

印象材の硬度が作業用模型における

アナログの変位に及ぼす影響

—インプラント体レベル印象での検討—

作間健彦¹ 下出 毅²

Effect of Impression Material Hardness on the Displacement of Analogs of Master Casts : An Investigation of Implant Level Impression

Takehiko SAKUMA¹ and Takeshi SHIMODE¹

Objective : The aim of this study was to investigate whether the hardness of impression materials could influence the displacement of implant analogs in taking implant level impressions with open trays and in constructing master casts.

Materials and methods : A metal mould with two implant analogs for superstructures (S1, S2) and two reference analogs (R1, R2) was constructed. S1 and S2 were placed between R1 and R2 and they were connected to each other with autopolymerizing acrylic resin in advance of impression-taking. Two types of additional polyvinyl siloxane impression material of different hardness were used. Impression copings on R1 and R2 were fixed to a tray immediately after the tray was set on the mould. The implant analogs and reference analogs were connected to the impression copings and the master casts were made with α stone. After a rectangular coordinate was set based on R1 and R2, positions and rotation angles of S1 and S2 were measured using a three coordinate measuring machine.

Results : No significant differences in displacement, relative position nor rotation angle were observed between the two impression materials.

Conclusion : Hardness of impression materials did not have a significant influence on the displacement of implant analogs during impression-taking and master cast construction under the condition of this study.

Key words : oral implant, impression material, displacement of implant analog,
accuracy of master cast

緒 言

インプラント補綴治療後の長期的機能維持には

適合良好な上部構造が必須であること¹⁾, また適合が不良な上部構造のスクリー固定により生じる周囲骨の歪みが, 骨吸収を招く可能性があるこ

受付:平成31年1月16日, 受理:平成31年2月7日
奥羽大学大学院歯学研究科口腔機能回復学専攻¹
奥羽大学歯学部歯科補綴学講座²
(指導:山森徹雄^{1,2)}

Department of Oral Rehabilitation, Ohu University
Graduate School of Dentistry¹
Department of Prosthetic Dentistry, Ohu University
School of Dentistry²
(Director: Prof. Tetsuo YAMAMORI^{1,2)}

と²⁾が報告されている。したがって、上部構造の適合性を向上させるために種々の検討がなされてきた³⁻¹⁶⁾。印象採得に関しては、近年、口腔内スキャナーを用いた光学印象が歯科臨床に広く取り入れられるとともに、その精度や再現性についての検討が進められている¹⁷⁻²²⁾が、精度や真度の点からは適用可能な症例は限られている²²⁾。また、現在のところ光学印象からスクリー固定式上部構造を製作するシステムは開発されていない。したがって、上部構造の製作においては、印象材の選択や印象操作に対する配慮が重要といえる。

印象材の選択に関しては、印象用コーピングのアナログ連結時の変形防止などを目的に硬度の大きい印象材を用いることが推奨されてきた²³⁾。しかし、硬度の大きい印象材を部分欠損症例に適用する場合は厳密にブロックアウトを行う必要があり、ブロックアウトしても撤去時に患者が苦痛を訴えることを経験するため、臨床では使用しにくいことも多い。また、印象材の硬度と作業用模型の精度や上部構造の適合性との関係を臨床的な術式に準じて検討した報告は検索できなかった。よって当講座では、まずアバットメントレベル印象において印象材の硬度が作業用模型の精度に及ぼす影響を実験的に検討してきた。その結果、インプラント体が垂直に埋入された場合には印象用コーピングの連結の有無にかかわらず正確な作業用模型製作が可能であることが示された^{24,25)}。またインプラント体が傾斜埋入された場合には、印象用コーピングが連結されていれば適合に問題が無く、咬合や隣接接触に関しても臨床的な調整範囲内であることが示された^{26,27)}。一方、臨床においてはアバットメントレベル印象のみならず、インプラント体レベルでの印象採得も行われる。本研究では、インプラント体レベル印象において印象材の硬度が作業用模型におけるアナログの再現性に及ぼす影響を検討することを目的とした。

材料および方法

1. 基準模型の製作

基準模型としてステンレス製の金型を製作した。金型上面の中央部にインプラント体アナログ（インプラント・レプリカ RP, Nobel Biocare）を

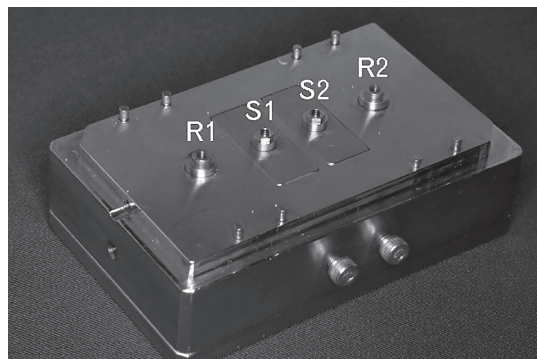


図1 ステンレス製金型による基準模型



図2 パターン用レジンによる印象用コーピングの固定

垂直に2本植立し、上部構造装着部（近心側：S1，遠心側：S2）とし、それぞれの近遠心外側に基準アナログを平行に植立した（近心側：R1，遠心側：R2）（図1）。

2. 個人トレーの製作

S1, S2に印象用コーピング（オープントレー・インプラント体レベル RP ϕ 5mm, Nobel Biocare）を締結し、印象用コーピング間はパターン用レジン（パターンレジン，ジーシー）を用いて連結し（図2），中央部をディスクで切断した後（図3），少量のパターン用レジンで再度連結した。R1, R2に適合する基準アナログ用コーピングを製作して専用のコーピングスクリーンで固定し、さらに基準模型上に設置したトレー連結部にネジ固定した（図3）。トレー連結部は印象採得時にオープントレーにネジ固定される構造になっている。その後、基準模型をパラフィンワックス1枚でリリースし（図4），個人トレー外枠

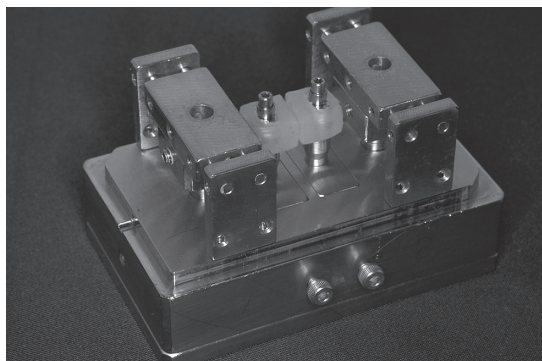


図3 印象用コーピング連結の切断とトレー連結部の装着

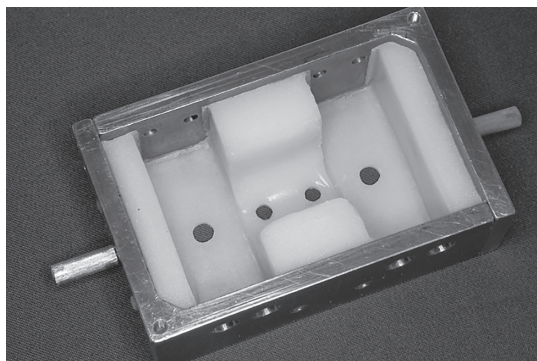


図5 製作した個人トレーの内面

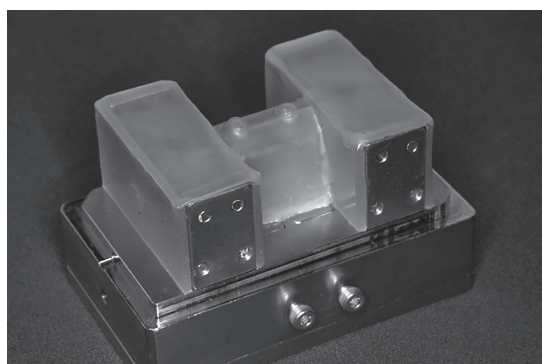


図4 パラフィンワックスによるリリース

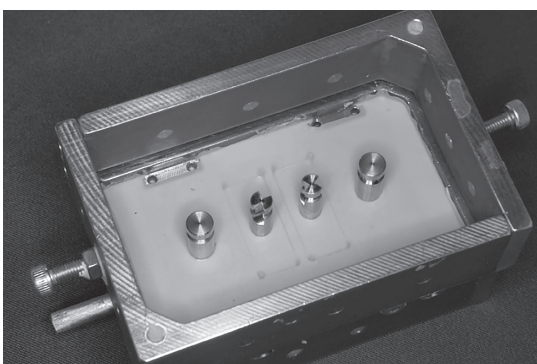


図6 アナログを締結した印象とボクシング用金型

との間に常温重合レジン（トレーレジンⅡ，松風）を圧入しオープトレーを製作した（図5）。

3. 印象採得

恒温恒湿室（室温 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $50\pm 5\%$ ）中で印象採得・作業用模型の製作を行った。本研究では付加型シリコンゴム印象材を採用し，低硬度印象材としてエグザミックスファイン・インジェクションタイプ（ジーシー）を，高硬度印象材としてエグザインプラント（ジーシー）を用いた²⁵⁾。低硬度印象材による印象採得ではエグザミックスファイン・インジェクションタイプをアナログ周囲に注入した後，同印象材を盛り上げた個人トレーを基準模型に圧接した。さらに，個人トレーの外側からトレー連結部をネジ固定した。高硬度印象材による印象採得ではアナログ周囲の基準模型面に少量のエグザミックスファイン・インジェクションタイプをシリンジで注入し，その後エグザインプラントを盛り上げた個人トレーを

圧接し，トレー連結部をネジ固定して印象採得した。

4. 作業用模型の製作

個人トレー圧接から15分後にS1，S2，R1，R2のコーピングスクリューを緩め，トレー連結部の固定ネジを外して基準模型から個人トレーを撤去し，1時間放置した。印象面のS1，S2にインプラント体アナログ（インプラント・レプリカRP，Nobel Biocare）を，R1，R2に製作した基準用アナログを10Ncmのトルクでスクリュー締結した（図6）。ボクシング用金型枠を個人トレーに設置し，超硬質石膏（ニューフジロックⅡ，ジーシー）を注入して作業用模型を製作した（図7）。低硬度印象材，高硬度印象材による印象採得と作業用模型製作をそれぞれ5回行った。

5. 模型計測

変位量の計測には三次元座標測定器（BH-V707，ミットヨ）を用いた。R1，R2のフレンジ

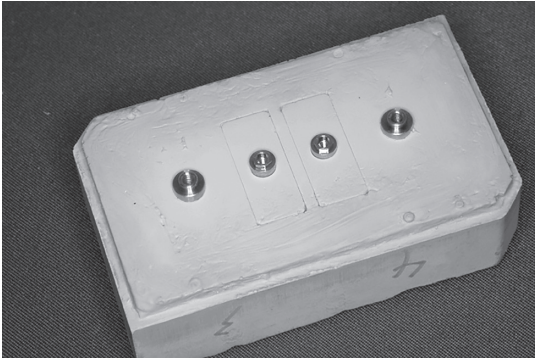


図7 製作した作業用模型

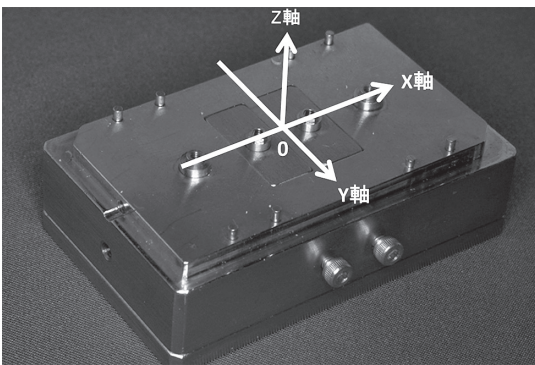


図8 基準模型に設定した座標系

上面の計測から基準平面を設定し、R1、R2の中心を通る直線をX軸として、その中点を原点とした。基準平面上でX軸に直行する直線をY軸、基準平面に直行する直線をZ軸として座標系を設定し、図中矢印方向をプラスとした(図8)。各模型上で計測したS1、S2の位置と基準模型における計測値との差を変位量とし、X、Y、Z軸方向での変位量および三次元的変位量を算出した。さらにS1、S2間の相対的位置の変化量を算出した。また、回転量測定用ジグを製作してインプラント軸まわりの回転量を計測した(図9)。なお、基準模型上方からみて右回り方向をプラスとした。計測値の統計処理にはStudent-tテストを用い、有意水準は $P < 0.05$ とした。

結 果

1. R1, R2 に対する S1, S2 の変位量

R1, R2に対するS1, S2の変位量(平均±SD)は低硬度印象材でX軸、Y軸、Z軸方向にそれぞ

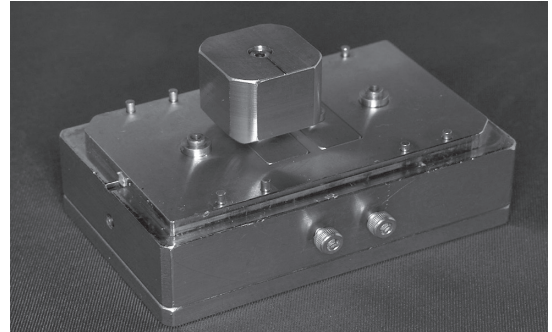


図9 基準模型上の回転量測定用ジグ

れ $0.4 \pm 20.0 \mu\text{m}$ 、 $2.2 \pm 17.9 \mu\text{m}$ 、 $-6.2 \pm 4.6 \mu\text{m}$ 、高硬度印象材でそれぞれ $-5.7 \pm 9.1 \mu\text{m}$ 、 $-5.7 \pm 3.6 \mu\text{m}$ 、 $-8.05 \pm 11.0 \mu\text{m}$ 、であった(図10)。この結果より算出したR1, R2に対するS1, S2の三次元的変位量(平均±SD)は低硬度印象材で $23.7 \pm 12.9 \mu\text{m}$ で、高硬度印象材で $16.9 \pm 6.8 \mu\text{m}$ であり、これらの間に有意差はなかった(図11)。

2. S1, S2間の相対的位置の変化量

基準模型に比較した作業用模型でのS1, S2間の相対的位置の変化量(平均±SD)は低硬度印象材でX軸、Y軸、Z軸方向にそれぞれ $10.0 \pm 5.4 \mu\text{m}$ 、 $2.8 \pm 2.8 \mu\text{m}$ 、 $5.9 \pm 2.1 \mu\text{m}$ 、高硬度印象材でそれぞれ $8.2 \pm 5.5 \mu\text{m}$ 、 $5.4 \pm 3.6 \mu\text{m}$ 、 $3.4 \pm 3.2 \mu\text{m}$ 、であった(図12)。この結果から算出したS1, S2間の三次元的な相対的位置の変化量は低硬度印象材で $10.1 \pm 2.9 \mu\text{m}$ 、高硬度印象材で $12.3 \pm 5.0 \mu\text{m}$ であり、これらの間に有意差はなかった(図13)。

3. S1, S2の回転角度

基準模型に比較した作業用模型でのS1, S2の回転角度は低硬度印象材で $0.63 \pm 0.90^\circ$ 、高硬度印象材で $0.75 \pm 0.74^\circ$ でありこれらの間に有意差はなかった(図14)。

考 察

1. 実験設定について

インプラント補綴治療成功のためには良好な適合の上部構造が求められ^{1,2)}、現在、その多くは間接法により製作される。したがって作業用模型が口腔内を正確に再現する必要があり、その条件を明確にするため様々な検討がなされてきた。その

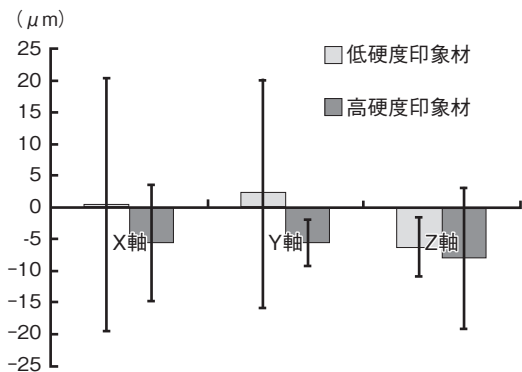


図10 R1, R2に対するS1, S2の変位量(各座標軸方向)

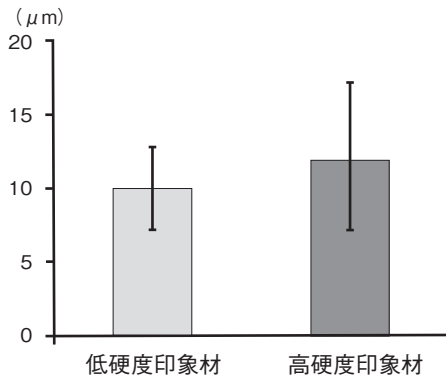


図13 S1, S2間の三次元的な相対的位置の変化量

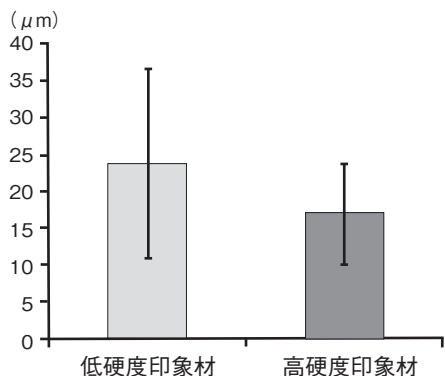


図11 R1, R2に対するS1, S2の三次元的変位量

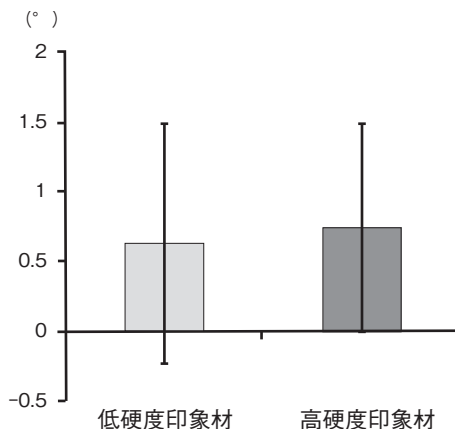


図14 S1, S2の回転角度

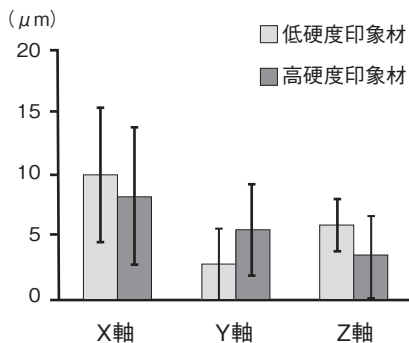


図12 S1, S2間の相対的位置の変化量(各座標軸方向)

一環として、Bränemarkらは、印象用コーピング間をパターン用レジンで連結することを推奨した³⁾。印象用コーピング間の連結に関しては、その後多くの検討がなされており、Assifらは予め製作したフレームワークの浮き上がりをパラメー

タとして、オープントレー用印象用コーピングを連結した場合と連結しない場合、およびクローズドトレイ用印象用コーピングを比較し、オープントレー用の印象用コーピングを連結した場合に最も良好な適合が得られたことを報告した⁴⁾。また、オープントレー用印象用コーピング間を連結すると、非連結の場合や、印象用コーピングを個人トレーに直接連結した場合に比べて、上部構造フレームワークのひずみが小さく適合精度が優れていたことを報告している⁵⁾。さらに印象用コーピング間の連結方法についても検討され、Naconecyら⁷⁾はスチールピンとパターン用レジンによる連結で良好な適合が得られたと述べており、Del'Acquaら⁸⁾はレジン製バーよりもスチールバーと瞬間接着剤、パターン用レジンで連結し

た方が良好な適合が得られたことから、連結材料の強固さの重要性を報告した。印象用コーピングの連結が作業用模型の精度に与える影響が少ないとする報告^{9,10}もみられるが、その数は少ない。アバットメントレベル印象を対象とした当講座における研究でもインプラント体が垂直方向に埋入された場合は連結の有無による差は明確ではなかった^{24,25}が、傾斜埋入されたインプラントでは印象用コーピングを連結しない場合にアナログの変位が著明であった^{26,27}。以上のことから、本研究ではオープントレー用の印象用コーピングを連結して用いることとした。

また、メーカーの指示では印象材の操作時間は2～3分、口腔内保持時間は3分となっているが、本研究では23±2℃の環境で硬化させるため、トレー圧接後15分間保持した後に撤去した。また、印象を撤去してから石膏注入までの時間についてはメーカー指示では10分以上、2週間以内となっているが、関連する研究²⁴⁻²⁷の設定条件を踏まえて本研究では1時間に統一した。

2. 印象材の選択と作業用模型における再現性について

作業用模型の精度に影響を及ぼす因子として、印象材の選択がある。インプラント上部構造の印象採得に関しては、印象採得時やアナログ連結時における印象用コーピングの変位を防ぐことを想定してポリエーテルゴム印象材など硬度の大きい印象材を推奨する考え方がある²⁹。本研究で高硬度印象材として採用した付加型シリコンゴム印象材が開発された背景にはこのような考え方があると思われる。しかし、硬度の大きい印象材を部分欠損症例に使用する際には、厳密なブロックアウトが求められる上、撤去時に患者が苦痛を訴えることを経験するため使用しにくい場合も多い。よって臨床においては印象採得による再現性が確保されるのであれば、硬度の小さい印象材を用いるのが望ましいといえる。したがって、インプラント上部構造の印象採得に用いる印象材が高硬度であるべきかどうかを明確にする必要があるが、臨床に即した条件でその根拠を明確に示す報告は認められなかった。すなわち、異なる印象材での比較がなされているものの、ポリエーテルゴム印

象材とシリコンゴム印象材の比較など、材質も硬度も異なる印象材間で比較しているため、硬度の差による影響が示されていない報告がほとんどであり^{6,9,13,14}、唯一検索された硬度の異なるポリエーテルゴム印象材を用いた研究では、クローズドトレー印象のみを対象としていた¹¹。また、これらのうちオープントレー印象を採用した報告で、印象用コーピング間を連結したものはなかった。よって当講座では、まずアバットメントレベルでの印象採得に関して、オープントレー印象法においてシリコンゴム印象材の硬度の違いがアナログ変位に及ぼす影響を調べた。松村ら²⁴は、垂直に埋入されたインプラント体を想定し、印象用コーピング間をパターン用レジンで連結して印象採得した結果、印象材の硬度に関わらず正確な作業用模型が製作可能であることを示した。また、垂直に埋入されたインプラント体の場合は、印象用コーピング間を連結せずブロック状のパターン用レジンを付与した条件でも同様の結果が得られた²⁵。さらに傾斜埋入されたインプラント体を想定して、印象用コーピング間をパターン用レジンで連結した条件²⁶、連結しない条件²⁷での研究により、印象用コーピングを連結すればアナログ変位は口腔内で容易に調整可能な程度の変位であり、臨床的に許容できる範囲と考えられたが、印象用コーピングを連結しない場合はアナログ変位が著明に大きくなることを報告した。一方、臨床においてはインプラント体レベル印象も行われる。よって本研究では、印象用コーピングを連結した条件でオープントレー法によるインプラント体レベル印象を行い、付加型シリコンゴム印象材の硬度が作業用模型の精度に及ぼす影響を検討した。これまでの当講座における一連の実験と同様に低硬度印象材としてエグザミックスファイン・インジェクションタイプを、高硬度印象材としてエグザインプラントを用いた。メーカー公表値によるそれぞれのショアA硬度は33, 66, 永久ひずみは0.3%, 0.6%, 寸法変化は-0.1%, -0.1%であった。結果としてR1, R2に対するS1, S2の変位量, S1, S2間の相対的位置の変化量, S1, S2の回転角度のいずれにおいても印象材の硬度による有意差は認められなかった。なお, R1, R2に対する

S1, S2の変位量は作業用模型の残存歯列に対するアナログの変位量を意味し、上部構造製作時には咬合面精度や隣接接触関係の精度に影響することになる。また、S1, S2間の相対的位置の変化量は連結した上部構造の適合性の良否に影響することになる。したがって本研究の条件においては、インプラント体レベルでの印象採得では印象材の硬度に関わらず作業用模型における良好なアナログ再現性が得られることが示されたことになる。よって、咬合面精度や適合性に優れた上部構造の製作が可能になるものと考えられた。

3. インプラント体レベル印象とアバットメントレベル印象の違いについて

本研究と同様の条件でアバットメントレベルでの印象採得について検討した松村ら²⁴⁾の報告では、S1, S2の三次元的変位量が低硬度印象材で $56.8 \pm 16.7 \mu\text{m}$ 、高硬度印象材で $41.7 \pm 15.1 \mu\text{m}$ であり、S1, S2の三次元的な相対的位置の変化量が低硬度印象材で $40.6 \pm 19.4 \mu\text{m}$ 、高硬度印象材で $56.1 \pm 12.3 \mu\text{m}$ であった。これに対して、本研究ではS1, S2の三次元的変位量が低硬度印象材で $23.7 \pm 12.9 \mu\text{m}$ 、高硬度印象材で $16.9 \pm 6.8 \mu\text{m}$ であり、S1, S2の三次元的な相対的位置の変化量は低硬度印象材で $10.1 \pm 2.9 \mu\text{m}$ 、高硬度印象材で $12.3 \pm 5.0 \mu\text{m}$ という結果であり、共に本研究でのアナログ変位が著しく小さかった。これは今回用いた印象用コーピングとインプラント体の間には回転防止機構が存在しており、その影響により作業用模型の変位が抑えられたものと考えられる。また、松村ら²⁴⁾が採用したマルチユニットアバットメントによるアバットメントレベル印象は、多数のインプラントを連結する症例や広範囲の補綴装置に用いられる場合が想定されるため、多少の誤差があっても上部構造が適合するように設計されている可能性がある²⁵⁾。これに対して、本研究に用いたインプラントシステムでは単独歯インプラントのほとんどがインプラント体レベルで印象採得されることになるため、緊密な適合が得られる印象システムとなっている可能性がある。作業用模型の精度などに対するインプラント体レベル印象とアバットメントレベル印象による差異を検討した報告がなされているが、その多くは印象レベルの

みならず印象システムも異なっている。すなわちインプラント体レベルがクローズドトレー用コーピングでアバットメントレベルが既製アバットメントとプラスチックコーピングのもの^{6,11)}、インプラント体レベルがクローズドトレー用コーピングとオープントレー用コーピングでアバットメントレベルが既製アバットメントとプラスチックコーピングのもの¹²⁾、インプラント体レベルがピックアップ用コーピングでアバットメントレベルが既製ポストとプラスチックキャップのもの¹³⁾であった。これらのうち Wegner らの報告¹³⁾以外では、一部に印象レベル間での有意差が認められたが、印象レベルのみならず印象システムの材質や方法にも違いがあるため、印象レベルによる影響の有無は明確ではなかった。一方、Geramipannahら¹⁵⁾、Alikhasiら¹⁶⁾は、それぞれオープントレー用印象用コーピングを用いて作業用模型の精度に及ぼす印象レベルの影響を検討し、いずれの報告でも一部の計測項目においてインプラント体レベル印象の方がアバットメントレベル印象よりもアナログの変位量が大きかったことを報告している。これは本研究とは異なる結果であるが、その理由としては、まず印象用コーピング間が非連結であることが考えられた。さらに、これらの報告では傾斜埋入されたインプラント体が計測対象となっており、インプラント体レベル印象では傾斜したインプラント体上に印象用コーピングが連結されているが、アバットメントレベルでは、角度付アバットメントによる方向の補正を行った上で印象採得されているため、アバットメントレベル印象の方が精密な作業用模型を製作する上で有利な条件であったといえる。これらが関与して本研究とは異なる結果になったものと推察された。本研究の結果を含め、これらの報告を考慮すると、インプラントシステムや印象採得するレベルにより印象採得の精度が異なる可能性がある。今後、これらの点について検討する必要があると考えられた。

結 論

インプラント体レベル印象において印象材の硬度がアナログの再現性に及ぼす影響を調べるため、精密金型による基準模型を用いた計測を行い、以

下の結論を得た。

1. R1, R2に対するS1, S2の三次元的変位量(平均±SD)は低硬度印象材で $23.7 \pm 12.9 \mu\text{m}$ で、高硬度印象材で $16.9 \pm 6.8 \mu\text{m}$ であり、これらの間に有意差はなかった。

2. S1, S2間の三次元的な相対的位置の変化量(平均±SD)は、低硬度印象材で $10.1 \pm 2.9 \mu\text{m}$ 、高硬度印象材で $12.3 \pm 5.0 \mu\text{m}$ であり、これらの間に有意差はなかった。

3. S1, S2の回転角度(平均±SD)は低硬度印象材で $0.63 \pm 0.86^\circ$ 、高硬度印象材で $0.75 \pm 0.74^\circ$ でありこれらの間に有意差はなかった。

以上のことから、垂直方向に埋入されたインプラント体については、インプラント体レベルにおいてオープントレー用印象用コーピングをパターン用レジンで連結して印象採得した条件下では、印象材の硬度に関わらず再現性の高い作業用模型の製作が可能であることが示された。

本論文の要旨は第63回奥羽大学歯学会(2017年6月17日 郡山市)、一部は日本補綴歯科学会第126回学術大会(2017年7月1日 横浜市)にて発表した。

謝 辞

稿を終えるに際し、終始御懇篤なるご指導をいただきました奥羽大学歯学部歯科補綴学講座山森徹雄教授に深甚なる感謝の意を表します。また、本研究にあたりご協力いただきました生体材料学講座、歯科補綴学講座教室員各員の皆様に深く感謝申し上げます。

本研究に関連して、開示すべきCOI関係にある企業などはない。

文 献

- 1) Jemt, T. : Failure and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Bränemark implants in edentulous jaws : A study of treatment from the time of prosthesis placement to the first annual checkup. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant* **6** ; 270-276 1991.
- 2) Jemt, T. and Lekholm, U. : Measurement of bone and frame-work deformations induced by misfit of implant superstructures. A pilot study in rabbits. *Clin. Oral Implant Res.* **9** ; 272-280 1998.
- 3) Bränemark, P. I., Zarb, G. A. and Albrektsson, T. : 印象採得, ティッシューインテグレーション補綴療法 (関根 弘, 小宮山彌太郎, 吉田浩一訳) ; 251-257 クインテッセンス出版 東京 1990.
- 4) Assif, D., Fenton, A., Zarb, G. and Schmitt, A. : Comparative accuracy of implant impression procedures. *Int. J. Periodont. Rest. Dent.* **12** ; 113-121 1992.
- 5) Assif, D., Marshak, B. and Schmidt, A. : Accuracy of Implant impression techniques. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **11** ; 216-222 1996.
- 6) Daoudi, M. F., Setchell, D. J. and Searson, L. J. : A laboratory investigation of the accuracy of two impression techniques for single-tooth implants. *Int. J. Prosthodont.* **14** ; 152-158 2001.
- 7) Naconecy, M. M., Teixeira, E. R., Shinkai, R. S. A., Frasca, L. C. F. and Eng, A. C. : Evaluation of the accuracy of 3 transfer techniques for implant-supported prostheses with multiple abutments. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **19** ; 192-198 2004.
- 8) Del'Acqua, M. A., Chavez, A. M., Castanharo, S. M., Compagnoni, M. A. and Mollo Jr, F. A. : The effect of splint material rigidity in implant impression techniques. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **25** ; 1153-1158 2010.
- 9) Del'Acqua, M. A., Chavez, A. M., Amaral, A.L.C., Compagnoni, M. A. and Mollo Jr, F. A. : Comparison of impression techniques and materials for an implant-supported prosthesis. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **25** ; 771-776 2010.
- 10) Kim, S., Nicholls, J. I., Han, C. H. and Lee, K.W. : Displacement of implant components from impression to definitive casts. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **21** ; 747-755 2006.
- 11) Walker, M.P., Ries, D. and Borello, B. : Implant cast accuracy as a function of impression techniques and impression material viscosity. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **23** ; 669-674 2008.
- 12) Alikhasi, M., Siadat, H., Monzavi, A. and Momen-Heravi, F. : Three-dimensional accuracy of implant and abutment level impression techniques : Effect on marginal discrepancy. *J. Oral Implant.* **37** ; 649-657 2011.
- 13) Wegner, K., Weskott, K., Zenginel, M., Rehmann, P. and Wöstmann, B. : Effects of implant system, impression technique, and impression

- material on accuracy of the working cast. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **28** ; 989-995 2013.
- 14) Alikhasi, M., Siadat, H., Beyabanaki, E. and Kharazifard, M. J. : Accuracy of implant position transfer and surface detail reproduction with different impression materials and techniques. *J. Dent. Tehran Univ. Med. Sci.* **12** ; 774-783 2015.
 - 15) Geramipannah, F., Sahebi, M., Davari, M., Hajimahmoudi, M. and Rakhshan, V. : Effects of impression levels and trays on the accuracy of impressions taken from angulated implants. *Clin. Oral Implant Res.* **26** ; 1098-1105 2015.
 - 16) Alikhasi, M., Siadat, H. and Rahimia, S. : The effect of implant angulation on the transfer accuracy of external-connection implants. *Clin. Implant Dent. Related Res.* **17** ; 822-829 2015.
 - 17) Papaspyridakos, P., Benic, G.I., Hogsett, V.L., White, G.S. Lal, K. and Gallucci, G.O. : Accuracy of implant casts generated with splinted and non-splinted impression techniques for edentulous patients : an optical scanning study. *Clin. Oral Implants Res.* **23** ; 676-681 2011.
 - 18) 四ツ谷 護, 宅間裕介, 佐藤 亨, 安田博光, 新谷明則, 佐瀬俊之 : 口腔内スキャナーを用いた光学印象により製作された前歯部ジルコニアセラミックブリッジフレームの適合性に関する研究. *歯科学報* **114** ; 227-234 2014.
 - 19) Ajioka, H., Kihara, H., Odaira, C., Kobayashi, T. and Kondo, H. : Examination of the position accuracy of implant abutments reproduced by intra-oral optical impression. *PLoS ONE* ISSN : 1932-6203, doi : 10.1371/journal.pone.0164048, 2016 Oct 05 ; 11(10) : e0164048.
 - 20) 清水沙久良, 新谷明一, 新谷明喜 : 口腔内スキャナー, 3Dプリンター, CAD/CAMを応用したジルコニアクラウンに対するデジタル補綴治療の開発, *日本歯科産業学会誌*. **30** ; 14-20 2016.
 - 21) Fluegge, T., Att, W., Metzger, M. and Nelson, K. : Novel method to evaluate precision of optical implant impressions with commercial scan bodies-An experimental approach. *J. Prosthodontics* **26** ; 34-41 2017. .
 - 22) 深澤翔太 : 口腔内スキャナーを用いたインプラントアバットメントの位置再現性の検討. *岩手医大歯学誌*. **42** ; 22-32 2017.
 - 23) Carr, A.B. : Comparison of impression techniques for a five-implant mandibular model. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **6** ; 448-455 1991.
 - 24) 松村奈美, 山内貴子, 山村文弘 : 印象材の硬度がアバットメントレプリカの変位に及ぼす影響. *奥羽大歯学誌*. **40** : 163-169 2013.
 - 25) 山村文弘, 山内貴子, 佐久間隆章, 印象材の硬度が作業用模型におけるアナログの変位に及ぼす影響-印象用コーピングを連結しない条件での検討-. *奥羽大歯学誌*. **41** ; 49-56 2014.
 - 26) 山内貴子, 山村文弘, 佐久間隆章 : 傾斜埋入されたインプラントに対する作業用模型の精度-印象材の硬度がアナログの変位に及ぼす影響-. *奥羽大歯学誌*. **41** : 115-122 2014.
 - 27) 佐久間隆章, 山村文弘, 下出 毅 : 傾斜埋入インプラントの作業用模型におけるアナログ変位に及ぼす印象材の硬度の影響-印象用コーピング非連結での検討-. *奥羽大歯学誌*. **42** ; 105-113 2015.
 - 28) Ma, T., Nicholls, J.I. and Rubenstein, J.E. : Tolerance measurements of various implant components. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* **12** ; 371-375 1997.
- 著者への連絡先：作問健彦, (〒963-8611) 郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部歯科補綴学講座
Reprint requests : Takehiko SAKUMA, Department of Prosthetic Dentistry, Ohu University School of Dentistry 31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan