合には抜歯後即時埋入に結合組織移植術を併用すること、あるいは早期埋入に術式を変更することが推奨されている[1][4][12]。しかし、各術式における抜歯前唇側歯槽骨の裂開形態と術後のインプラント体唇側組織形態について評価した過去の報告は少なく、実際に抜歯前唇側歯槽骨に裂開が存在する症例に対し、抜歯後即時埋入に結合組織移植術を併用することで、あるいは早期埋入を選択することで術後に軟組織退縮が生じるか明らかではなく、術式の判断基準は確立されていない。

この理由として、報告ごとに裂開の計測方法や計測の基準点が異なることや、唇側歯槽骨の裂開が存在する症例に対して、異なるインプラント体の埋入時期間で治療結果を比較した研究が少ないことがあげられる。近年のインプラント治療において抜歯前の CBCT 撮影は必須である[31]。抜歯前の CBCT 画像データを用いた評価[21][22]は、計測値の正確性は高いが、計測の基準点が不明瞭であるという欠点が存在する。そこで本研究では、抜歯前・術後の CBCT の重ね合わせを行い、抜歯前の CBCT 画像データ上に、実際に埋入されたインプラント体と同一の位置にインプラントモデルを設置することで計測の基準点を

明確とした．本手法を用いて，抜歯前唇側歯槽骨に裂開が存在する審美領域に抜歯後即時埋入あるいは早期埋入を適用した症例の，抜歯前唇側歯槽骨形態と術後インプラント体唇側組織形態の比較検討を行い，術後軟組織退縮量に影響する因子を検討した．

解析 1. 抜歯前唇側歯槽骨形態の比較

抜歯前の唇側歯槽骨形態は，抜歯前および術後の CBCT 画像データの重ね合わせを用いて評価した．CBCT 画像データ上での定量的評価はインプラント治療において広く用いられており，その正確度，再現性に問題はないとされている[32]．しかし，CBCT 画像データ上で埋入されたインプラント体と同一の位置に IM を配置する際には，インプラント体自身の金属アーチファクト等により多少の誤差が生じる可能性が考えられる．本手法における撮影時期の異なる CBCT 画像データの重ね合わせによる誤差を計測したところ，誤差は全て 0.2mm 未満となり，CBCT 画像のボクセル値は 0.2mm であるため得られた数値は不確かではあるが，高い精度を有した（図 2）．また検者内および検者間信頼性は，すべての測定項目において，級内相関係数が 0.8 を超えており，優れた信頼性を有していると考えられた（表 2）．また，計測の精度だけではなく，従来の手法では設定することが困難であった明瞭な計測の基準点を，IM を利用

して設定することができた。抜歯前の CBCT 画像データ上で唇側歯槽骨形態を評価することを可能とした本手法は、埋入時期を決定するための術前診断に寄与すると考えられた。

抜歯前唇側歯槽骨裂開の形態のうち、裂開の幅に関して早期埋入群が、抜歯後即時埋入群や抜歯後即時埋入と結合組織移植術併用群と比較して有意に大きかった。また裂開の幅と深さの散布図より、裂開の幅が 3 - 4 mm を超えると早期埋入を選択している傾向を認めた (図 8)。インプラント体埋入予定位置の唇側歯槽骨に大きな裂開が存在している場合、抜歯後即時埋入を適用すると術後軟組織退縮が生じる可能性が高くなると報告されている[27]。抜歯後即時埋入群のうち、裂開の幅を 3 mm 以上と 3 mm 未満に群分けし、Mann-Whitney の U 検定を用いて有意水準を $\alpha = 0.05$ とし術後軟組織退縮量の比較を行ったところ、裂開の幅が 3 mm 以上の群は有意に術後軟組織退縮量が大きかった (図 10)。術前の CBCT 画像データよりインプラント体埋入予定位置の唇側歯槽骨に 3 mm を超える裂開が存在していると、術後に軟組織退縮を認める可能性が高くなると予測でき、そのため 3 mm 以上の裂開の幅の存在は、抜歯後即時埋入を選択しない理由の一つと考えられる。

解析 2. 術後のインプラント体唇側組織形態の比較

本研究では、抽出したすべての症例において骨造成術が併用されており、骨補填材として Bio-Oss が、遮断膜として Bio-Gide がそれぞれ使用された。Bio-Oss はウシ骨を原材料とした異種骨であり、高い多孔性を有し[33]、優れた骨伝導能を有する[34]。また、一般的には非吸収性に分類されるが、過去の報告において吸収速度は遅いものの、術後 8 か月で 30%、20 か月で 70%が自家骨に置換したとされており[34]、緩徐ではあるが Bio-Oss はある程度自家骨へと置換されると報告されている[35]。硬組織の計測に際しても、CBCT 画像データ上で自家骨と骨補填材の識別は不鮮明であり、それらをまとめて硬組織として計測を行った。

軟組織の計測方法には、デジタルカメラによる口腔内写真を用いた計測[36]や模型を用いた計測[37]等が存在する。本研究においては、先行研究において考案したコットンロールを口腔前庭に挿入し、インプラント体の唇側軟組織と口唇が接触しないように CBCT 撮影を行う手法を利用した[26]。CBCT 画像上において、インプラント体と歯槽骨、歯槽骨と天然歯、歯槽骨と歯肉等の軟組織、軟組織と空気のようにエックス線不透過性が大きく異なるものの境界の判別はきわめて容易であった。本手法を用いることで、CBCT 画像データ上におけるインプラント体の唇側軟組織が明瞭に描出されるため、硬組織と同様に CBCT 画像データを用いて軟組織も計測することができた。

抜歯後即時埋入群，抜歯後即時埋入と結合組織移植術併用群および早期埋入群における術後のインプラント体唇側組織形態を比較したところ，唇側軟組織の厚みは上部構造装着時，上部構造装着後約 1 年経過時において抜歯後即時埋入群と比較し，抜歯後即時埋入と結合組織移植術併用群および早期埋入群が有意に大きかった．また骨吸収量や軟組織退縮量は抜歯後即時埋入群と比較して，抜歯後即時埋入と結合組織移植術併用群および早期埋入群が有意に小さかった（図 6，7，表 7）．

インプラント体唇側に厚い軟組織が存在する場合，軟組織が薄いものと比較して経時的な組織吸収が抑制されると報告されている[27][38]．本研究の結果より，抜歯後即時埋入に結合組織移植術を併用することで，術後に 2 mm 以上の唇側軟組織の厚みを認めた（図 9）．すなわち，抜歯前唇側歯槽骨に裂開が認められた症例に対して抜歯後即時埋入を適用した場合でも，結合組織移植術を併用することで術後に厚い唇側軟組織を獲得でき，術後垂直的な組織吸収を抑制できる可能性が示唆された．

また，早期埋入の利点として，抜歯前唇側歯槽骨が薄い場合，抜歯後軟組織の治癒を待つことにより軟組織量が増加すること[39]や，インプラント埋入時に抜歯窩は軟組織で被覆されるため，3–5 mm の角化歯肉幅を獲得できることが挙げられる[1][19]．本研究の結果より，早期埋入群はほぼ 2 mm 以上の唇側

軟組織量を獲得しており，術後 1 mm 以上軟組織退縮したものは認めなかった（図 9）．裂開が存在する抜歯前唇側歯槽骨に対し早期埋入を適用する場合にも厚い軟組織量を得ることができ，術後の垂直的な組織吸収量を抑制できる可能性が示唆された．

以上より，抜歯前裂開が存在する審美領域に対して抜歯後即時埋入を適用する場合には結合組織移植術を併用すること，あるいは早期埋入を適用することで軟組織退縮量を低減できる可能性が示唆された．また，裂開の幅が 3 mm 未満の抜歯即時埋入群において術後軟組織退縮量はほぼ 1 mm 未満であった（図 10）．裂開の幅が 3 mm 未満であれば，抜歯後即時埋入を適用しても良好な審美性を得られる可能性が示唆された．

解析 3. 抜歯前唇側歯槽骨形態と術後軟組織量との関連

過去の報告において，隣接歯まで及ぶ裂開が存在していると軟組織退縮が生じやすいといった，唇側歯槽骨の裂開の大きさと軟組織退縮に関連があるとしている報告[27]がある一方，5 mm 以上の深さの裂開が存在していても軟組織退縮は生じにくく，唇側歯槽骨の裂開の大きさと軟組織退縮との関連性は低いとしている報告[42]も存在する．このように抜歯前唇側歯槽骨形態と術後の軟組織退縮との関連性についての見解は統一されておらず，抜歯前唇側歯槽骨形態

が術後の軟組織退縮のリスク要因となる可能性が考えられる．このことから、両者の関連性について詳細に評価する必要があると考えられた．

抜歯後即時埋入群において、抜歯前唇側歯槽骨形態における計測項目（DW, DH, GAP, EH）のうち、裂開の外側骨形態である裂開の幅（DW）と深さ（DH）と、上部構造装着後約1年経過後のインプラント体唇側軟組織の高さ（T2GH）との間に負の相関を認め、裂開が大きければ、術後唇側軟組織の高さは低くなることが示された．また裂開の幅（DW）と上部構造装着後から1年経過における軟組織退縮量（ ΔGH ）との間に正の相関を認め、裂開の幅が広ければ軟組織退縮量は大きくなることが示された（表8）．抜歯前唇側歯槽骨に大きな裂開が存在している場合、抜歯後に生じる垂直的骨吸収量は大きくなり[22]、抜歯後即時埋入を適用しても抜歯後の骨吸収を防ぐことはできない[41]、と報告されている．そのため、裂開の幅（DW）や深さ（DH）が大きい場合には抜歯後即時埋入後に生じる骨吸収量の予測は困難となるため、術後インプラント体唇側組織形態に影響すると考えられた．

また、抜歯窩の幅（GAP）やインプラント体露出量（EH）に関しては術後軟組織量との間に関連は認めなかった．DWおよびDHといった唇側歯槽骨の裂開の大きさを示す値は、歯槽骨外表面の残存状態の指標と考えられ、GAPおよびEHといった抜歯窩の大きさを示す値は、骨欠損の内部の大きさの指標と考

えられる．すなわち本研究結果は，抜歯後即時埋入において，インプラント体唇側軟組織の高さを上部構造装着後以降も維持するためには，骨欠損の内部の大きさよりも，唇側歯槽骨外表面の残存状態が重要であることを示していると考えられた．

抜歯後即時埋入と結合組織移植術併用群および早期埋入群においては，抜歯前唇側歯槽骨形態と術後軟組織量との間に関連を認めなかった．これは抜歯後即時埋入に結合組織移植術を併用することで術後唇側軟組織の厚みが増えることと[42]，また早期埋入においては早期埋入時に唇側歯槽骨形態が変化し抜歯窩は軟組織で満たされるため唇側軟組織量が増加すること[39]が理由であると考えられ，抜歯前唇側歯槽骨形態に左右されず，術後軟組織退縮量を低減できる可能性があるとし唆された．

解析 4. 術後の軟組織退縮に影響を及ぼす因子の検討

解析 1 から 3 の結果では，術後軟組織退縮に対し，裂開形態，埋入時期，結合組織移植術の有無のどの因子が影響しているのか，またその影響力の違いは評価されていない．そのため，重回帰分析を用いて術後軟組織退縮に対して裂開の幅，裂開の深さ，埋入時期，および結合組織移植術がどのように関係しているか検討する必要があると考えた．本研究における被験者数は 49 名であり，説明

変数 4 つに対する症例数は少ないと考えられる。しかしこの回帰モデルは 0.1% 水準で有意であるため推定された重回帰式は統計的に有用であること、VIF はすべて 10.0 未満であり多重共線性に問題はないこと、またダービン・ワトソン比は 2.213 であり、実測値に対して予測値が $\pm 3SD$ を超えるような外れ値が存在しないことより、得られた推定値には問題がないと考えられた。

術後軟組織退縮には埋入時期（抜歯後即時埋入、早期埋入）、結合組織移植術の有無、裂開の幅（DW）の順で影響しており、裂開の深さ（DH）は影響していなかった。過去の報告より、裂開の幅が狭ければ裂開を修復するために十分な骨治癒が生じるため、インプラント治療後にも良好な審美的結果を得ることができるとされている[27]。そのため裂開の幅が狭い場合には裂開が深くとも、術後軟組織退縮のリスクは低く、抜歯後即時埋入を適用できる可能性が示唆された。

重回帰式より、裂開の幅が広い場合に抜歯後即時埋入を適用する際には結合組織移植術を適用すること、あるいは埋入時期を早期埋入へ変更することで軟組織退縮量は低減すると予測された（表 10）。しかし、本研究の重回帰分析から得られた術後軟組織退縮量の決定係数は $R^2 = 0.431$ であり、高い予測力をもつモデルとはならなかった。本研究における術後軟組織退縮量に影響を及ぼすと考えられる因子は様々であり、術前の唇側軟組織の厚み、手術時のフラップデザイン、インプラント体上部構造の固定様式と材質等、他にも存在すると考えられ

る。つまり、裂開形態と埋入時期、および結合組織移植術の有無だけでは術後軟組織退縮量に関係する要素を全て説明することはできず、より良い予測モデルを作成するためにはさらなる要因を組み合わせることが必要であると考えられた。

また本研究では軟組織退縮量について評価しているが、軟組織退縮により審美障害が生じているのか視覚的な評価は行っていない。インプラント治療における軟組織の術後評価として **Pink Esthetic Score (PES)** [43] が提唱されているが、今後は術後の口腔内写真や研究用模型等を用い、PES の評価を行う必要があると考えられる。

最後に、本研究では治療術式により対象患者を3群に分類して評価を行った。両群の男女比、年齢、歯種等のベースラインデータに有意差はなかったものの、これらの因子あるいは未知の因子による交絡の存在は否定できない。これらの交絡を防ぐために、また術後軟組織退縮を引き起こすと考えられる他の因子も加えて検討するために、今後も被験者数を増やし、さらなる統計解析を行うことが求められる。

結論

抜歯前唇側歯槽骨に裂開が存在する審美領域への抜歯後即時および早期埋入の術後インプラント体唇側組織形態の変化量を評価した結果、軟組織退縮量を低減するための埋入時期の判断基準について以下の結論を得た。

1. 抜歯後即時埋入では結合組織移植術を併用することで、また早期埋入では抜歯後軟組織の治癒を待つことで、それぞれ厚い唇側軟組織が得られることが示唆された。
2. 裂開の幅が狭い場合には、裂開が深くとも抜歯後即時埋入による術後軟組織退縮のリスクが低いことが示された。
3. 裂開の幅がより広い場合、抜歯後即時埋入を適用する場合には結合組織移植術を併用することで、あるいは埋入時期を早期埋入へ変更することで、術後軟組織退縮のリスクは低減されることが示唆された。

文献

- [1] D. Buser, V. Chappuis, U. C. Belser, and S. Chen, “Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late?,” *Periodontol. 2000*, vol. 73, no. 1, pp. 84–102, 2017.
- [2] R. Adell, U. Lekholm, B. Rockler, and P. I. Branemark, “A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw,” *Int. J. Oral Surg.*, vol. 10, no. 6, pp. 387–416, 1981.
- [3] W. Schulte, H. Kleineikenscheidt, K. Linder, and R. Schareyka, “The Tübingen immediate implant in clinical studies.,” *Dtsch Zahnarztl Z*, vol. 33, no. 5, pp. 348–359, 1978.
- [4] D. Morton, S. Chen, W. Martin, R. Levine, and D. Buser, “Consensus Statements and Recommended Clinical Procedures Regarding Optimizing Esthetic Outcomes in Implant Dentistry,” *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 29, no. Suppl, pp. 186–215, 2014.
- [5] C. H. F. Hämmerle, S. T. Chen, and T. G. Wilson, “Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets.,” *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 19, no. Suppl, pp. 26–28, 2004.
- [6] S. T. Chen and D. Buser, “Clinical and esthetic outcomes of implants placed in postextraction sites.,” *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 24, no. Suppl, pp. 186–217, 2009.
- [7] H. Arora and S. Ivanovski, “Correlation between pre-operative buccal bone thickness and soft tissue changes around immediately placed and restored implants in the maxillary anterior region: A 2-year prospective study,” *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 28, no. 10, pp. 1188–1194, 2017.
- [8] N. P. Lang, L. Pun, K. Y. Lau, K. Y. Li, and M. C. M. Wong, “A systematic review on survival and success rates of implants placed immediately into fresh extraction sockets after at least 1 year,” *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 23, no. Suppl 5, pp. 39–66, 2011.
- [9] R. Phillip, K. Joseph Y, R. Kitichai, C. Joseph M, Z. Grenith, and M. Juan, “Horizontal and vertical dimensional changes of peri-implant facial bone following immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: A 1-year cone beam computed tomography study.,” *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 27, no. 2, pp. 393–400, 2012.

- [10] M. S. Tonetti, P. Cortellini, F. Graziani, F. Cairo, N. P. Lang, R. Abundo, G. P. Conforti, S. Marquardt, G. Rasperini, M. Silvesri, B. Wallkamm and A. Wetzel., "Immediate versus delayed implant placement after anterior single tooth extraction: the timing randomized controlled clinical trial," *J. Clin. Periodontol.*, vol. 44, no. 2, pp. 215–224, 2017.
- [11] J. Cosyn, A. Eghbali, A. Hermans, S. Vervaeke, H. De Bruyn, and R. Cleymaet, "A 5-year prospective study on single immediate implants in the aesthetic zone," *J. Clin. Periodontol.*, vol. 43, no. 8, pp. 702–709, 2016.
- [12] E. G. Zuiderveld, H. J. A. Meijer, L. den Hartog, A. Vissink, and G. M. Raghoobar, "Effect of connective tissue grafting on peri-implant tissue in single immediate implant sites: A RCT," *J. Clin. Periodontol.*, vol. 45, no. 2, pp. 253–264, 2018.
- [13] F. Zuffetti, M. Capelli, F. Galli, M. Del Fabbro, and T. Testori, "Post-extraction implant placement into infected versus non-infected sites: A multicenter retrospective clinical study," *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, vol. 19, no. 5, pp. 833–840, 2017.
- [14] M. Dean, Stephen T. Chen, M. William C, L. Robert A, and D. Buser, "Consensus statements and recommended clinical procedures regarding optimizing esthetic outcomes in implant dentistry," *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 29, no. Suppl, pp. 216–220, 2014.
- [15] C. Hu, T. Gong, W. Lin, Q. Yuan, and Y. Man, "Immediate implant placement into posterior sockets with or without buccal bone dehiscence defects: A retrospective cohort study," *J. Dent.*, vol. 65, no. Suppl, pp. 95–100, 2017.
- [16] N. U. Zitzmann, P. Schärer, and C. P. Marinello, "Factors influencing the success of GBR," *J. Clin. Periodontol.*, vol. 26, no. 10, pp. 673–682, 1999.
- [17] W. Yang and X. Y. Ouyang, "Radiographic and clinical outcomes of ridge augmentation in molar extraction sockets with severe bone wall defect," *Chinese J. Dent. Res.*, vol. 18, no. 4, pp. 221–228, 2015.
- [18] G. M. Raghoobar, J. J. H. Slater, L. Den Hartog, H. J. A. Meijer, and A. Vissink, "Comparison of procedures for immediate reconstruction of large osseous defects resulting from removal of a single tooth to prepare for insertion of an endosseous implant after healing," *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 38, no. 7, pp. 736–743, 2009.
- [19] C. E. Nemcovsky and Z. Artzi, "Comparative Study of Buccal Dehiscence Defects in Immediate, Delayed, and Late Maxillary Implant Placement With Collagen Membranes: Clinical Healing Between Placement and Second-Stage

- Surgery,” *J. Periodontol.*, vol. 73, no. 7, pp. 754–761, 2002.
- [20] G. I. Benic, M. Mokti, C. J. Chen, H. P. Weber, C. H. F. Hämmerle, and G. O. Gallucci, “Dimensions of buccal bone and mucosa at immediately placed implants after 7 years: A clinical and cone beam computed tomography study,” *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 23, no. 5, pp. 560–566, 2012.
 - [21] J. H. Assaf, D. do C. Assaf, R. P. Antoniazzi, L. B. Osório, and F. M. G. França, “Correction of buccal dehiscence during immediate implant placement using the flapless technique: A tomographic evaluation,” *J. Periodontol.*, vol. 88, no. 2, pp. 173–180, 2017.
 - [22] V. Chappuis, O. Engel, M. Reyes, K. Shahim, L. P. Nolte, and D. Buser, “Ridge alterations post-extraction in the esthetic zone: A 3D analysis with CBCT,” *J. Dent. Res.*, vol. 92, no. 12, pp. 195–201, 2013.
 - [23] D. Wang, A. Kunzel, V. Golubovic, I. Mihatovic, G. John, Z. Chen, J. Becker and F. Schwarz, “Accuracy of peri-implant bone thickness and validity of assessing bone augmentation material using cone beam computed tomography,” *Clin. Oral Investig.*, vol. 17, no. 6, pp. 1601–1609, 2013.
 - [24] L. J. A. Heitz-Mayfield, O. G. Huynh-ba, and M. Dent, “History of treated periodontitis and smoking as risks for implant therapy,” *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 24, no. Suppl, pp. 39–68, 2009.
 - [25] M. L. Nevins, M. N. Y. Karimbux, H. P. Weber, W. V Giannobile, and J. P. Fiorellini, “Wound healing around endosseous implants in experimental diabetes,” *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 13, no. 5, pp. 620–629, 1998.
 - [26] A. Kaminaka, T. Nakano, S. Ono, T. Kato, and H. Yatani, “Cone-beam computed tomography evaluation of horizontal and vertical dimensional changes in buccal peri-implant alveolar bone and soft tissue : A 1-year prospective clinical study,” *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, vol. 17, no. 2, pp. 576–585, 2015.
 - [27] J. Y. K. Kan, K. Rungcharassaeng, A. Sclar, and J. L. Lozada, “Effects of the Facial Osseous Defect Morphology on Gingival Dynamics After Immediate Tooth Replacement and Guided Bone Regeneration: 1-Year Results,” *J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 65, no. 7, pp. 13–19, 2007.
 - [28] S. T. Chen, T. G. Wilson, and C. H. F. Hämmerle, “Immediate or Early Placement of Implants Following Tooth Extraction: Review of Biologic Basis, Clinical Procedures, and Outcomes,” *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, vol. 19, no. Suppl, pp. 12–25, 2004.
 - [29] S. Chen and D. Buser, “Esthetic Outcomes Following Immediate and Early Implant Placement in the Anterior Maxilla—A Systematic Review,” *Int. J. Oral*

- Maxillofac. Implants*, vol. 29, no. Suppl, pp. 186–215, 2014.
- [30] A. Sicilia - Felechosa, A. Pereira - Fernández, J. García - Lareu, J. Bernardo - González, P. Sicilia - Blanco, and I. Cuesta - Fernández, “Flapless immediate implant placement and provisionalization in periodontal patients: A retrospective consecutive case - series study of single tooth sites with dehiscence - type osseous defects.in press,” *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 31, no. Suppl, pp. 229-238, 2019.
 - [31] D. A. Tyndall, J. B. Price, S. Tetradis, S. D. Ganz, C. Hildebolt, and W. C. Scarfe, “Position statement of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology on selection criteria for the use of radiology in dental implantology with emphasis on cone beam computed tomography,” *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, vol. 113, no. 6, pp. 817–826, 2012.
 - [32] L. N. Shiratori and I. Chilvarquer, “Measurement of buccal bone volume of dental implants by means of cone-beam computed tomography,” *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 23, no. Suppl, pp. 797–804, 2011.
 - [33] S. Mike, D. Warwick. J, and C. Dawn. E, “Attributes of Bio-Oss® and Moa-Bone® graft materials in a pilot study using the sheep maxillary sinus model,” *J. Periodontol.*, vol. 53, no. 1, pp. 80–90, 2018.
 - [34] S. Sartori, M. Silvestri, F. Forni, A. I. Cornaglia, P. Tesei, and V. Cattaneo, “Ten-year follow-up in a maxillary sinus augmentation using anorganic bovine bone (Bio-Oss). A case report with histomorphometric evaluation,” *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 14, no. 3, pp. 369–372, 2003.
 - [35] T. Berglundh and J. Lindhe, “Healing around implants placed in bone defects treated with Bio-Oss®: An experimental study in the dog,” *Clinical Oral Implants Research*, vol. 8, no. 2, pp. 117–124, 1997.
 - [36] Y. Miyamoto and T. Obama, “Dental cone beam computed tomography analyses of postoperative labial bone thickness in maxillary anterior implants: Comparing immediate and delayed implant placement.,” *Int. J. Periodontics Restorative Dent.*, vol. 31, no. 3, pp. 215–225, 2011.
 - [37] S. Chu, M. Salama, D. Garber, H. Salama, G. Sarnachiaro, E. Sarnachiaro, S. Gotta, M. Reynolds, H. Saito and D. Tarnow, “Flapless postextraction socket implant placement, part 2: The effects of bone grafting and provisional restoration on peri-implant soft tissue height and thickness— A retrospective study,” *Int. J. Periodontics Restorative Dent.*, vol. 35, no. 6, pp. 803–809, 2015.
 - [38] S. T. Chen, I. B. Darby, G. G. Adams, and E. C. Reynolds, “A prospective clinical study of bone augmentation techniques at immediate implants,” *Clin.*

- Oral Implants Res.*, vol. 16, no. 2, pp. 176–184, 2005.
- [39] V. Chappuis, M. M. Bornstein, D. Buser, and U. Belser, “Influence of implant neck design on facial bone crest dimensions in the esthetic zone analyzed by cone beam CT: a comparative study with a 5-to-9-year follow-up,” *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 27, no. 9, pp. 1055–1064, 2016.
 - [40] K. W. Slagter, H. J. A. Meijer, N. A. Bakker, A. Vissink, and G. M. Raghoobar, “Immediate single-tooth implant placement in bony defects in the esthetic zone: A 1-year randomized controlled trial,” *J. Periodontol.*, vol. 87, no. 6, pp. 619–629, 2016.
 - [41] J. Merheb, M. Quirynen, and W. Teughels, “Critical buccal bone dimensions along implants,” *J. Periodontol.*, vol. 66, no. Suppl, pp. 97-105, 2014.
 - [42] W. G. van Nimwegen, G. M. Raghoobar, E. G. Zuiderveld, R. E. Jung, H. J. A. Meijer, and S. Mühlemann, “Immediate placement and provisionalization of implants in the aesthetic zone with or without a connective tissue graft: A 1-year randomized controlled trial and volumetric study,” *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 29, no. 7, pp. 671–678, 2018.
 - [43] R. Fürhauser, D. Florescu, T. Benesch, R. Haas, G. Mailath, and G. Watzek, “Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: The pink esthetic score,” *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 16, no. 6, pp. 639–644, 2005.

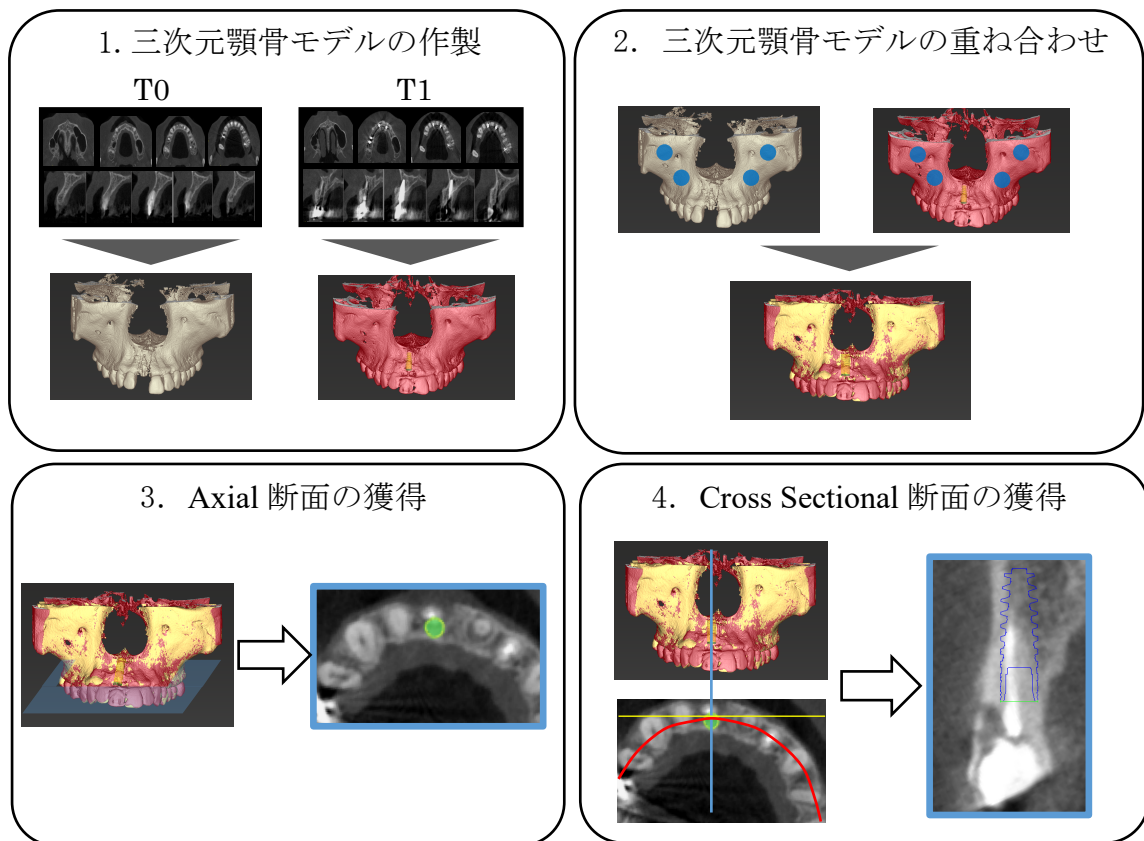
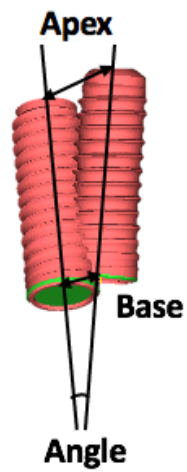
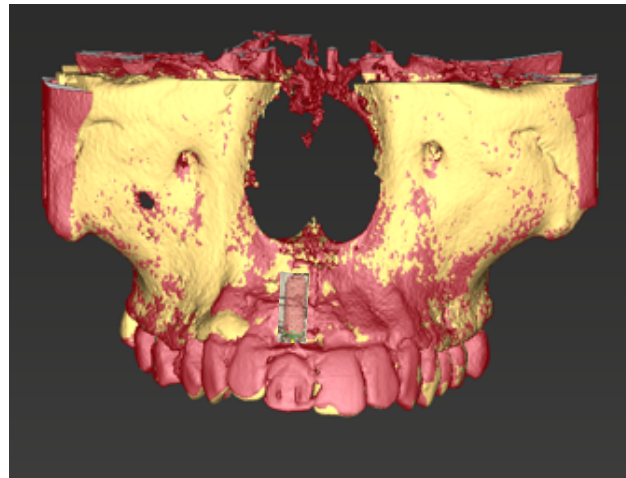


図1 術前・術後のCBCTの重ね合わせ

1. 画像診断ソフト上にて、撮影したCBCTデータをもとに抜歯前（T0）、上部構造装着時（T1）における三次元顎骨モデルを作製
2. 左右側の眼窩下孔および頬骨突起に重ね合わせの基準点を設定し、T0およびT1の三次元顎骨モデルを重ね合わせ
3. 三次元顎骨モデルの重ね合わせを利用して、術前のCBCTデータ上に実際に埋入されたインプラント体と同一の位置にインプラントモデル（以下IM）を表示させ、水平断面上でインプラント体中心及び残存歯の中央を通るように歯列弓を設定し、IMのプラットフォームを含む断面をAxial断面に設定
4. Axial断面上において、歯列弓の接線と直交し、IMの中心を通過する断面をCross Sectional断面に設定

T1+T2



	平均値	標準偏差
Base (mm)	0.05	0.02
Apex (mm)	0.07	0.03
Angle (°)	0.21	0.07

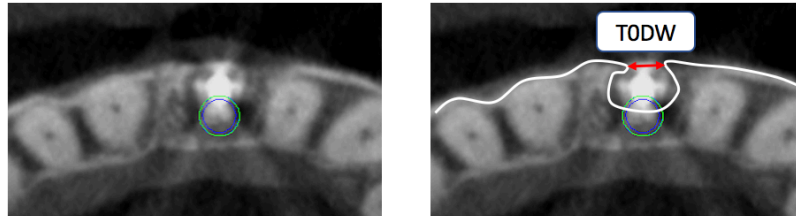
図 2 CBCT の重ね合わせの精度検証

Base : インプラントモデルのプラットフォーム中心間の距離(mm)

Apex : インプラントモデルの先端間の距離 (mm)

Angle : インプラントモデルの長軸同士のなす角度 (°)

Axial 断面



Cross Sectional 断面

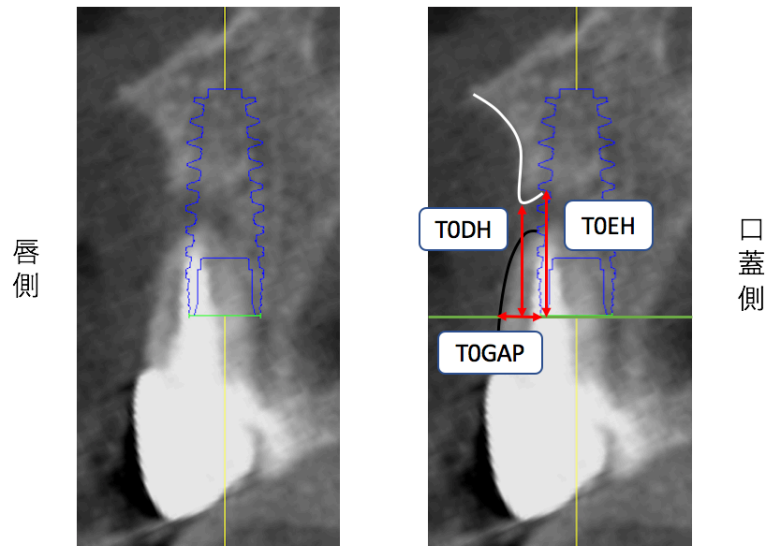


図 3 術前の唇側歯槽骨形態の計測項目

プラットフォームレベルを基準

DW : 唇側歯槽骨の裂開の近遠心的な幅(mm)

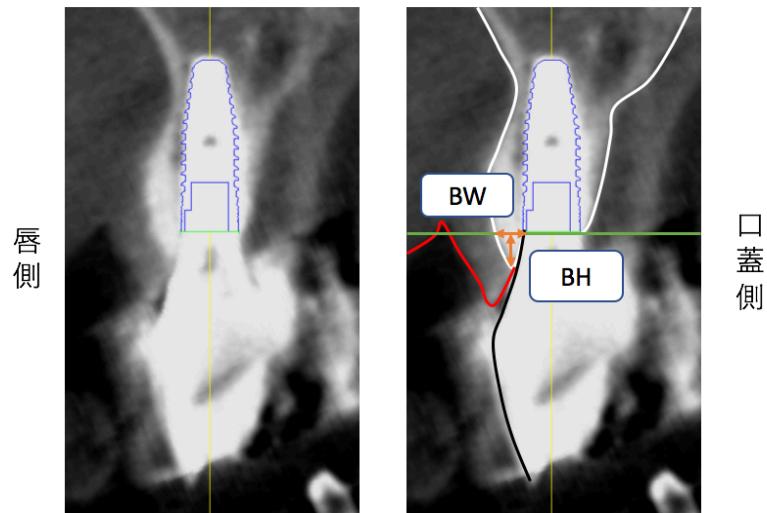
DH : 唇側歯槽骨の裂開の深さ(mm)

GAP : IM の最も唇側を基点とする歯根の頬舌的な幅(mm)

EH : インプラント体の露出量(mm)

(左右の図は同一であり，右図は左図に計測項目を明示したもの)

硬組織計測項目



軟組織計測項目

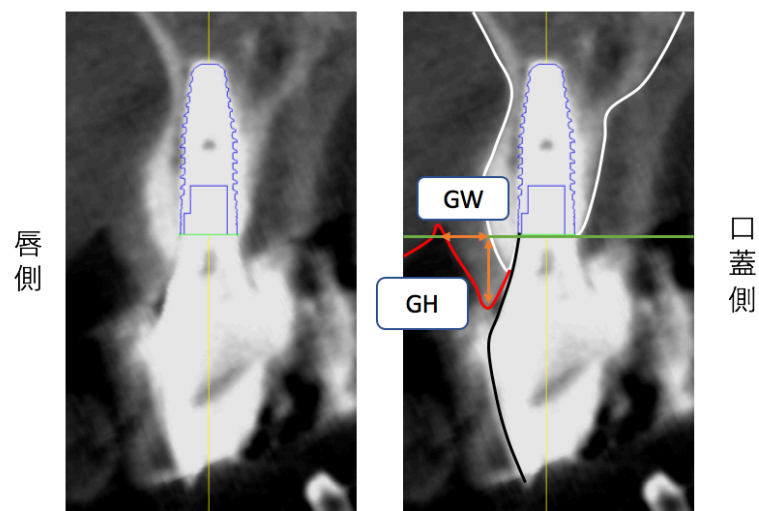


図 4 術後のインプラント体唇側組織の計測項目

プラットフォームレベルを基準

BW：唇側硬組織（骨補填材を含む）の厚さ(mm)

BH：唇側硬組織（骨補填材を含む）の高さ(mm)

GW：唇側軟組織の厚さ(mm)

GH：唇側軟組織の高さ(mm)

(左右の図は同一であり，右図は左図に計測項目を明示したもの)

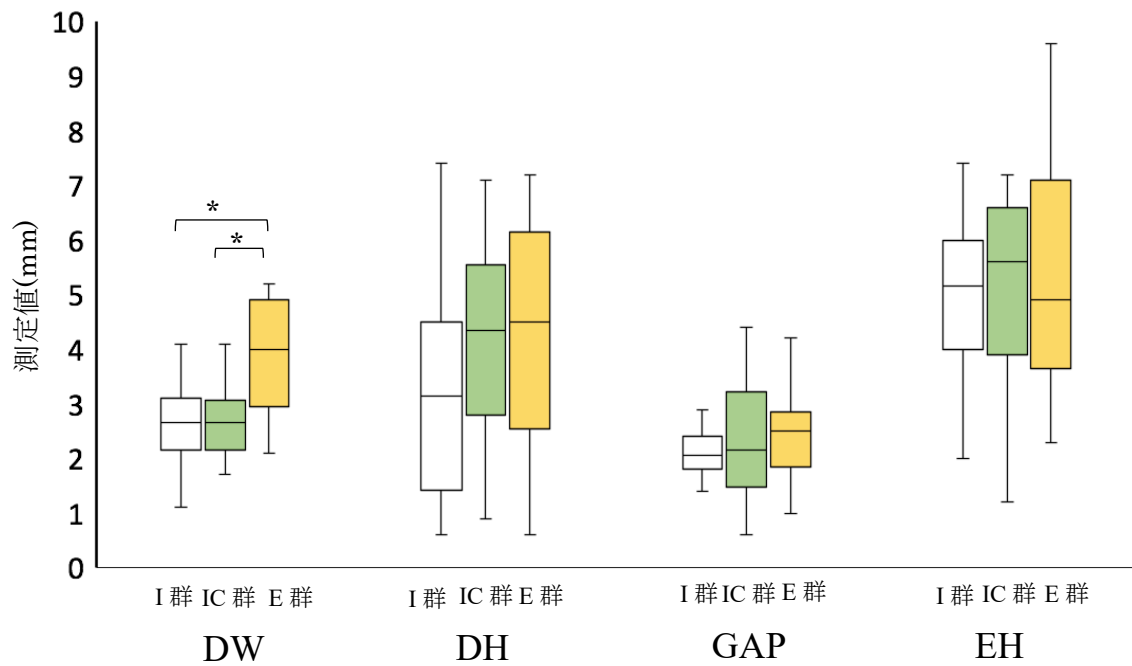


図 5 術前の唇側歯槽骨形態の比較

I 群：抜歯後即時埋入群 IC 群：抜歯即時埋入と結合組織移植術併用群

E 群：早期埋入群

DW：唇側歯槽骨の裂開の近遠心的な幅(mm)

DH：唇側歯槽骨の裂開の深さ(mm)

GAP：IM の最も唇側を基点とする歯根の頬舌的な幅(mm)

EH：インプラント体の露出量(mm)

Kruskal – Wallis 検定 Mann – Whitney U 検定 (* : $P < 0.017$)

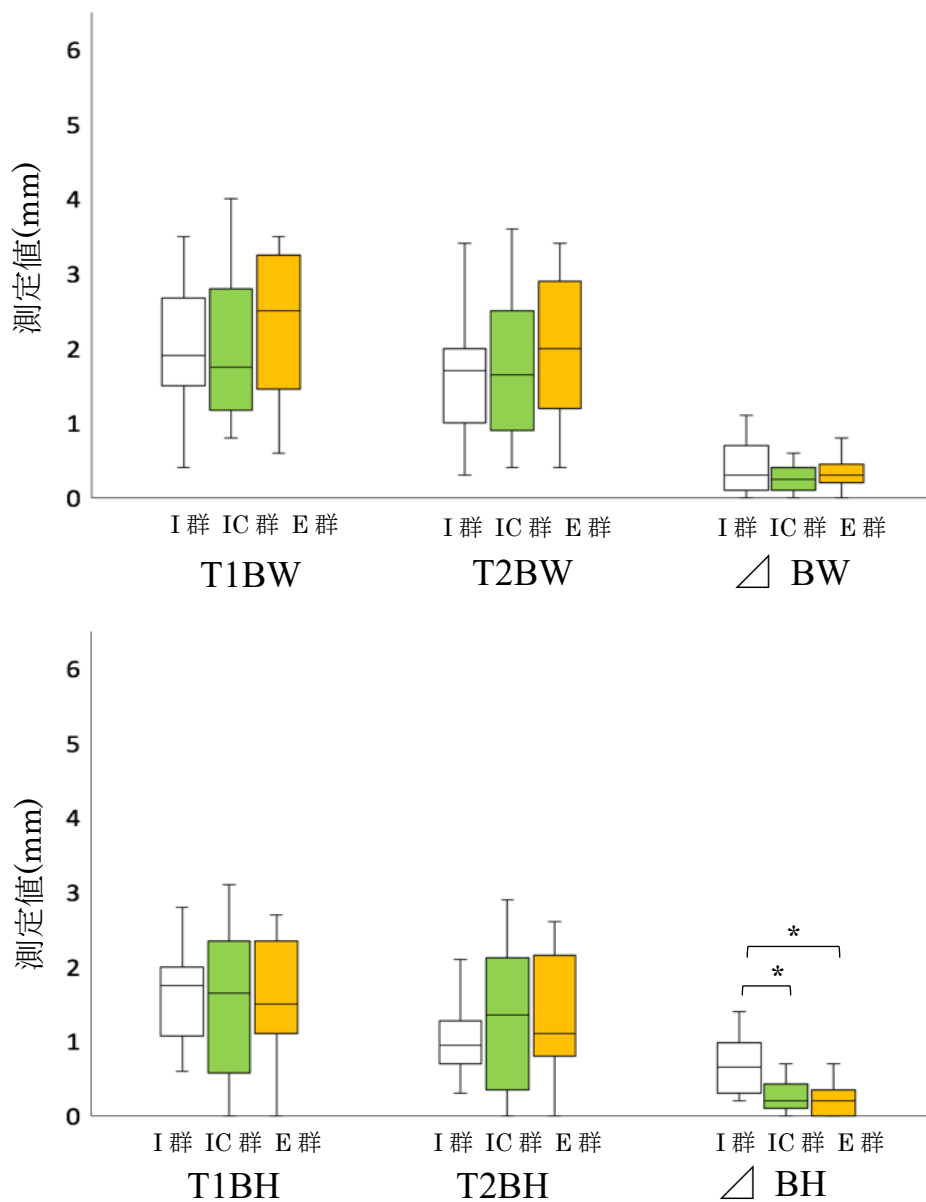


図 6 術後のインプラント体唇側組織形態の比較

I 群：抜歯後即時埋入群 IC 群：抜歯即時埋入と結合組織移植術併用群

E 群：早期埋入群

BW：唇側硬組織（骨補填材を含む）の厚さ(mm)

BH：唇側硬組織（骨補填材を含む）の高さ(mm)

Δ BW：BW の T1-T2 の経時的変化量(mm)

Δ BH：BH の T1-T2 の経時的変化量(mm)

T1：上部構造装着時，T2：上部構造装着後約 1 年経過後の定期検診時

Kruskal – Wallis 検定 Mann – Whitney U 検定 (*： $P < 0.017$)

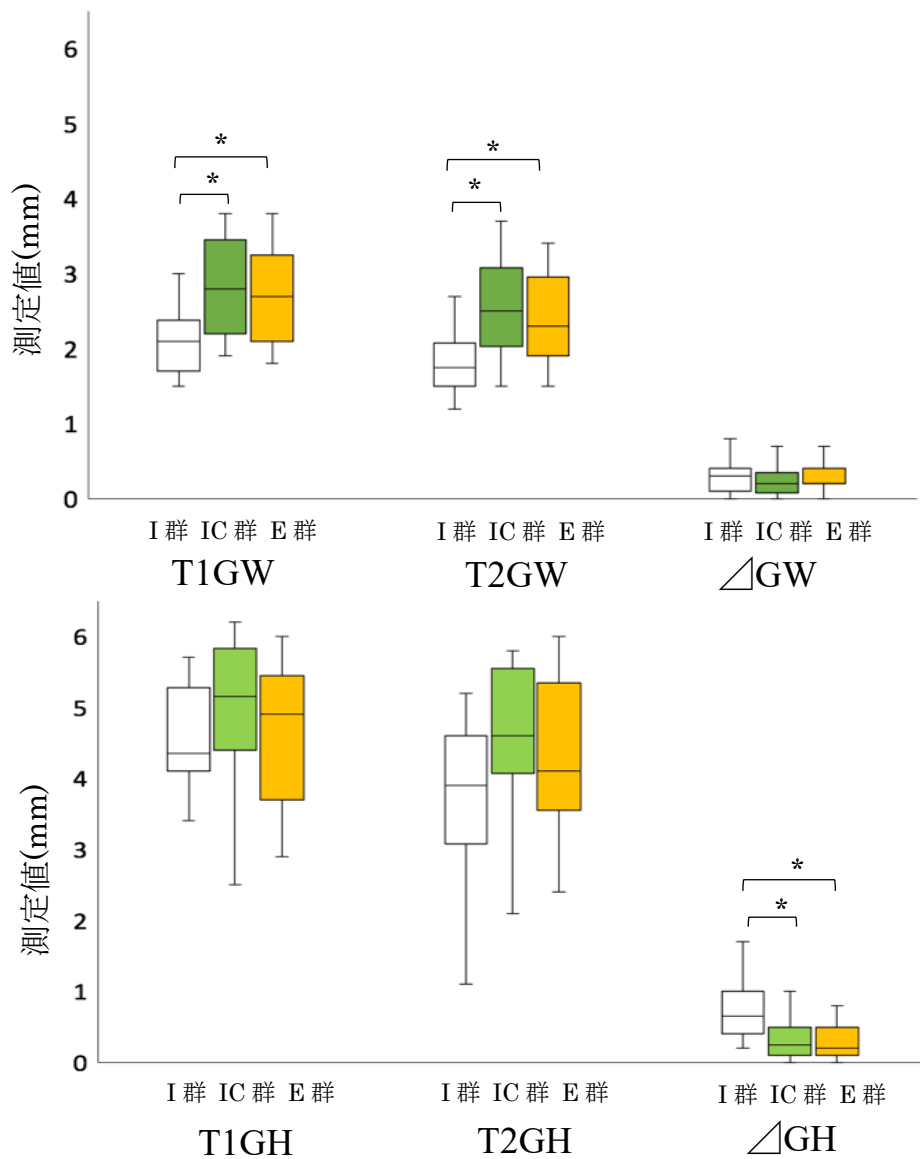


図 7 術後のインプラント体唇側組織形態の比較

I 群：抜歯後即時埋入群 IC 群：抜歯即時埋入と結合組織移植術併用群

E 群：早期埋入群

GW：唇側軟組織の厚さ(mm)

GH：唇側軟組織の高さ(mm)

ΔGW：GW の T1-T2 の経時的変化量(mm)

ΔGH：GH の T1-T2 の経時的変化量(mm)

T1：上部構造装着時，T2：上部構造装着後約 1 年経過後の定期検診時

Kruskal – Wallis 検定 Mann – Whitney U 検定 (* : $P < 0.017$)

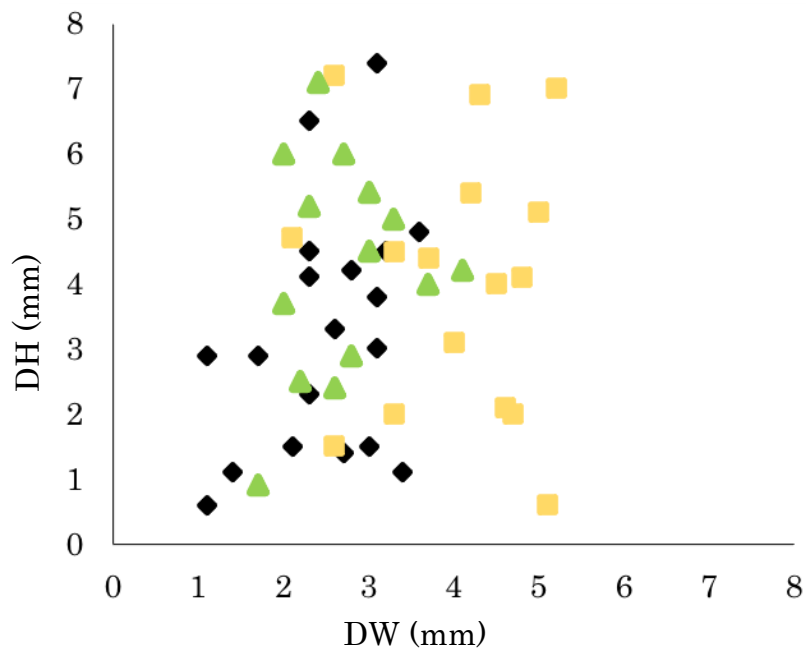


図 9 術前の唇側歯槽骨形態における裂開の高さ (DH) と裂開の幅 (DW) における散布図

- ◆ : 抜歯即時埋入群
- ▲ : 抜歯即時埋入と結合組織移植術併用群
- : 早期埋入群

DW : 唇側歯槽骨の裂開の近遠心的な幅(mm)

DH : 唇側歯槽骨の裂開の深さ(mm)

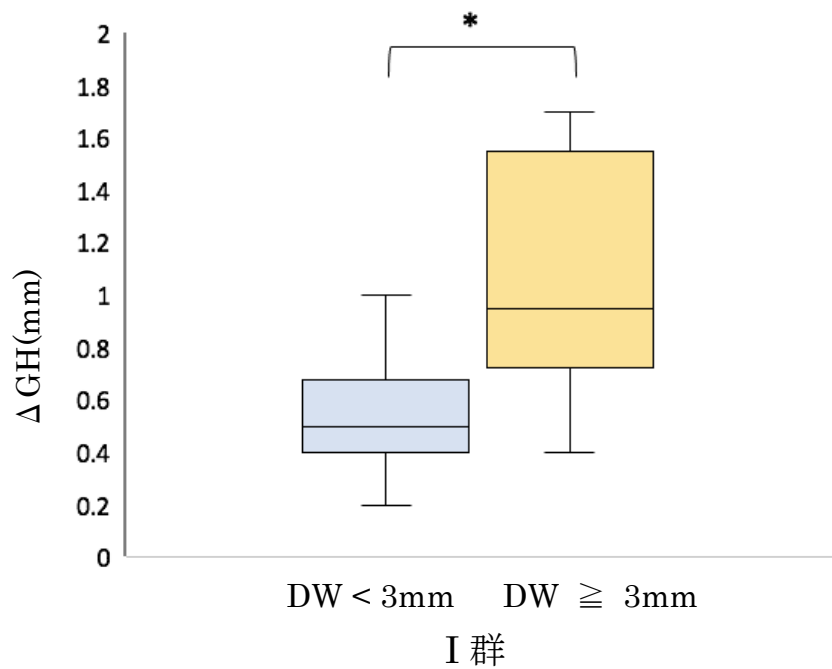


図 10 抜歯後即時埋入群における術後軟組織退縮量（ ΔGH ）の比較

DW < 3 mm：抜歯後即時埋入群のうち、抜歯前唇側歯槽骨の裂開の幅が 3 mm 未満のもの

DW ≥ 3 mm：抜歯後即時埋入群のうち、抜歯前唇側歯槽骨の裂開の幅が 3 mm 以上のもの

ΔGH ：唇側軟組織の高さの T1-T2 の経時的変化量(mm)

Mann-Whitney U 検定（*： $P < 0.05$ ）

表 1 CBCT 撮影条件

CBCT 撮影条件	
Field of View (FOV)	833 cm ³ : 直径 102 mm × 高さ 102 mm
ボクセル値	0.2 mm
管電圧	80 kVp
管電流	7 mA
撮影時間	17 秒

表 2 術前の唇側歯槽骨形態の計測の検者内信頼性と検者間信頼性

測定項目	検者内信頼性 ICC (1,1)	検者間信頼性 ICC (2,1)
DW	0.91	0.90
DH	0.89	0.87
GAP	0.87	0.89
EH	0.93	0.94

DW：唇側歯槽骨の裂開の近遠心的な幅(mm)

DH：唇側歯槽骨の裂開の深さ(mm)

GAP：IM の最も唇側を基点とする歯根の頬舌的な幅(mm)

EH：インプラント体の露出量(mm)

表 3 術後のインプラント体唇側組織の計測の検者内信頼性と検者間信頼性

測定項目	検者内信頼性 ICC (1,1)	検者間信頼性 ICC (2,1)
BW	0.92	0.93
BH	0.87	0.89
GW	0.89	0.87
GH	0.84	0.89

BW：唇側硬組織（骨補填材を含む）の厚さ(mm)

BH：唇側硬組織（骨補填材を含む）の高さ(mm)

GW：唇側軟組織の厚さ(mm)

GH：唇側軟組織の高さ(mm)

表 4 I 群 IC 群および E 群におけるベースラインデータ比較 (1)

		I 群	IC 群	E 群	p 値
男性 / 女性 (名) *		9 / 11	5 / 9	5 / 10	0.97
年齢 (歳) †		61.5 ± 13.9	58.4 ± 15.1	61.2 ± 19.3	0.38
	中切歯	6	8	3	0.15
埋入部位	側切歯	9	3	4	
(本)	犬歯	3	1	3	
*	第一小臼歯	2	2	5	

* : Fisher の正確確率検定 (有意水準 $\alpha = 0.05$)

† : 一元配置分散分析 (有意水準 $\alpha = 0.05$)

I 群 : 抜歯後即時埋入群

IC 群 : 抜歯後即時埋入と結合組織移植術併用群,

E 群 : 早期埋入群

表 5 I 群 IC 群および E 群におけるベースラインデータ比較 (2)

		I 群	IC 群	E 群	<i>p</i> 値
T0 - T1 経過期間 (月) †		17.7 ± 5.5	17.6 ± 6.6	21.2 ± 7.6	0.25
T1 - T2 経過期間 (月) †		15.6 ± 5.4	15.5 ± 6.0	15.1 ± 5.1	0.64
インプラント体の長径(mm)†		12.3 ± 1.1	12.4 ± 1.1	11.8 ± 1.0	0.35
インプラント体の直径(mm)†		3.7 ± 0.4	4.0 ± 0.4	3.9 ± 0.4	0.11
インプラント体の 形状 (本) *	ストレート	14	10	9	0.83
	テーパー	6	4	6	
インプラント体の メーカー (本) *	Nobel Biocare 社	15	11	11	0.83
	Straumann 社	5	3	4	
上部構造固定様式 (本) *	スクリュー固定	16	12	12	0.98
	セメント固定	4	2	3	

* : Fisher の正確確率検定 (有意水準 $\alpha = 0.05$)

† : 一元配置分散分析 (有意水準 $\alpha = 0.05$)

I 群 : 抜歯後即時埋入群

IC 群 : 抜歯後即時埋入と結合組織移植術併用群,

E 群 : 早期埋入群

T0 : 当該歯の抜歯前

T1 : 上部構造装着時, T2 : 上部構造装着後約 1 年経過後の定期検診時

表 6 術前の唇側歯槽骨形態の比較

計測部位	I 群 (n = 20)		IC 群 (n = 14)		E 群 (n = 15)		p 値
	Mean (SD)	Median [Max, Min]	Mean (SD)	Median [Max, Min]	Mean (SD)	Median [Max, Min]	
DW (mm)	2.5 (0.8)	2.7 [4.1, 1.1]	2.7 (0.7)	2.7 [4.1, 1.7]	3.9 (1.0)	4.0 [5.2, 2.1]	0.003
DH (mm)	3.3 (2.0)	3.2 [7.4, 0.6]	4.3 (1.7)	4.4 [7.1, 0.9]	4.3 (2.1)	4.5 [7.2, 0.6]	0.193
GAP (mm)	2.1 (0.7)	2.1 [4.7, 0.9]	2.4 (1.1)	2.2 [4.4, 0.6]	2.4 (0.8)	2.5 [4.2, 1.0]	0.531
EH (mm)	4.9 (1.5)	5.2 [7.4, 2.0]	5.1 (1.8)	5.6 [7.2, 0.8]	5.4 (2.3)	4.9 [9.6, 2.3]	0.881
Kruskal-Wallis 検定 Mann-Whitney U 検定 (Bonferroni 補正により有意水準 $\alpha = 0.017$)							

I 群：抜歯後即時埋入群

IC 群：抜歯後即時埋入と結合組織移植術併用群

E 群：早期埋入群

DW：唇側歯槽骨の裂開の近遠心的な幅(mm)

DH：唇側歯槽骨の裂開の深さ(mm)

GAP：IM の最も唇側を基点とする歯根の頬舌的な幅(mm)

EH：インプラント体の露出量(mm)

表 7 術後のインプラント体唇側組織形態の比較 (1)

計測部位	I 群 (n = 20)		IC 群 (n = 14)		E 群 (n = 15)		<i>p</i> 値
	Mean (SD)	Median [Max, Min]	Mean (SD)	Median [Max, Min]	Mean (SD)	Median [Max, Min]	
T1BW (mm)	2.1 (0.8)	1.9 [3.5, 0.4]	2.0 (1.0)	1.8 [4.0, 0.4]	2.3 (1.0)	2.5 [3.5, 0.6]	0.552
T2BW (mm)	1.6 (0.8)	1.7 [3.4, 0.3]	1.8 (1.0)	1.7 [3.6, 0.4]	2.0 (1.0)	2.0 [3.4, 0.4]	0.459
Δ BW(mm)	0.5 (0.5)	0.3 [2.0, 0]	0.3 (0.2)	0.3 [0.6, 0]	0.3 (0.2)	0.3 [0.8, 0]	0.668
T1BH (mm)	1.7 (0.6)	1.7 [2.8, 0.6]	1.6 (1.0)	1.7 [3.1, 0]	1.6 (0.8)	1.5 [2.7, 0]	0.923
T2BH (mm)	1.0 (0.5)	1.0 [2.1, 0.3]	1.3 (1.0)	1.4 [2.9, 0]	1.3 (0.8)	1.1 [2.6, 0]	0.447
Δ BH (mm)	0.7 (0.4)	0.7 [1.4, 0.2]	0.3 (0.2)	0.2 [0.7, 0]	0.2 (0.2)	0.2 [0.7, 0]	0.000
T1GW (mm)	2.1 (0.4)	2.1 [3.0, 1.5]	2.8 (0.7)	2.8 [3.8, 1.9]	2.7 (0.7)	2.7 [3.8, 1.8]	0.001
T2GW (mm)	1.8 (0.4)	1.8 [2.7, 1.2]	2.6 (0.7)	2.5 [3.7, 1.5]	2.4 (0.6)	2.3 [3.4, 1.5]	0.001
Δ GW (mm)	0.3 (0.2)	0.3 [0.8, 0]	0.2 (0.2)	0.2 [0.7, 0]	0.3 (0.2)	0.2 [0.8, 0]	0.582
T1GH (mm)	4.5 (0.9)	4.4 [5.7, 1.8]	5.0 (1.0)	5.2 [6.2, 2.5]	4.6 (1.0)	4.9 [6.0, 2.9]	0.334
T2GH (mm)	3.8 (1.0)	3.9 [5.2, 1.1]	4.6 (1.0)	4.6 [5.8, 2.1]	4.4 (1.1)	4.1 [6.0, 2.4]	0.054
Δ GH (mm)	0.7 (0.4)	0.6 [1.7, 0.2]	0.3 (0.3)	0.3 [1.0, 0]	0.3 (0.2)	0.2 [0.8, 0]	0.000
Kruskal-Wallis 検定 Mann-Whitney U 検定 (Bonferroni 補正により有意水準 $\alpha = 0.017$)							

I 群：抜歯後即時埋入群

IC 群：抜歯後即時埋入と結合組織移植術併用群

E 群：早期埋入群

BW：唇側硬組織（骨補填材を含む）の厚さ(mm)

BH：唇側硬組織（骨補填材を含む）の高さ(mm)

GW：唇側軟組織の厚さ(mm)

GH：唇側軟組織の高さ(mm)

ΔBW ：BW の T1-T2 の経時的変化量(mm)

ΔBH ：BH の T1-T2 の経時的変化量(mm)

ΔGW ：GW の T1-T2 の経時的変化量(mm)

ΔGH ：GH の T1-T2 の経時的変化量(mm)

T1：上部構造装着時

T2：上部構造装着後約 1 年経過後の定期検診時

表 8 術前の唇側歯槽骨形態と術後唇側軟組織の高さとの相関

		I 群		IC 群		E 群	
比較部位		相関係数	<i>p</i> 値	相関係数	<i>p</i> 値	相関係数	<i>p</i> 値
DW	vs. T1GH	-0.23	0.34	0.43	0.12	-0.07	0.29
DH		-0.39	0.09	0.11	0.72	-0.27	0.37
GAP		-0.44	0.06	0.25	0.39	-0.45	0.07
EH		0.23	0.34	-0.11	0.70	-0.05	0.87
DW	vs. T2GH	-0.50	0.03	0.30	0.30	-0.08	0.80
DH		-0.46	0.04	0.01	0.98	-0.03	0.32
GAP		-0.30	0.21	0.15	0.62	-0.54	0.06
EH		-0.02	0.93	-0.13	0.67	-0.07	0.81
DW	vs. ΔGH	0.48	0.03	0.37	0.20	0.33	0.27
DH		0.26	0.26	0.48	0.08	-0.40	0.90
GAP		-0.29	0.21	0.21	0.46	0.11	0.72
EH		0.16	0.51	0.09	0.76	0.22	0.48

Spearman の順位相関係数 (有意水準 $\alpha = 0.05$)

表 9 術前の唇側歯槽骨形態と術後唇側軟組織の厚さとの相関

		I 群		IC 群		E 群	
比較部位		相関係数	<i>p</i> 値	相関係数	<i>p</i> 値	相関係数	<i>p</i> 値
DW	vs. T1GW	-0.22	0.34	0.13	0.65	-0.01	0.98
DH		-0.08	0.73	-0.47	0.07	-0.34	0.26
GAP		-0.17	0.48	-0.28	0.33	-0.08	0.80
EH		-0.01	0.98	-0.19	0.52	0.18	0.55
DW	vs. T2GW	-0.26	0.26	0.13	0.66	0.19	0.55
DH		-0.17	0.48	-0.44	0.08	-0.24	0.43
GAP		-0.01	0.98	-0.14	0.64	0.03	0.93
EH		-0.01	0.97	-0.12	0.68	0.02	0.95
DW	vs. ΔGW	-0.01	0.95	-0.09	0.77	-0.32	0.29
DH		0.06	0.81	0.09	0.75	-0.37	0.21
GAP		-0.27	0.25	-0.14	0.64	-0.30	0.31
EH		-0.13	0.58	-0.16	0.57	-0.55	0.06

Spearman の順位相関係数 (有意水準 $\alpha = 0.05$)

表 10 術後軟組織退縮量に対する諸要因の影響

計測部位	非標準化係数 B	標準誤差	標準化係数 β	p 値	VIF
定数	0.361	0.158			
埋入時期	-0.644	0.134	-0.739	0.000	1.927
CTG	-0.444	0.110	-0.520	0.002	1.220
DW	0.147	0.056	0.378	0.011	1.654
Adjusted R ²	0.431				
Durbin-Watson	2.213				

重回帰分析（有意水準 $\alpha = 0.05$ ）

