The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	断面形態別にみたインプラント体唇側組織の経時的変化
Author(s)	山田, 周平
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76284
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

断面形態別にみた
インプラント体唇側組織の経時的変化

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

山田　周平

緒言

審美領域における歯科インプラント治療においては，機能回復のみならず，審美性の回復も同時に達成すべき項目であり，残存する天然歯列と調和のとれたインプラント体周囲組織を獲得し，維持することが重要である．術後のインプラント体唇側組織の経時的な退縮は，インプラント治療における代表的な審美的合併症のひとつであり[1]，術後のインプラント体周囲組織の経時的な吸収を抑制するための必要条件として，インプラント体唇側組織に十分な厚みをもたせることが必要であると報告されている[2].

インプラント体唇側組織の安定に必要な条件として，唇側硬組織の厚みに関しては 1.5 ～ 2.0 mm[2]， 1.5 mm[3]， 1.4 ～ 1.8 mm[4] 必要であるとする報告が存在し，ばらつきの少ない指標が得られている．その一方，確保すべき唇側軟組織の厚みに関しては， 1.0 mm とする報告[5]， 1.5 mm とする報告[6]， 2.0 ～ 3.0 mm とする報告[7] が混在し， 硬組織と比較して提唱されている指標にばらつきが大きく，唇側軟組織の厚みに関する統一された指標および硬・軟組織を複合的に捉えた断面形態の指標についての明確な見解は得られていない[8].

インプラント体唇側軟組織の厚みに関する指標の多くは，天然歯における唇側歯肉の厚みに関する報告[9,10,11] を参考にしたものが多いが，これらの報告は

インプラント周囲組織の経時的変化を評価していないこと，歯周組織とインプラント周囲組織の組織学的構造の差を考慮していないことから，インプラント体唇側組織の退縮を防止する指標としては不十分であることが指摘されている[12]．インプラント周囲組織の経時的変化を評価した報告[13,14,15]では，インプラント体埋入時のインプラント体長軸方向の軟組織の厚みと，デンタルエックス線写真上で評価した経時的な辺縁骨吸収量との関連が評価されているが，審美的に問題となる唇側組織の経時的変化は評価されておらず，評価期間も上部構造装着後 1 年間に限られており，上部構造装着後 1 年以上にわたって唇側組織の経時的変化を調べた研究は行われていない．

近年，インプラント体唇側組織の評価方法として， Cone Beam CT（以下 CBCT ）が用いられる頻度が増加しており[16,17]，口唇・頬粘膜を排除した状態で CBCT 撮影を行うことで，インプラント体唇側硬・軟組織について信頼性と妥当性の高い評価を行うことが可能となった[18]．すなわち，定期検診時に口唇・頬粘膜を排除した状態で CBCT 撮影を行うことにより，インプラント体唇側硬・軟両組織の経時的変化を同一断面上で，かつ同一の基準から評価することが可能となり，上部構造装着後からの唇側組織の経時的変化を時間を追って評価することが可能となる．

以上を背景に，本研究の目的は，インプラント体唇側硬・軟両組織の経時的変

化を定量的に評価し，唇側組織の経時的な吸収が生じるインプラント体唇側硬組織と軟組織の厚みのカットオフ値の検討，および断面形態別にみたインプラント体唇側組織の経時的変化を評価することである．

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て行った（承認番号H30-E4）．

材料と方法

実験１．吸収が生じるインプラント体唇側硬・軟両組織のカットオフ値の決定

1. 対象

2013 年 6 月から 2019 年 8 月の期間中に大阪大学歯学部附属病院口腔補綴科にて上顎前歯部および小臼歯部に歯科インプラント治療を受け，最終上部構造装着時（以下T0）に CBCT 撮影が行われた患者 77 名（男性 28 名，女性 49 名，平均年齢 54.0 ± 16.1 歳，インプラント体 128 本）を対象とした.

包含基準は,

① Platform switching の連結様式を有するインプラント体（ Nobel Biocare 社製・ Straumann 社製）が埋入されていること

② 定期検診時の CBCT 撮影に対して同意が得られていること

とした.

除外基準は,

① 歯肉増殖を惹起する薬物を服用していること

② 喫煙者であること

③ 測定部位に炎症を認めること

④　妊娠中あるいは授乳中であること

とした.

以上の条件を満たした患者 43 名（男性 19 名，女性 24 名，平均年齢 57.1 ± 16.2 歳，インプラント体 86 本）を対象とし，最終上部構造装着後 1 年経過時（以下 T1）に再度 CBCT 撮影を行った.

なお，インプラント体埋入手術は口腔補綴科に所属する歯科医師歴 5 年以上の歯科医師 8 名により行われた．術式はすべて Nobel Biocare 社および Straumann 社のプロトコールに則って行われた.

2.　CBCT 撮影方法

CBCT 装置は，Alphard 3030（朝日レントゲン工業株式会社，京都，日本）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た．　CBCT 撮影前に口腔前庭部にコットンロールを挿入し，口唇および頬粘膜を排除した状態で CBCT 撮影を行った.

3. インプラント体周囲組織計測用断面の獲得方法および計測部位

CBCT 画像上のインプラント体に画像診断ソフトウェア coDiagnostiX（Dental Wings 社，Montréal，Canada）によるインプラント体モデルを設置したのち，体軸断面上でインプラント体の近心，遠心および残存歯の中央を通るように歯列弓を設定し，インプラント体における歯列弓の接線

と直交する断面を計測用断面とし，以下の計測ではすべて同様の方法で得られた計測用の画像上で行った（図 1）.

計測の基準はインプラント体のプラットフォームレベル（以下PL）とし， PL における硬・軟組織の唇舌的厚みをそれぞれ BW， GW とした．また， PL から硬・軟組織縁までのインプラント体長軸方向の硬・軟組織の高さをそれぞれ BH， GH として計測を行った（図 2）． T0 から T1 にかけての BH， GH の経時的変化量をそれぞれ ΔBH（T0-T1）， ΔGH（T0-T1） として算出した.

4. CBCT 画像計測の検者内信頼性，検者間信頼性の検討

被検者の中から無作為に 10 名を選択し，被検者 1 名につき， 1 本のインプラント体を選択した．選択したインプラント体における計測用画像を設定し（図 1 ）， 1 名の検者にて各測定項目の測定を行った． 1 週間の間隔をあけ，再度同一被検者の同一インプラント体について測定し，級内相関係数 ICC（1,1）を算出し，検者内信頼性を検討した.

また， 2 名の検者にて同一被検者の同一インプラント体を別々に測定し，級内相関係数 ICC（2,1）を算出し，検者間信頼性を検討した.

5. ROC 曲線を用いたインプラント体唇側硬・軟両組織のカットオフ値の検

討

カットオフ値の検討には Receiver Operating Charasteristic 曲線（以下 ROC 曲線）を用いた．最終上部構造装着時の硬・軟組織の唇舌的厚みを連続変数，硬・軟組織の高さの経時的吸収の有無を二分変数とし， ROC 曲線を描出した．硬・軟組織の高さの経時的吸収の有無は過去の報告[19, 20, 21, 22]から 0.2 mm 以上を吸収あり， 0.2 mm 未満を吸収なしとした． 各 ROC 曲線の Area Under the Curve（以下 AUC ）値を比較し，ROC 曲線において感度 1.0 および 特異度 1.0 となる点（グラフ上左上角）から最も近い点と， Youden Index（感度 – 偽陽性率が最大となる点）における感度と特異度を唇側硬組織および軟組織の高さの経時的吸収が生じるかを診断するための唇側硬組織および軟組織の厚みのカットオフ値として算出した．両者のうち，今回は硬・軟組織吸収という継続的な疾患の特徴を鑑み，より感度が高いものを優先することとした．

実験２．断面形態別にみたインプラント体唇側組織の経時的変化

1. 対象

大阪大学歯学部附属病院口腔補綴科にて上顎前歯部および小臼歯部に歯科インプラント治療を受け，最終上部構造装着時（ T0 ），最終上部構造装着後 1 年経過時（ T1 ）に CBCT 撮影が行われた実験 1 と同一の患者 43 名（男性 19 名，女性 24 名，平均年齢 57.1 ± 16.2 歳，インプラント体 86 本）を対象とした.

包含基準は,

① 定期検診時の CBCT 撮影に対して同意が得られていること

② 最終上部構造装着後 2 年経過時に定期検診のため来院していること

とした.

以上の条件を満たした患者 31 名（男性 12 名，女性 19 名，平均年齢 57.7 ± 13.1 歳，インプラント体 45 本）を対象とし，最終上部構造装着後 2 年経過時（以下 T2 ）に再度 CBCT 撮影を行った.

2. インプラント体周囲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 撮影方法およびインプラント体周囲組織計測用断面の獲得方法および測定部位は

実験 1 と同様とした.

実験 1 に加え， T1 から T2 にかけての BH， GH の経時的変化量をそれぞれ ΔBH（T1-T2），ΔGH（T1-T2）として算出した.

3. 断面形態別にみたインプラント体唇側組織の経時的定量評価

実験 1 で決定した上部構造装着時のインプラント体唇側硬・軟両組織の唇舌的厚みのカットオフ値を用いて，対象となる 45 本のインプラント体を，硬・軟組織ともにカットオフ値以上の群（以下 Type 1 ），硬組織がカットオフ値以上だが，軟組織がカットオフ値未満の群（以下 Type 2 ）、硬組織がカットオフ値未満だが，軟組織がカットオフ値以上の群（以下 Type 3 ），硬軟組織ともにカットオフ値未満の群（ Type 4 ）の 4 群に分類した（図 3）．各群における男女比，部位，術式，インプラント体のメーカーを Fisher の正確確率検定（有意水準 α=0.05），平均年齢，経過期間を Student の t 検定（有意水準 α=0.05），インプラント体の長径および直径を one-way ANOVA（有意水準 α=0.05）を用いて統計解析を行った（表 3-1 ， 3-2 ）．つぎに，各群におけるインプラント体唇側硬組織および軟組織の T0 から T1 ， T1 から T2 にかけての経時的変化の評価，硬組織および軟組織のT0 から T1 ， T1 から T2 にかけての経時的変化量の群間比較を行った.

統計解析には SPSS Stastistics ver.23（日本 IBM 社，東京）を用いた．各群における硬組織および軟組織の経時的変化の有意差検定には，Friedman 検定を行ったうえで多重比較検定として Wilcoxon 符号付順位検定を行った．有意水準は Bonferroni 補正を行い，$\alpha = 0.017$ とした．硬組織および軟組織の経時的変化量の 4 群間の比較には，Kruskal - Wallis 検定を行ったうえで多重比較検定として Mann - Whitney U 検定を行った．有意水準は Bonferroni 補正を行い，$\alpha = 0.008$ とした．

結果

実験 1．吸収が生じるインプラント体唇側硬・軟両組織のカットオフ値の決定

CBCT 画像計測の検者内信頼性は，すべての測定項目について級内相関係数 ICC（1,1）は 0.8 以上であった．また，検者間信頼性もすべての測定項目について級内相関係数 ICC（2,1）は 0.8 以上で，十分に高い信頼性が得られた（表 2）.

唇側硬組織の高さの経時的吸収の有無と T0 時の BW および GW の ROC 曲線は図 4, 図 5 に示す通りとなり， ROC 曲線の AUC 値はそれぞれ 0.74, 0.66 となった． BW の ROC 曲線では, 感度 1.0 および特異度 1.0 となる点から最も近い点と Youden Index は一致し，最適カットオフ値は 1.6 mm であり, この値における感度は 0.83, 特異度は 0.63 であった（図 4）. GW の ROC 曲線では，感度 1.0 および特異度 1.0 となる点から最も近い点と Youden Index は一致し，最適カットオフ値は 2.7 mm であり，この値における感度は 0.89，特異度は 0.43 であった（図 5）.

唇側軟組織の高さの経時的吸収の有無と T0 時の BW および GW の ROC 曲線は図 6, 図 7 に示すとおりとなり、それぞれの ROC 曲線の AUC 値はそれぞれ 0.58 ， 0.73 であった． BW の ROC 曲線では, 感度 1.0 および特異

度 1.0 となる点から最も近い点と Youden Index は一致し，最適カットオフ値は 2.7 mm であり，この値における感度は 0.83，特異度は 0.34 であった（図 6）．GW の ROC 曲線では，感度 1.0 および特異度 1.0 となる点から最も近い点は GW が 2.2 mm あるいは 2.5 mm となり， Youden Index は 2.5 mm の値となった（図 7）． 2.2 mm における感度は 0.64，特異度は 0.77，2.5 mm における感度は 0.76， 特異度は 0.66 であった.

実験２．断面形態別にみたインプラント体唇側組織の経時的変化

対象となる 45 本のインプラント体を上部構造装着時のインプラント体プラットフォームレベルにおける唇側硬・軟組織の唇舌的厚みで分類したところ，Type 1 は 11 本， Type 2 は 14 本， Type 3 は 10 本， Type 4 は 10 本であった．各群における男女比，平均年齢，埋入部位，T0 から T1 および T1 から T2 の経過期間，術式，インプラント体のメーカー，インプラント体の長径および直径は表 3 に示すとおりで， いずれの項目についても 4 群間に有意差を認めなかった.

各群における唇側硬組織の高さ（BH）の経時的変化を表 4，図 8 に示す．T0 から T2 にかけて BH は Type 1 から Type 4 のすべての群において有意に減少した（ Type 1 と Type 3 は $P < 0.05$，Type 2 と Type 4 は $P <$

0.01 ）． T0 から T1 にかけて BH は Type 1 から Type 4 のすべての群において有意に減少した（ Type 1 と Type 3 は $P<0.05$，Type 2 と Type 4 は $P<0.01$ ）． T1 から T2 にかけて BH は Type 2 と Type 4 のみ有意に減少した（ $P<0.01$ ）．

各群における唇側軟組織の高さ（GH）の経時的変化を表 4，図 9 に示す．T0 から T2 にかけて GH は Type 1 から Type 4 のすべての群において有意に減少した（ Type 1 と Type 3 は $P<0.05$ ，Type 2 と Type 4 は $P<0.01$ ）． T0 から T1 にかけて GH は Type 1 から Type 4 のすべての群において有意に減少した（ Type 1 と Type 3 は $P<0.05$，Type 2 と Type 4 は $P<0.01$ ）． T1 から T2 にかけて GH は Type 2 と Type 4 のみ有意に減少した（ $P<0.01$ ）．

T0 から T1 ， T1 から T2 にかけての唇側硬組織の経時的変化量（ΔBH（T0-T1）， ΔBH（T1-T2））の 4 群間の比較結果を表 5，図 10，11 に示す．ΔBH（T0-T1）に関しては，Type 1 ， Type 2 ，および Type 3 は平均 0.1 mm の減少であったのに対し， Type 4 は平均 0.5 mm 減少し，他の 3 群と比較して有意に大きい減少を示した（ $P<0.01$ ）（図 10）．ΔBH（T1-T2）に関しては，Type 1 ・ Type 3 は平均 0.0 mm で， Type 2 は平均 0.1 mm 減少したのに対し， Type 4 は平均 0.4 mm 減少し，他の 3 群と比較して有意に大きい

減少を示した（ $P<0.01$ ）．また，Type 2 の減少量は Type 3 と比較して有意に大きい値となった（ $P<0.01$ ）（図 11）．

T0 から T1 ， T1 から T2 にかけての唇側軟組織の経時的変化量（ΔGH（T0-T1）， ΔGH（T1-T2））を表 5 に示す．ΔGH（T0-T1）に関しては， Type 1 と Type 3 は平均 0.1 mm ， Type 2 は平均 0.2 mm 減少したのに対し Type 4 は平均 0.5 mm 減少し，他の 3 群と比較して有意に大きい減少を示した（$P<0.01$）（図 12 ）．ΔGH（T1-T2）に関しては Type 1 と Type 3 は平均 0.0 mm で， Type 2 は平均 0.2 mm 減少したのに対し， Type 4 は平均 0.4 mm 減少し， Type 4 は他の 3 群と比較して有意に大きい減少を示した（$P<0.01$）．また，Type 2 の減少量は Type 1 ， Type 3 と比較して有意に大きい値となった（$P<0.01$）（図 13 ）．

考察

長期的なインプラント周囲組織の安定には，埋入されたインプラント体の唇側に少なくとも 1.5 ～ 2.0 mm の厚さの硬組織が存在することが必要であると報告されている[2,3,4]. 術前検査でインプラント体埋入予定部位の骨量が不足し，インプラント体唇側硬組織の厚みが 1.5 mm を下回ることが予想される場合，その多くに骨造成術が併用される. インプラント唇側軟組織については，その厚みが薄いと術後に唇側組織の吸収が生じやすい[23]と言われており，上顎前歯部等の審美領域に軟組織退縮が生じると著しく審美性が損なわれ，患者の QOL は低下する． そこで，インプラント周囲組織の安定に必要な唇側軟組織の厚みについて様々な研究が行われているが，軟組織の定量評価および周囲組織の経時的変化の評価が困難であることから，インプラント周囲組織の安定に必要な軟組織の厚みに関してのコンセンサスは得られていない．これまでに報告されている唇側軟組織の厚みのカットオフ値には，1.0 mm とするもの[5,9]， 1.5 mm とするもの[6]， 2.0 ～ 3.0 mm とするもの[7] がある．このうち，カットオフ値を 1.0 mm あるいは 1.5 mm とする根拠として天然歯周囲歯肉の厚みを超音波装置を用いて計測した報告[10,11] における厚みの平均値をあげているが，天然歯歯周組織とインプラント周囲組織には組織学的，形態学的な差異があることが

報告されており[24,25,26], 天然歯における歯肉退縮を抑制する軟組織の厚みはインプラント周囲軟組織の退縮を抑制するうえでは不十分であることが報告されている[12]. インプラント周囲軟組織の厚みとインプラント頸部辺縁骨の経時的吸収量を評価した報告では，インプラント体埋入手術時の長軸方向の軟組織の厚みが 2.0 mm から 3.0 mm 以上存在すれば頸部辺縁骨吸収量が有意に抑制されると報告されている[13,14,15]が，頸部辺縁骨の経時的変化はデンタルエックス線画像上で評価されており，審美的に評価すべき唇側中央部の硬・軟組織形態の経時的変化の評価は行われておらず，評価期間も 1 年間に限られている.

近年，歯科インプラント治療に際して CBCT が広く用いられている．これまで CBCT は主に骨や歯を中心とした硬組織の評価に用いられることがほとんどであったが，口腔前庭にコットンロールを挿入し，口唇・頬粘膜を排除した状態で撮影を行うことでインプラント体唇側の硬組織および軟組織の描出を同時に行うことが可能となった[18]. また， CBCT 画像上での測定の精度，再現性および正確度についても問題ないことが報告されている[18,27]. そこで本研究では，実験 1 にて CBCT を用い， 最終上部構造装着後 1 年間におけるインプラント体唇側組織の経時的変化量の評価を行い，最終上部構造装着時に獲得すべき唇側硬・軟組織の厚みのカットオフ値を検討した．実験 2 では，実験 1 で得られたカットオフ値を用いて，様々な症例を唇側組織の断面形態分類を行い，最終

上部構造装着後 2 年間における経時的変化の評価を行った.

実験１：吸収が生じるインプラント体唇側硬・軟両組織のカットオフ値の決定

CBCT 画像計測の検者内信頼性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る. 一般的に CBCT は硬組織の描出能と比較して軟組織の描出能が低いとされているが, 口唇･頬粘膜を排除して CBCT を撮影することでインプラント体, 唇側硬組織，唇側軟組織を明瞭に区別することができた.

最終上部構造装着後 1 年間での唇側硬組織の高さの経時的吸収量が 0.2 mm 以上のものを吸収あり，0.2 mm 未満のものを吸収なしとし，T0 時の BW および GW を連続変数として ROC 曲線を描出した． AUC 値はそれぞれ 0.74， 0.66 となり， AUC 値の比較から唇側硬組織の高さの吸収の有無を診断するうえで， BW がより信頼性の高い測定項目であることが明らかとなった. また, BW の ROC 曲線から, 唇側硬組織の高さの経時的吸収が生じる BW のカットオフ値として 1.6 mm が最適であると算出された．天然歯歯周組織における歯槽骨は骨膜側および歯根膜側の双方から血液供給を受けているが，インプラント体周囲においては歯根膜が存在せず，骨膜側からのみの栄養供給となる．唇側硬組織の高さを維持するうえで硬組織に内包される骨髄組織からの栄

養供給を確保するには，硬組織の厚みを獲得する必要性があるものと推察される．これまでに報告されているインプラント体唇側に獲得すべき硬組織の唇舌的厚みに関しては約 1.5 ～ 2.0 mm 必要であるとする報告が多い[2,3,4]．その背景として，インプラント体にアバットメントが装着された後，1 年間で 約 1.5 mm の皿状骨吸収がインプラント体頸部に生じるとする報告[28]がある． 本研究における BW の最適カットオフ値は 1.6 mm であり，唇側硬組織の唇舌的厚み 1.5 ～ 2.0 mm という条件を満たした結果となった． 本研究で評価対象としたインプラント体は従来の Butt joint の連結様式を有するものではなく，インプラント径よりアバットメント径が小さくインプラント - アバットメント接合部と外界との距離をより確保しやすい Platform switching の連結様式を有するインプラント体である．Platform switching は Butt joint と比較すると周囲組織の経時的吸収が抑制されることが報告されている[29]． Platform switching を有するインプラント体においては，経時的骨吸収の抑制には十分な厚みの軟組織の確保が必要であるとする報告[30,31]もあり，インプラント周囲組織形態は軟組織も含めた評価を行う必要があると考えられる．

唇側軟組織の厚みに関する評価として，最終上部構造装着後 1 年間での唇側軟組織の高さの経時的吸収量が 0.2 mm 以上のものを吸収あり， 0.2 mm 未満のものを吸収なしとし，T0 時の BW および GW を連続変数として ROC 曲

線を描出した． AUC 値はそれぞれ 0.58， 0.73 となり， AUC 値の比較から唇側軟組織の高さの吸収の有無を診断するうえで，GW がより信頼性の高い測定項目であることが明らかとなった．また，GW の ROC 曲線から，唇側軟組織の高さの吸収が生じる唇側軟組織の厚みの最適カットオフ値は 2.5 mm と算出された．前述したように，インプラント体周囲組織の経時的吸収の抑制に軟組織が関係しているとする報告が最近増加している．その理論背景は，健康な天然歯に存在する生物学的幅径 （約 1.0 mm の接合上皮層および約 1.0 mm の結合組織層）が口腔内からの病原体や異物の侵入に対する防御機構として機能しているとする報告 [32] から，インプラント周囲組織においても同様に生物学的幅径を確保すべきであるとするコンセプトに基づいている．生物学的幅径は天然歯およびインプラント体長軸方向の軟組織の高さであり，特にインプラント体周囲軟組織においてはその高さを維持するために唇舌的な厚みが必要であると報告されている [33]．インプラント体唇側軟組織の高さと厚さを評価した研究では，約 1：1.3 ～ 1.5 の比率であったと報告されている [33,34]．一方，天然歯における唇側軟組織の高さと厚みを評価した研究ではその比率は約 1.5：1 とされており [35]，インプラント体唇側軟組織の高さを維持するためには天然歯よりもより厚みのある軟組織を獲得する必要性があると考えられる．Linkevicius らはインプラント体埋入部位の軟組織の長軸方向の厚みを計測し，カットオフ

値を 2.0 mm として厚い群および薄い群に分類し，上部構造装着後 1 年間におけるインプラント体頸部骨吸収量をデンタルエックス線画像上で評価し，軟組織が厚い群は薄い群と比較して有意に頸部骨吸収量が大きい値を示したと報告している [13,15]．また Mailoa らは，根管治療用ファイルを用いてインプラント体唇側軟組織の唇舌的厚みを計測し，カットオフ値を 2.0 mm として厚い群および薄い群に分類し，薄い群は上部構造唇側中央部の経時的な軟組織退縮量が厚い群と比較してより大きい値を示したことを報告している [36]．これらの研究で用いられたカットオフ値は Berglundh らによる動物実験 [37] での軟組織のカットオフ値を参考としており，軟組織の厚みと周囲組織の吸収量を前向きに調査した数少ない研究ではあるが，いずれの研究も対象は主に大臼歯部のインプラント体であること，硬組織および軟組織の吸収量を評価する基準が異なること，Linkevicius らの調査 [13,15] は評価期間が 1 年間に限られており，また Mailoa らの調査 [36] では評価期間が平均 7.6 ± 4.3 年と大きくばらついていることから，本研究の結果との正確な比較は困難である．また，前述したインプラント周囲軟組織に関する知見は主に生物学的側面からの考察から得られたものであるが，審美的側面からの考察として，インプラント体およびアバットメントの金属色透過を抑制するうえで唇側軟組織の厚みを 2.0 mm 以上確保すべきであるとする報告 [38,39] もあり，実験 1 で得られたカットオフ値 2.5 mm はこの

条件を満たしており審美的側面からの要求にも耐えうるものであると考察される．

インプラント周囲組織を経時的に評価することは困難であり，これまでの報告ではその評価に客観性に乏しい手法が用いられていたり，基準が曖昧であるがゆえに生体組織である天然歯の周囲組織の状態から得られた指標をインプラント体の周囲組織の状態に当てはめて経時的変化を評価している調査が多い．また，これらの調査より得られた指標がそのまま臨床的に用いられていることも多く，インプラント体周囲組織の経時的変化をより正確に予測できる診断手法についていまだ統一された見解は得られていない[7,8,40]．本研究のようにインプラント体プラットフォームレベルにおける唇側硬・軟両組織の唇舌的厚みと周囲組織の高さの経時的吸収量の関連を同一断面上で，かつ同一の基準から評価した報告は現時点で見当たらない．また，生体におけるインプラント体周囲組織の経時的変化量に対する診断材料としてインプラント体唇側硬・軟両組織の唇舌的厚みを評価した報告も現時点では見当たらない．したがって，実験 1 で得られたインプラント体唇側硬組織のカットオフ値 1.6 mm，インプラント体唇側軟組織のカットオフ値 2.5 mm は，動物実験あるいは天然歯周囲組織の状態を参考としたカットオフ値より高い信頼性を有していると考えられ，上顎前歯部および小臼歯部におけるインプラント治療の術前診断を行う際，インプラ

ント体の唇舌的位置関係を決定するうえで有用な診断基準となるものと考える.

実験 2：断面形態別にみたインプラント体唇側組織の経時的変化

これまでの報告では，インプラント体唇側に存在する硬・軟両組織を同時に，かつ同一断面上で評価する手法に乏しく，硬組織および軟組織を別々の項目として評価しているものが大多数で，特に軟組織に関しては測定基準および測定手法の信頼性・再現性が問題となっていた[12]．そこで，本研究では埋入されたインプラント体プラットフォームレベルを基準とし，硬・軟両組織の唇舌的な厚みと長軸方向の高さの経時的変化を同一断面上で，かつ同一の基準から評価した.

T0 から T1 にかけての 1 年間では，いずれの群においても硬・軟両組織の高さは有意に減少し，硬・軟両組織ともに薄い群は他の 3 群と比較して有意に大きい吸収量を示す結果となり，インプラント周囲組織が薄いと経時的な組織吸収を起こしやすいとする過去の報告[23,41]を裏付ける結果となった．また，最終上部構造装着後 1 年後以降の， T 1 から T 2 の 1 年間では，Type 1 や Type 3 のような唇側軟組織が厚い群は Type 2 や Type 4 のような唇側軟組織が薄い群と比較して唇側硬・軟両組織の吸収量が小さい結果となり，厚い唇側軟組織の存在がインプラント周囲組織の経時的吸収を抑制したとする報告[13,14,15,42,43,44]と一致した見解を示すものとなった.

インプラント治療の成否を判定する項目として，インプラント体頸部の経時的骨吸収および周囲粘膜の退縮があげられる．インプラント体頸部骨吸収の進行に伴った周囲粘膜の退縮はインプラント体表面の金属色が口腔内に露出し，審美的な合併症をもたらすだけではなく，周囲軟組織の退縮により生物学的にもインプラント体表面の感染が一層進行しやすい環境となる．インプラント治療の成功基準の重要な項目の一つとして，頸部骨吸収量は機能開始後 1 年間で 1.5 mm 未満，それ以降の 1 年ごとに 0.2 mm 未満に抑制されるべきであるとされている [20,28]．オッセオインテグレーションしたインプラント体が外界である口腔内と交通すると，インプラント周囲の生物学的幅径の構築とともに頸部骨吸収が生じ始める [24]．それ以降は咬合負荷によって生じるインプラント－アバットメント接合部におけるマイクロギャップからの細菌感染やブラッシング圧による機械的ストレスによって頸部骨吸収が緩徐ではあるが継続するとされている [45]．本研究においては，断面形態により分類した 4 群いずれにおいても最終上部構造装着後 1 年間と比較してそれ以降の 1 年間での硬・軟両組織の吸収量は減少しており，インプラント体埋入手術による外科的侵襲および上部構造装着後の生物学的幅径の構築後，一定の期間を経て周囲組織はある程度安定することを示唆している．上部構造装着後 1 年後以降においては，薄い軟組織を有する Type 2 ， Type 4 は，厚い軟組織を有する Type 1 ， Type 3 と

比較して硬・軟両組織の吸収量が有意に大きい値を示しており，唇側硬・軟両組織のより長期にわたった維持・安定に厚い軟組織の存在が関与している可能性がある．ただし，インプラント周囲組織の安定に関与する因子として，角化粘膜の存在[46,47]，口腔衛生状態[48]，アバットメントの着脱回数[49]などが報告されており，本研究においてはこれらの因子は評価項目に加えられていない．また，インプラント体埋入手術を行った術者の数は 8 名であり，インプラント体埋入手術の外科術式が統一されていないことから，これらの因子のばらつきが術後の結果に偏りをもたらしている可能性は否定できず，今後はこれらの項目も考慮したより多面的な評価が必要であると考えられる．

最後に，本研究では，インプラント体唇側硬・軟両組織の経時的変化を評価するうえで，インプラント体の表面性状や連結様式等の条件を統一し，唇側組織の断面形態の違いに着目して検討を行った．今後は，本研究では検討項目に含まれなかった患者の角化粘膜，口腔衛生状態，咬合，硬・軟両組織の質などインプラント周囲組織の予後に関わる因子を含めて検討を行うことで，最終上部構造装着後に周囲組織が長期にわたって維持・安定し，良好な予後が得られる指標の確立が期待される．

結論

本研究において， CBCT を用いた上顎前歯部および小臼歯部におけるインプラント体唇側硬・軟両組織の経時的変化の定量評価を行い，以下の結論を得た．

1. 最終上部構造装着時のインプラント体プラットフォームレベルにおける唇側硬組織の唇舌的厚みのカットオフ値を 1.6 mm としたときに唇側硬組織の高さの吸収の有無に対する最も高い診断精度（感度 0.83，特異度 0.63）が得られた．また，唇側軟組織の唇舌的厚みのカットオフ値を 2.5 mm としたときに唇側軟組織の高さの吸収の有無に対する最も高い診断精度（感度 0.76，特異度 0.66）が得られた．
2. 最終上部構造装着後 2 年間における垂直的な硬組織平均吸収量および軟組織平均吸収量は， Type 1 （硬・軟組織ともにカットオフ値以上の群）がともに 0.1 mm， Type 2 （硬組織がカットオフ値以上で軟組織がカットオフ値未満の群） がそれぞれ 0.3 mm ， 0.4 mm， Type 3 （硬組織がカットオフ値未満で軟組織がカットオフ値以上の群）がともに 0.1 mm， Type 4 （硬・軟組織ともにカットオフ値未満の群）がそれぞれ 0.9 mm， 0.8 mm であった．また， Type 4 は，他の 3 群と比較して硬・軟組織ともに有意に大きい吸収量を示した．

3. 最終上部構造装着時にインプラント体唇側に厚い硬組織および厚い軟組織が存在することで，最終上部構造装着後 2 年間における唇側組織の吸収が抑制される可能性が示された.

謝辞

稿を終えるにあたり，本研究の機会を与えていただき，御指導と御高配を賜りました大阪大学大学院歯学研究科クラウンブリッジ補綴学教室の矢谷博文教授に対し，深甚なる謝意を表します.

また，本研究の遂行にあたり，終始御懇篤なる御指導と御鞭撻を受け賜りました大阪大学大学院歯学研究科クラウンブリッジ補綴学教室の中野環助教，小野真司医員に心より感謝申し上げます.

最後に，本研究を行うに際し，多大なる御協力と御助言を頂いた大阪大学大学院歯学研究科クラウンブリッジ補綴学教室の教室員各位に厚く御礼申し上げます.

参考文献

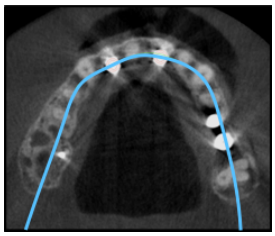
1. Fürhauser R, Mailath-Pokorny G, Haas R, Busenlechner D, Watzek G, Pommer B. Esthetics of flapless single-tooth implants in the anterior maxilla using guided surgery: association of three-dimensional accuracy and pink esthetic score. Clin Implant Dent Relat Res. 2015 ;17:427-33.
2. Grunder U, Gracis S, Capelli M. Influence of the 3-D bone-to-implant relationship on esthetics. Int J Periodontics Restorative Dent. 2005;25:113-9.
3. Merheb J, Quirynen M, Teughels W. Critical buccal bone dimensions along implants. Periodontol 2000. 2014;66:97-105.
4. Spray JR, Black CG, Morris HF, Ochi S. The influence of bone thickness on facial marginal bone response: stage 1 placement through stage 2 uncovering. Ann Periodontol. 2000;5:119-28.
5. Chen ST, Buser D. Clinical and esthetic outcomes of implants placed in postextraction sites. Int J Oral Maxillofac Implants. 2009;24 Suppl:186-217.
6. Bashutski JD, Wang HL. Common implant esthetic complications. Implant Dent. 2007;16:340-8.
7. Suárez-López del Amo F, Lin G-H, Monje A, Galindo-Moreno P, Wang H-L. Influence of soft tissue thickness on peri-implant marginal bone loss: A systematic review and meta-analysis. J Periodontol. 2016;87:690-9.
8. Akcalı A, Trullenque-Eriksson A, Sun C, Petrie A, Nibali L, Donos N. What is the effect of soft tissue thickness on crestal bone loss around dental implants? A systematic review. Clin Oral Implants Res. 2016;28:1046-53.
9. Kan JYK, Morimoto T, Rungcharassaeng K, Roe P, Smith DH. Gingival biotype assessment in the esthetic zone: visual versus direct measurement. Int J Periodontics Restorative Dent. 2010;30:237-43.
10. Müller HP, Heinecke A, Schaller N, Eger T. Masticatory mucosa in subjects with different periodontal phenotypes. J Clin Periodontol. 2000;27:621-6.

11. Goaslind G, Robertson P, Mahan C, Morrison W, Olson J. Thickness of facial gingiva. J Periodontol. 1977;48:768-71.
12. Mazzotti C, Stefanini M, Felice P, Bentivogli V, Mounssif I, Zucchelli G. Soft-tissue dehiscence coverage at peri-implant sites. Periodontol 2000. 2018;77:256-72.
13. Linkevicius T, Pros D, Apse P, Med H, Grybauskas S, Puisys A. The influence of soft tissue thickness on crestal bone changes around implants: A 1-year prospective controlled clinical trial. 2009;24:712-9.
14. Linkevicius T, Puisys A, Svediene O, Linkevicius R, Linkeviciene L. Radiological comparison of laser-microtextured and platform-switched implants in thin mucosal biotype. Clin Oral Implants Res. 2015;26:599-605.
15. Linkevicius T, Linkevicius R, Alkimavicius J, Linkeviciene L, Andrijauskas P, Puisys A. Influence of titanium base, lithium disilicate restoration and vertical soft tissue thickness on bone stability around triangular-shaped implants: A prospective clinical trial. Clin Oral Implants Res. 2018;29:716-24.
16. Roe P, Kan MSJYK, Rungcharassaeng MSK, Caruso JM, Zimmerman MPHG, Mesquida J. 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. 2012;27:393-400.
17. Jung RE, Benic GI, Scherrer D, Hämmerle CHF. Cone beam computed tomography evaluation of regenerated buccal bone 5 years after simultaneous implant placement and guided bone regeneration procedures - a randomized, controlled clinical trial. Clin Oral Implants Res. 2015;26:28-34.
18. Kaminaka A, Nakano T, Ono S, Kato T, Yatani H. 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. 2015;17:576-85.
19. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson A. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. Int J Oral Maxillofac Surg. 1986;1:11-25.

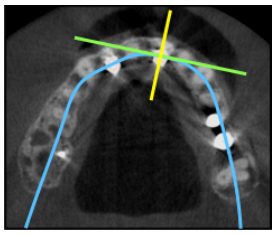
20. Zarb GA, Albrektsson T. Towards optimized treatment outcomes for dental implants. J Prosthet Dent. 1998;80:639-40.
21. Arora H, Khzam N, Roberts D, Bruce WL, Ivanovski S. Immediate implant placement and restoration in the anterior maxilla: Tissue dimensional changes after 2-5 year follow up. Clin Implant Dent Relat Res. 2017;19:694-702.
22. Arora H, Ivanovski S. 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. 2017;28:1188-94.
23. Kois JC. Predictable single-tooth peri-implant esthetics: five diagnotic keys. Compend Contin Educ Dent. 2004;25:895-907.
24. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thornsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. Vol. 2, Clinical Oral Implants Research. 1991;2:81-90.
25. Glauser R, Schupbach P, Gottlow J, Hammerle CHF. Periimplant 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;7:44-51.
26. Tomasi C, Tessarolo F, Caola I, Wennström J, Nollo G, Berglundh T. Morphogenesis of peri-implant mucosa revisited: An experimental study in humans. Clin Oral Implants Res. 2014;25:997-1003.
27. Lau SL, Chow LK, Leung YY. A non-invasive and accurate measurement of gingival thickness using cone-beam computerized imaging for the assessment of planning immediate implant in the esthetic zone - A pig jaw model. Implant Dent. 2016;25:619-23.
28. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark P. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Int J Oral Surg. 1981;10:387-416.
29. Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. Int J Periodontics Restorative Dent. 2006;26:9-17.
30. Raes S, Eghbali A, Chappuis V, Raes F, De Bruyn H, Cosyn J. A long-term prospective cohort study on immediately restored single tooth implants inserted in extraction sockets and healed ridges: CBCT analyses, soft tissue alterations, aesthetic ratings, and patient-

reported outcomes. Clin Implant Dent Relat Res. 2018;20:522-30.
31. Vandeweghe S, De Bruyn H. A within-implant comparison to evaluate the concept of platform switching. A randomised controlled trial. Eur J Oral Implantol. 2012;5:253-62.
32. Gargiulo A, Wentz F, Orban B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. J Periodontol. 1961;32:261-7.
33. Nozawa T, Enomoto H, Tsurumaki S, Ito K. Biologic height-width ratio of the buccal supra-implant mucosa. Eur J Esthet Dent. 2006;1:208-14.
34. Farronato D, Manfredini M, Mangano F, Goffredo G, Colombo M, Pasini P. Ratio between height and thickness of the buccal tissues: A pilot study on 32 single implants. Dent J. 2019;7:1-11.
35. Wennström JL. Mucogingival Considerations in orthodontic treatment. Semin Orthod. 1996;2:46-54.
36. Mailoa J, Arnett M, Chan HL, George FM, Kaigler D, Wang HL. The association between buccal mucosa thickness and periimplant bone loss and attachment loss: A cross-sectional study. Implant Dent. 2018;27:575-81.
37. Berglundh T, Abrahamsson I, Welander M, Lang NP, Lindhe J. Morphogenesis of the peri-implant mucosa: An experimental study in dogs. Clin Oral Implants Res. 2007;18:1-8.
38. Jung RE, Sailer I, Hämmerle CHF, Attin T, Schmidlin P. In vitro color changes of soft tissues caused by restorative materials. Int J Periodontics Restorative Dent. 2007;27:251-7.
39. van Brakel R, Noordmans HJ, Frenken J, de Roode R, de Wit GC, Cune MS. The effect of zirconia and titanium implant abutments on light reflection of the supporting soft tissues. Clin Oral Implants Res. 2011;22:1172-8.
40. Buser D, Sennerby L, De Bruyn H. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. Periodontol 2000. 2017;73:7-21.
41. Kan JYK, Rungcharassaeng K, Umezu K, Kois JC. Dimensions of peri-implant mucosa: An evaluation of maxillary anterior single implants in humans. J Periodontol. 2003;74:557-62.
42. Puisys A, Linkevicius T. The influence of mucosal tissue thickening on crestal bone stability around bone-level implants. A prospective

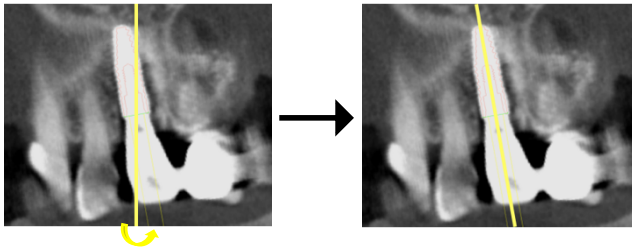
controlled clinical trial. Clin Oral Implants Res. 2015;26:123-9.
43. Linkevicius T, Puisys A, Linkeviciene L, Peciuliene V, Schlee M. Crestal bone stability around implants with horizontally matching connection after soft tissue thickening: A prospective clinical trial. Clin Implant Dent Relat Res. 2015;17:497-508.
44. Favero V, Lang NP, Rossi F, Favero R, Baffone D, Botticelli D. Peri-implant tissues morphometry at SLActive surfaces. An experimental study in the dog. Clin Oral Implants Res. 2016;27:993-8.
45. Oh T-J, Yoon J, Misch CE, Wang H-L. The causes of early implant bone loss: Myth or science? J Periodontol. 2002;73:322-33.
46. Artzi Z, Tal H, Moses O, Kozlovsky A. Mucosal considerations for osseointegrated implants. J Prosthet Dent. 1993;70:427-32.
47. Zigdon H, MacHtei EE. The dimensions of keratinized mucosa around implants affect clinical and immunological parameters. Clin Oral Implants Res. 2008;19:387-92.
48. Schrott AR, Jimenez M, Hwang JW, Fiorellini J, Weber HP. Five-year evaluation of the influence of keratinized mucosa on peri-implant soft-tissue health and stability around implants supporting full-arch mandibular fixed prostheses. Clin Oral Implants Res. 2009;20:1170-7.
49. Becker K, Mihatovic I, Golubovic V, Schwarz F. Impact of abutment material and dis-/re-connection on soft and hard tissue changes at implants with platform-switching. J Clin Periodontol. 2012;39:774-80.



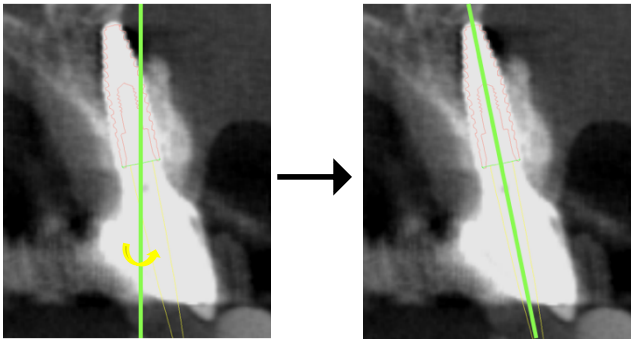
① 体軸断面上で対象とするインプラント体の近心，遠心および残存歯中心軸を通る歯列弓を設定



② 対象とするインプラント体での歯列弓の接線における前頭断面および矢状断面を獲得



③ 前頭断面上でインプラント体長軸に矢状断面を合わせる



④ 矢状断面上でインプラント体長軸に前頭断面を合わせる

図 1　計測用画像の設定方法

青線：歯列弓，黄線：矢状断面，緑線：前頭断面

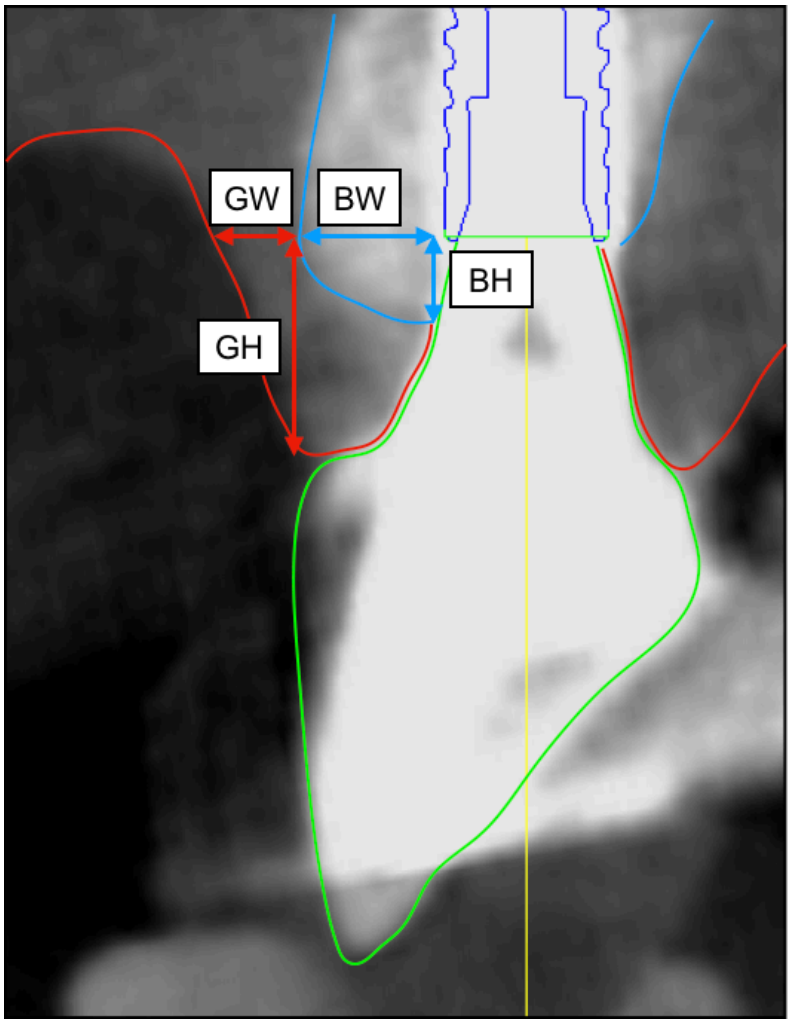


図 2　計測用 CBCT 画像におけるインプラント周囲組織の計測項目

BW : インプラント体プラットフォームレベルにおける唇側硬組織の唇舌的厚み

GW : インプラント体プラットフォームレベルにおける唇側軟組織の唇舌的厚み

BH : インプラント体プラットフォームレベルを基準とした唇側硬組織の高さ

GH : インプラント体プラットフォームレベルを基準とした唇側軟組織の高さ

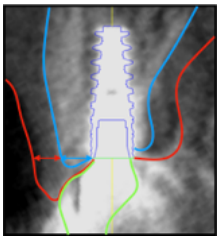
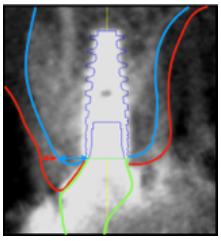
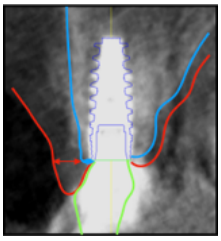
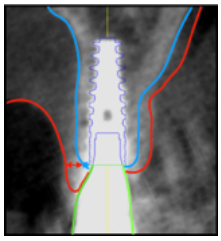
断面形態分類	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
				
唇側硬組織	カットオフ値以上	カットオフ値以上	カットオフ値未満	カットオフ値未満
唇側軟組織	カットオフ値以上	カットオフ値未満	カットオフ値以上	カットオフ値未満

図 3　インプラント体唇側組織の断面形態分類

各断面形態分類の代表例を示す.

なお，　CBCT 画像はそれぞれ T0（最終上部構造装着時）に撮影したものである.

Type 1　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上のもの

Type 2　：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満のもの

Type 3　：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上のもの

Type 4　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満のもの

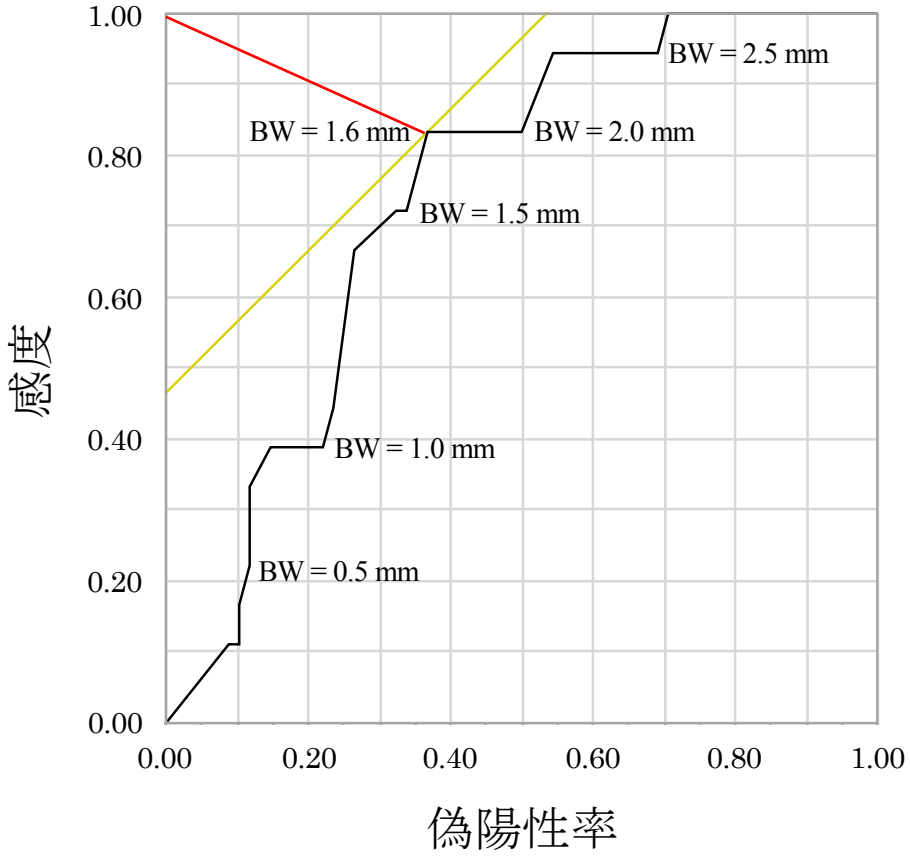


図 4　最終上部構造装着後 1 年間における唇側硬組織の高さの吸収の有無と T0 時の PL における BW との関連を示す ROC 曲線

黄線：ROC 曲線における Youden Index（感度 – 偽陽性率が最大となる値）を示す直線

赤線：感度 1.0 ，特異度 1.0 となる点から最も近い ROC 曲線上の点までを示す直線

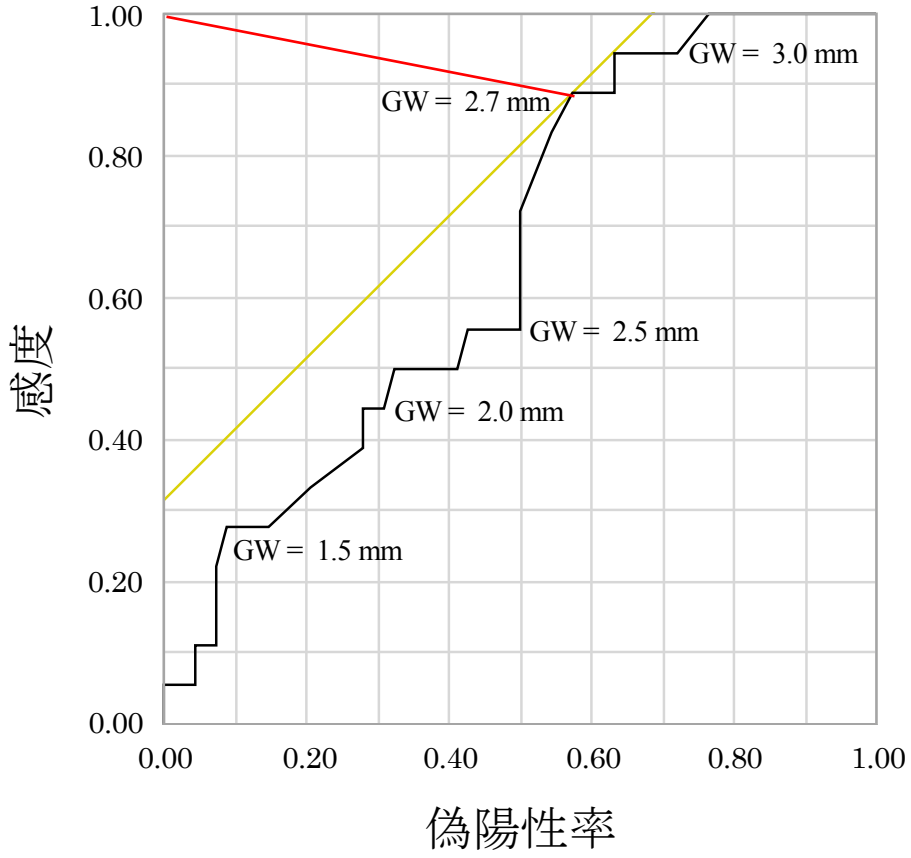


図 5　最終上部構造装着後 1 年間における唇側硬組織の高さの吸収の有無と T0 時の PL における GW との関連を示す ROC 曲線

黄線 : ROC 曲線における Youden Index（感度 − 偽陽性率が最大となる値）を示す直線

赤線 : 感度 1.0 ， 特異度 1.0 となる点から最も近い ROC 曲線上の点までを示す直線

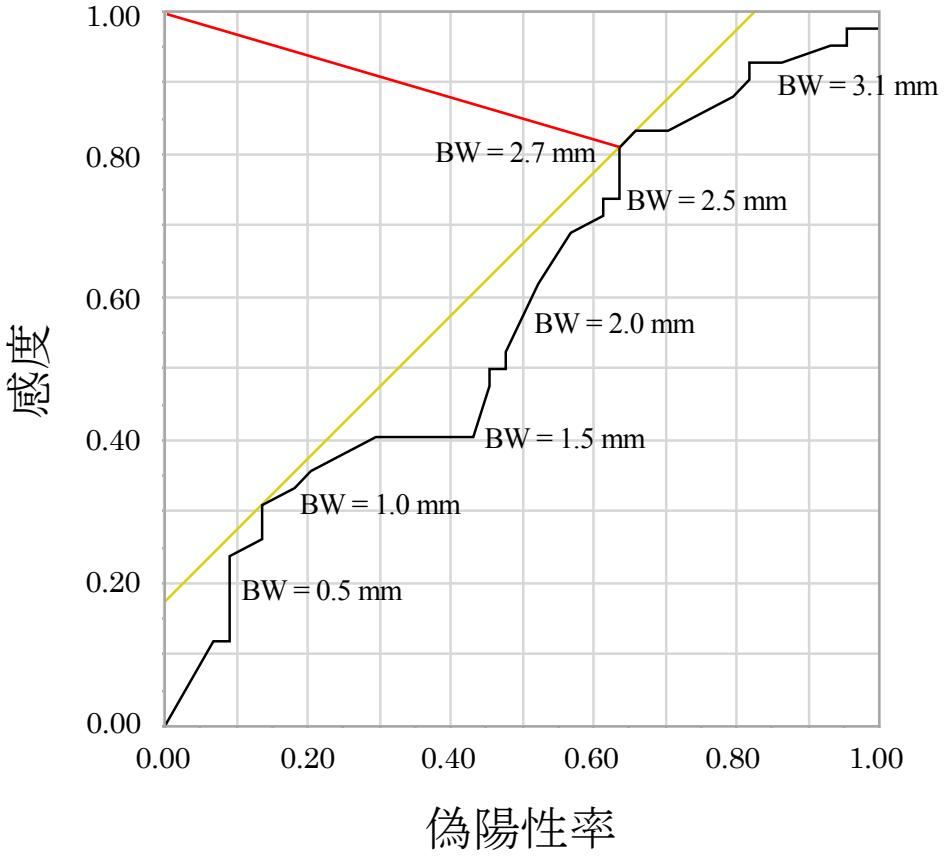


図 6　最終上部構造装着後 1 年間における唇側軟組織の高さの吸収の有無と T0 時の PL における BW との関連を示す ROC 曲線

黄線：ROC 曲線における Youden Index（感度 – 偽陽性率が最大となる値）を示す直線

赤線：感度 1.0 ，特異度 1.0 となる点から最も近い ROC 曲線上の点までを示す直線

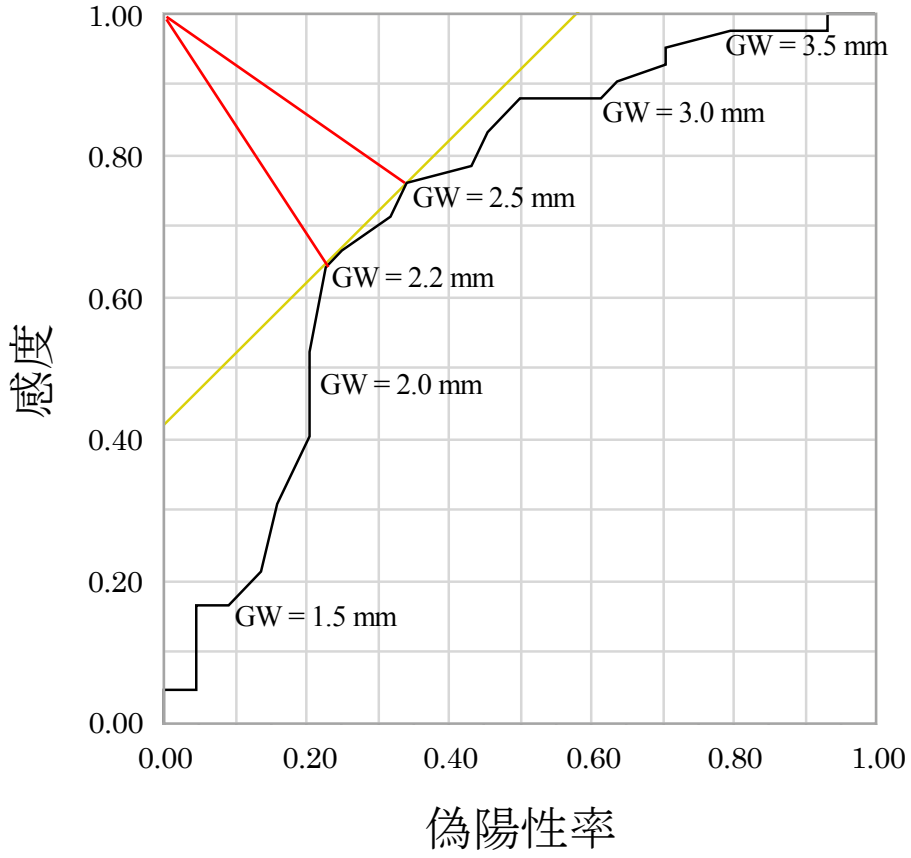


図 7　最終上部構造装着後 1 年間における唇側軟組織の高さの吸収の有無と T0 時の PL における GW との関連を示す ROC 曲線

黄線 : ROC 曲線における Youden Index（感度 − 偽陽性率が最大となる値）を示す直線

赤線 : 感度 1.0 ， 特異度 1.0 となる点から最も近い ROC 曲線上の点までを示す直線

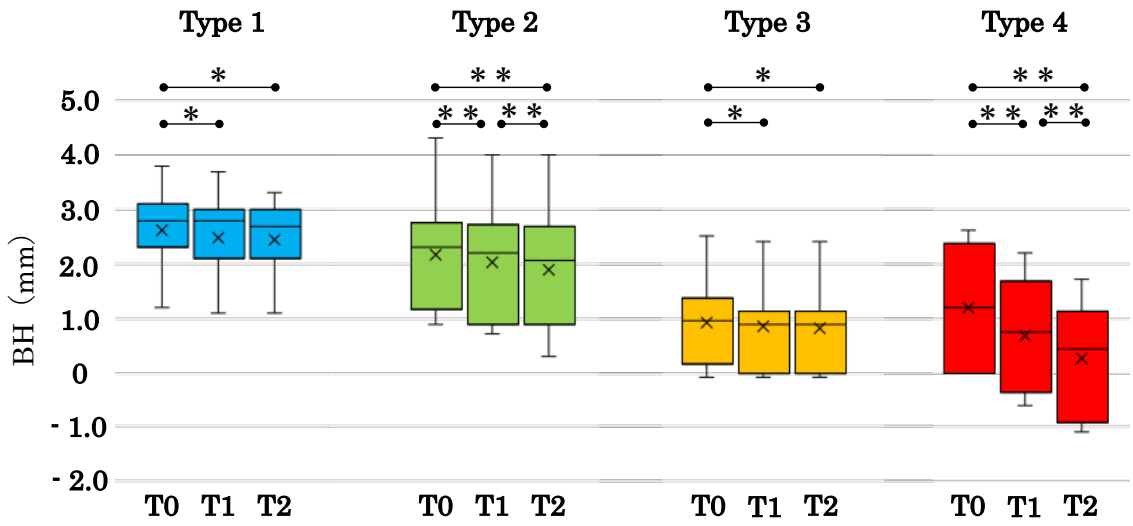


図 8　断面形態によって分類した 4 群における唇側硬組織の高さ（ BH ）の経時的変化

BH：インプラント体唇側硬組織の長軸方向の高さ

T 0：最終上部構造装着時

T 1：最終上部構造装着後 1 年経過時

T 2：最終上部構造装着後 2 年経過時

Type 1　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上のもの

Type 2　：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満のもの

Type 3　：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上のもの

Type 4　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満のもの

Friedman's test　Wilcoxon 符号付順位検定

＊： $P < 0.05$ ，＊＊： $P < 0.01$

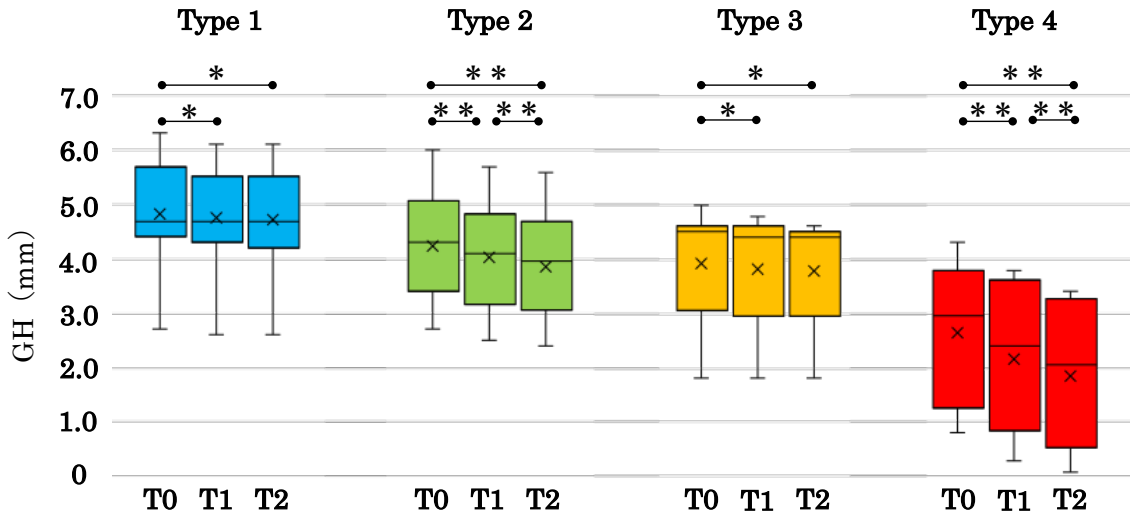


図 9 断面形態によって分類した 4 群における唇側軟組織の高さ（ GH ）の経時的変化

GH：インプラント体唇側軟組織の長軸方向の高さ

T 0：最終上部構造装着時

T 1：最終上部構造装着後 1 年経過時

T 2：最終上部構造装着後 2 年経過時

Type 1 ：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上のもの

Type 2 ：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満のもの

Type 3 ：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上のもの

Type 4 ：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満のもの

Friedman's test　Wilcoxon 符号付順位検定

＊： $P < 0.05$ ，＊＊： $P < 0.01$

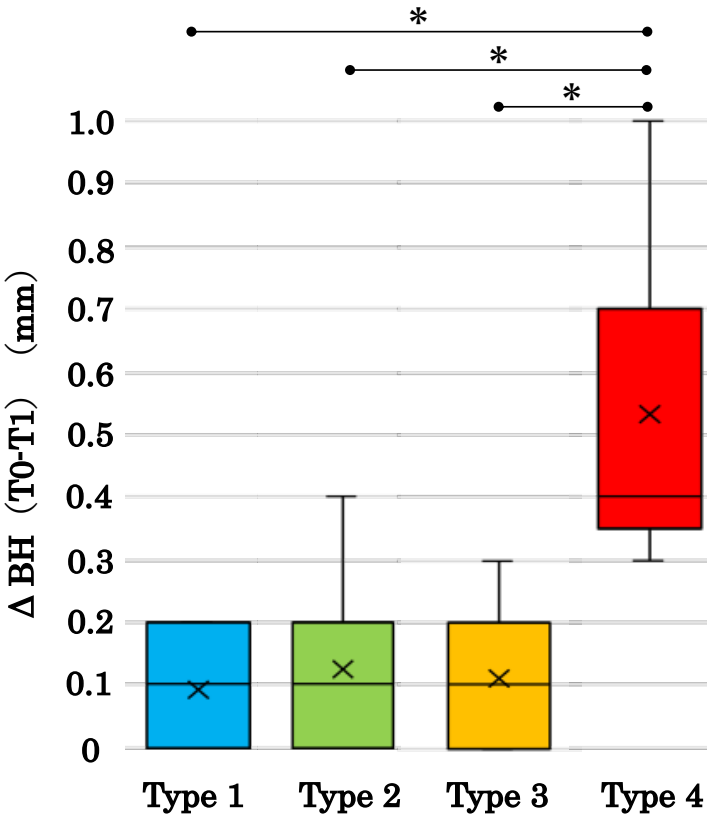


図 10　Δ BH（T0-T1）の経時的変化量

Type 1　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上のもの

Type 2　：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満のもの

Type 3　：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上のもの

Type 4　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満のもの

Kruskal - Wallis 検定　Mann - Whitney U 検定

＊：　$P < 0.01$

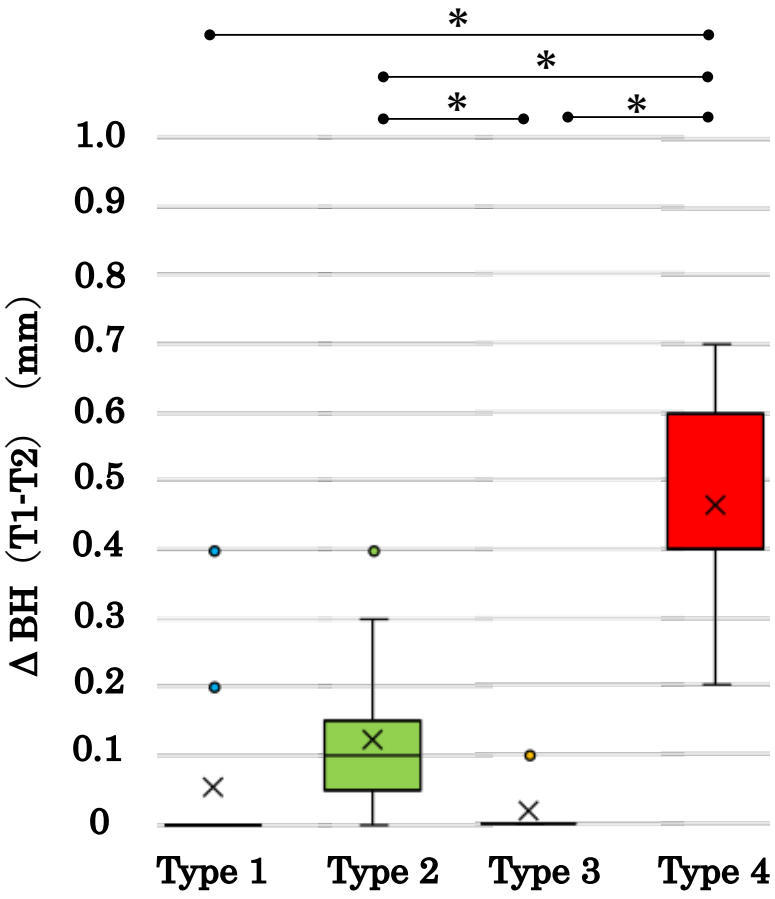


図 11　Δ BH（T1-T2）の経時的変化量

Type 1　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上のもの

Type 2　：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満のもの

Type 3　：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上のもの

Type 4　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満のもの

Kruskal - Wallis 検定　Mann - Whitney U 検定

＊：　$P < 0.01$

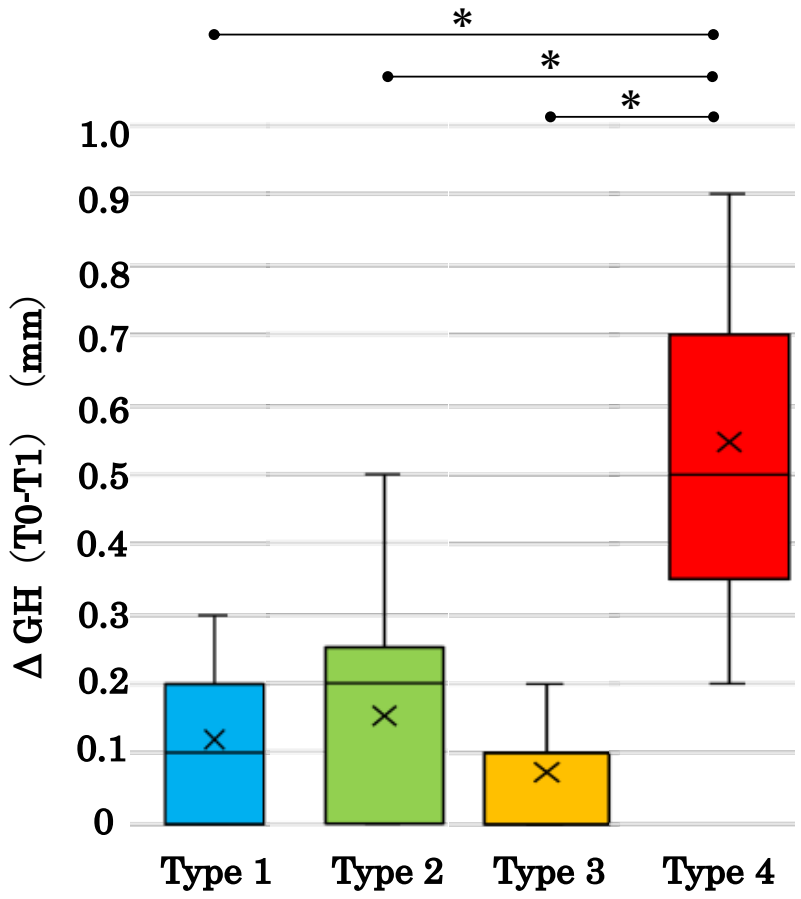


図 12　Δ GH（T0-T1）の経時的変化量

Type 1　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上のもの

Type 2　：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満のもの

Type 3　：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上のもの

Type 4　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満のもの

Kruskal - Wallis 検定　Mann - Whitney U 検定

＊：　$P < 0.01$

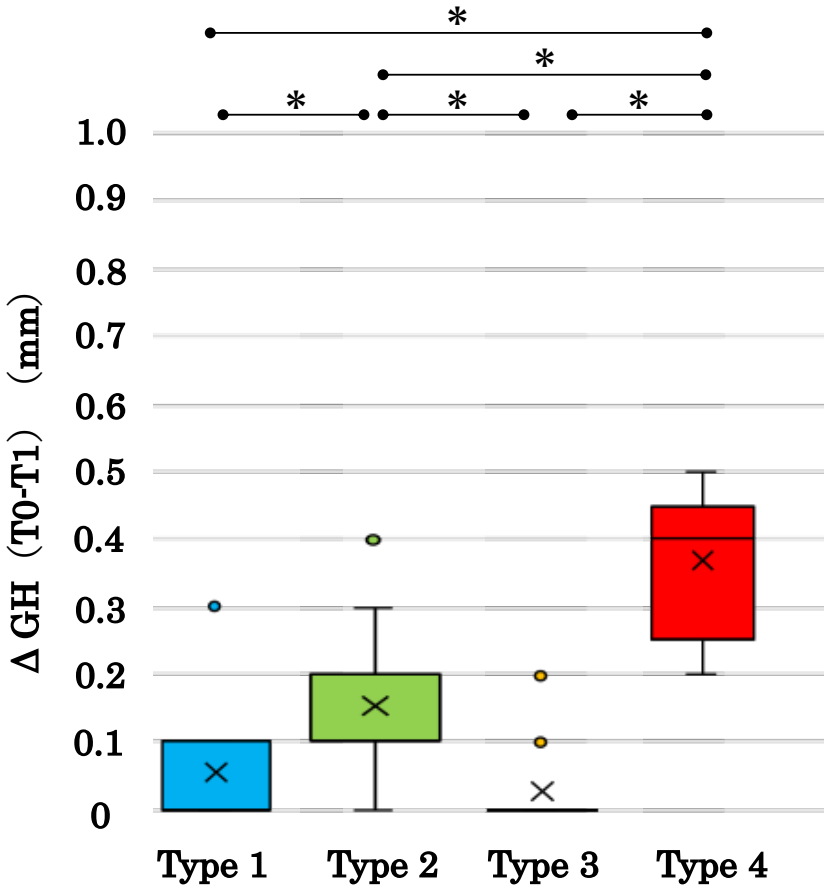


図 13　Δ GH（T1-T2）の経時的変化量

Type 1　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上のもの

Type 2　：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満のもの

Type 3　：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上のもの

Type 4　：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満のもの

Kruskal - Wallis 検定　Mann - Whitney U 検定

＊：　$P < 0.01$

表 1　患者の CBCT 撮影条件

Field of View（FOV）	直径 102 mm × 高さ 102 mm
ボクセルサイズ	0.2 mm
管電圧	80 kVp
管電流	7 mA
撮影時間	17 秒

表 2　CBCT 画像計測の検者内信頼性と検者間信頼性

計測項目	検者内信頼性 ICC (1,1) （N = 10）	検者間信頼性 ICC (2,1) （N = 10）
BW	0.99	0.99
GW	0.97	0.82
BH	0.95	0.99
GH	0.97	0.97

計測部位：図 2 参照

表 3‐1　実験 2 における Type 1 から Type 4 のベースラインデータ比較

計測項目		Type 1（n=11）	Type 2（n=14）	Type 3（n=10）	Type 4（n=10）	*P* 値
男性 / 女性（名）*		3 / 7	3 / 10	5 / 4	3 / 5	0.44
平均年齢（歳）†		57（42-74）	59（41-74）	58（19-74）	59（19-74）	0.75
部位*（本）	中切歯	4	6	3	4	0.31
	側切歯	6	3	4	2	
	犬歯	0	1	2	1	
	第一小臼歯	0	1	1	2	
	第二小臼歯	1	3	0	1	
経過期間†（月）	T0 - T1	11.9 ± 2.1	12.2 ± 1.8	14.1 ± 2.1	13.0 ± 1.6	0.35
	T1 - T2	13.3 ± 2.1	13.9 ± 2.4	13.0 ± 1.7	14.2 ± 2.6	0.56

＊： Fisher の正確確率検定（有意水準 α=0.05 ）

†： Student の t 検定（有意水準 α=0.05 ）

平均年齢の（　）内：最低年齢 – 最高年齢

Type 1 ：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上の群

Type 2 ：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満の群

Type 3 ：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上の群

Type 4 ：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満の群

表 3 - 2

計測項目		Type 1（n=11）	Type 2（n=14）	Type 3（n=10）	Type 4（n=10）	*P* 値
術式*	DP	4	4	0	1	0.07
	GBR	3	4	5	9	
	GBR + CTG	3	3	3	0	
	IP	1	3	2	0	
インプラント体のメーカー*（本）	NB 社	5	10	4	9	0.10
	ST 社	6	4	6	1	
インプラント体の長径‡（mm）		11.6 ± 1.1	12.1 ± 1.0	12.3 ± 0.7	12.2 ± 0.7	0.71
インプラント体の直径‡（mm）		3.7 ± 0.4	4.1 ± 0.3	3.7 ± 0.4	4.0 ± 0.4	0.11

＊： Fisher の正確確率検定（有意水準 α=0.05 ）

‡： one-way ANOVA（有意水準 α=0.05 ）

術式の DP：通常埋入， GBR：骨造成術併用， GBR + CTG：骨造成術および結合組織移植術併用， IP：抜歯即時埋入

インプラント体のメーカーの NB 社： Nobel Biocare 社， ST 社： Straumann 社

Type 1 ：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上の群

Type 2 ：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満の群

Type 3 ：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上の群

Type 4 ：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満の群

表 4　最終上部構造装着後のインプラント体唇側組織の経時的変化

計測項目	計測時期	Type 1（n=11） Median [Max,Min]	Type 2（n=14） Median [Max,Min]	Type 3（n=10） Median [Max,Min]	Type 4（n=10） Median [Max,Min]
BH (mm)	T 0	2.8 [3.8 , 1.2]	2.3 [4.3 , 0.9]	1.0 [2.5 , -0.1]	1.2 [2.6 , 0]
	T 1	2.8 [3.7 , 1.1]	2.2 [4.0 , 0.7]	0.9 [2.4 , -0.1]	0.8 [2.2 , -0.6]
	T 2	2.7 [3.3 , 1.1]	2.1 [4.0 , 0.3]	0.9 [2.4 , -0.1]	0.5 [1.7 , -1.1]
GH (mm)	T 0	4.7 [6.3 , 2.7]	4.3 [6.0 , 2.7]	4.5 [5.0 , 1.8]	3.0 [4.3 , 0.8]
	T 1	4.7 [6.1 , 2.6]	4.1 [5.7 , 2.5]	4.4 [4.8 , 1.8]	2.4 [3.8 , 0.3]
	T 2	4.7 [6.1 , 2.6]	4.0 [5.6 , 2.4]	4.4 [4.6 , 1.8]	2.1 [3.4 , 0.1]

Friedman 検定　Wilcoxon 符号付順位検定（ Bonferroni 補正により有意水準 α=0.017 ）

T 0：最終上部構造装着時

T 1：最終上部構造装着後 1 年経過時

T 2：最終上部構造装着後 2 年経過時

BH：インプラント体プラットフォームレベルを基準とした唇側硬組織の高さ

GH：インプラント体プラットフォームレベルを基準とした唇側軟組織の高さ

Type 1 ：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上の群

Type 2 ：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満の群

Type 3 ：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上の群

Type 4 ：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満の群

＊：$P < 0.05$　＊＊：$P < 0.01$

表 5　インプラント体唇側組織の経時的吸収量の群間比較

計測項目		Type 1（n=11）	Type 2（n=14）	Type 3（n=10）	Type 4（n=10）
		Median [Max,Min]	Median [Max,Min]	Median [Max,Min]	Median [Max,Min]
ΔBH	T 0 – T 1	0.1 [0.2 , 0]	0.1 [0.4 , 0]	0.1 [0.3 , 0]	0.4 [1.0 , 0.3]
	T 1 – T 2	0 [0.4 , 0]	0.1 [0.4 , 0]	0 [0.1 , 0]	0.4 [0.7 , 0.2]
ΔGH	T 0 – T 1	0.1 [0.2 , 0]	0.2 [0.5 , 0]	0.1 [0.2 , 0]	0.5 [0.9 , 0.2]
	T 1 – T 2	0 [0.3 , 0]	0.2 [0.4 , 0]	0 [0.2 , 0]	0.4 [0.5 , 0.2]

Kruskal - Wallis 検定　Mann - Whitney U 検定（ Bonferroni 補正により有意水準 α=0.008 ）

T 0：最終上部構造装着時

T 1：最終上部構造装着後 1 年経過時

T 2：最終上部構造装着後 2 年経過時

ΔBH：インプラント体プラットフォームレベルを基準とした唇側硬組織の高さの変化量

ΔGH：インプラント体プラットフォームレベルを基準とした唇側軟組織の高さの変化量

Type 1 ：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値以上の群

Type 2 ：唇側硬組織はカットオフ値以上だが，唇側軟組織はカットオフ値未満の群

Type 3 ：唇側硬組織はカットオフ値未満だが，唇側軟組織はカットオフ値以上の群

Type 4 ：唇側硬・軟両組織ともにカットオフ値未満の群