



Title	インプラント術前シミュレーションシステムおよび手術支援システムの開発と精度検証
Author(s)	大谷, 恭史
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49253
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	おお 谷 恭 史
博士の専攻分野の名称	博 士（歯 学）
学 位 記 番 号	第 2 1 9 1 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 歯学研究科統合機能口腔科学専攻
学 位 論 文 名	インプラント術前シミュレーションシステムおよび手術支援システムの 開発と精度検証
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授 莊村 泰治 （副査） 教 授 矢谷 博文 講 師 飯田 征二 講 師 本間 志保

論 文 内 容 の 要 旨

《緒言》

近年、歯科医療においてインプラント治療に対する関心が急速に高まりつつある。それに伴い骨量や骨質の不十分な症例が増加しており、そのような難症例においてはインプラント体の埋入位置は高度に制限されると同時に術前の診断および、治療計画が非常に重要である。従来の術前診断法では、そのような難症例において理想的な埋入を実現することは、熟練した歯科医師でなければ困難であった。一方、現在インプラント修復を目指す経験の浅い歯科医師が急増している。彼らの手術をより安全かつ正確に進めるためのコンピューター手術支援システムの開発はきわめて重要である。

そこで本研究において、術前の 3 次元的診断および、治療計画立案のためのシミュレーションシステム、および術前の治療計画を実際の手術に反映できる手術支援ガイドの開発を行った。また、本システムの精度検証を豚下顎骨および、臨床例において行った。

《材料と方法》

開発：術前シミュレーションシステムおよび手術支援システムの開発

・患者の CT 撮影および 3 次元画像構築

まず始めに、診断用テンプレートを口腔内に装着した患者の CT 撮影を行った。得られた DICOM データを、ソフトウェア VGStudio Max 1.2 にて STL データへと変換し 3 次元画像を構築した。この画像をソフトウェア Free Form および、ハプティックデバイス PHANToM を用いて仮想的に力を感じながら操作し、プロセスを進めた。口腔内金属修復物によるメタルアーチファクトに対しては石膏歯列模型の 3 次元計測データを 3 次元骨像の歯に置換することで除去した。

・インプラント埋入シミュレーション

3 次元骨像に対し、診断用テンプレートに挿入した最終補綴装置の位置を参考に、下歯槽管や上顎洞の位置などを考慮しながら、補綴主導型のインプラント埋入シミュレーションを行った。

・サージカルガイドの CAD/CAM 作製

シミュレーション後の 3 次元骨像上でサージカルガイドの CAD データを作製した。得られた CAD データを再度

STL データへ変換し、Rapid Prototyping 装置 EDEN に転送して造形を行った。

また、複数のドリルによるインプラント埋入窩の拡大をガイドする 2 種類のサージカルガイドを開発し比較検討した。一つは、各ドリル径に応じた複数のガイドを製作し交換するサージカルガイド交換方式であり、他方は 1 個のサージカルガイドを口腔内に固定し、金属のガイドチューブのみを交換するドリルガイドチューブ交換方式である。

実験 1：豚下顎骨を用いた埋入窩形成精度評価

・豚下顎骨の CT 撮影および 3 次元画像構築

位置合わせ用石膏ジグを骨表面に固定し CT 撮影を行い、3 次元画像構築を行った。

・シミュレーションおよび作製したサージカルガイドによる埋入窩形成

サージカルガイド交換方式、ドリルガイドチューブ交換方式、コントロール群とそれぞれ各 10 本ずつ実験を行った。なお、コントロール群では、最初のドリルのみをガイドし、その後の拡大はフリーハンドで行った。

・精度評価

埋入窩形成後の豚下顎骨を再度 CT 撮影し、術前と同様に 3 次元画像構築を行った。術前後の画像を骨表面に固定した石膏ジグを指標にして 3 次元計測装置 ARX を用い位置合わせを行った。CT 骨像の埋入窩の穿孔円柱の上端における中心と、シミュレーションにおけるインプラント体埋入窩の骨上端における中心位置のずれを求め精度を評価した。また中心軸の角度は、インプラント埋入窩下端での穿孔円の中心と上端の穿孔円の中心とのずれをから求め、シミュレーションとの角度のずれを比較した。

実験 2：臨床例におけるインプラント埋入精度評価

・術前シミュレーションおよびサージカルガイドの作製

2 症例に対して同様に CT 撮影、3 次元画像構築、インプラント埋入シミュレーション、サージカルガイドの作製を行った。

・インプラント埋入手術および精度評価

それぞれの症例において、作製した 2 種類のサージカルガイドを用いてインプラント埋入手術を行った。術後、通常通り印象採得し石膏歯列模型を作製した。得られた歯列模型を 3 次元計測装置で計測し、シミュレーション像と位置合わせすることで、豚下顎骨と同様に精度評価を行った。

《結果と考察》

実験 1：豚下顎骨を用いた埋入窩形成精度評価

サージカルガイド交換方式では、中心の誤差 $0.16 (\pm 0.02)$ mm、中心軸の角度誤差 $0.94 (\pm 0.46)^\circ$ であった。ドリルガイドチューブ交換方式では、中心の誤差 $0.17 (\pm 0.04)$ mm、中心軸の角度誤差 $1.00 (\pm 0.50)^\circ$ であった。コントロール群では、中心の誤差 $0.25 (\pm 0.08)$ mm、中心軸の角度誤差 $3.50 (\pm 2.00)^\circ$ であった。サージカルガイド交換方式と、ドリルガイドチューブ交換方式の間にはほとんど差が認められなかったが、両システムはコントロール群に対して有意に誤差が小さくなり、最終ドリルまでガイドする方法の有効性が認められた。

実験 2：臨床例におけるインプラント埋入精度評価

サージカルガイド交換方式では、中心の誤差 $0.27 (\pm 0.08)$ mm、中心軸の角度誤差 $0.64 (\pm 0.23)^\circ$ 、ドリルガイドチューブ交換方式では、中心の誤差 $0.33 (\pm 0.05)$ mm、中心軸の角度誤差 $1.03 (\pm 0.34)^\circ$ であった。それぞれの間に有意な差は認められなかった。

《結論》

本研究により、インプラント手術前の埋入計画を行う術前シミュレーションシステムおよび、シミュレーションを口腔内に実現するためのインプラント手術支援システムの開発を行った。豚下顎骨および、臨床例での精度実験より最終ドリルまでガイドすることの有用性が示され、現存する他のシステムより高い精度で手術を行うことができることが明らかとなった。

以上より、シミュレーションに沿った安全な手術を実現するために、本システムが臨床上きわめて有用であることが示された。

論文審査の結果の要旨

本研究では、近年多様化する口腔インプラント治療において、術前の治療計画に沿ったコンピュータシミュレーション、およびそれに従い安全かつ正確な手術を実現する新たな方法で製作された高精度サージカルガイドによる手術支援システムを開発した。

開発したシステムの信頼性を豚下顎骨を用いた埋入窩形成精度検証、および臨床例でのインプラント埋入精度検証により評価した。生じた誤差は報告された他のシステムと比較して小さく、臨床上十分有用であると考えられた。

以上の結果より、開発したインプラント術前シミュレーションおよび手術支援システムは、安全かつ正確な手術の実現に有効であると考えられ、本研究は博士（歯学）の学位授与に値するものと認める。