



Title	統合3次元データによる顎矯正手術シミュレーションシステムの開発
Author(s)	清水, 英孝
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3155303
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	清 水 英 孝
博士の専攻分野の名称	博士(歯学)
学位記番号	第 14549 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 歯学研究科歯学臨床系専攻
学位論文名	「統合3次元データによる顎矯正手術シミュレーションシステムの開発」
論文審査委員	(主査) 教授 作田 正義 (副査) 教授 雫石 聰 助教授 玉川 裕夫 講師 村上 秀明

論文内容の要旨

近年顎矯正手術は、不正咬合および顎顔面の変形の改善を目的に頻用されるようになった。本手術は顎骨の切離または分割、歯列を基準にした骨片の移動、および再接合より成り立っているが、口腔内からの操作が主となるため術野は狭小で、術中しばしば問題となる骨片の干渉等を的確に把握することは困難である。これらの問題を解決するためには、術前の3次元手術シミュレーションにより骨片の移動様相を把握する必要がある。しかしながら、これまで報告されているCT3次元再構築像(以下3D-CT)を用いた手術シミュレーションでは、精度が保証されていないこと、術式に準じた骨切りや歯列を基準にした骨片移動の再現が困難であることなどから、本手術への応用は困難であった。本研究では、セファログラム、CT、歯列模型を高精度に重ね合わせて得られる統合3次元データを用いることによって、顎矯正手術の中で頻用される下顎枝矢状分割術を中心に、術式に即したシミュレーション、歯列を基準にした骨片移動、骨片干渉の定量評価が可能な顎矯正手術シミュレーションシステムの構築を試み、その有用性を検討した。

【方法ならびに結果】

1. 顎矯正手術シミュレーションシステムの開発

本システムの開発には、グラフィックワークステーション(Silicon Graphics Indigo2 Impact, 日本シリコングラフィックス, 東京)上で作動する汎用可視化ソフトウェア(AVS5/Medical Viewer, KGT, 東京)を用いた。今回の開発では、AVS5が提供する機能のみでは対応できない処理が生じたため、これらの処理プログラムを新たに自作した。シミュレーションには、基準座標系に統合されたCT画像、正面位および側面位セファログラム3次元座標データ、および歯列模型3次元座標データを用いた。また、シミュレーション結果表示のためのCT画像の3次元再構築には、ボクセルモデルを採用した。

下顎骨モデルの抽出は、領域拡大法によってCT値200をしきい値として行い、内部構造を保持した下顎骨モデルを得た。これによって、皮質骨海綿骨間の分割など複雑な手術操作のシミュレーションに対応するモデルが得られた。

実際の下顎枝矢状分割術では、のこぎりによる平面およびバーによるフリーハンドの曲線での皮質骨骨切り後、のみによる分割が行われる。本システムでは、3次元表示画面で設定したのこぎりおよびバーによる骨切り線を作業用2次元スライス上に投影し、この画面上で、のみによる分割操作の編集を行う方法をとった。皮質骨海綿骨間の分割はCT値600をしきい値とすることにより、自動的な分割を可能にした。これらの操作は自作プログラムにより記述

され、比較的短時間かつ容易に遂行可能であった。以上より、複数の骨切り線で構成され下顎枝皮質骨内面に沿って分割される下顎枝矢状分割術に即した手術シミュレーションが実現され、また骨切り操作の編集によって他の術式のシミュレーションも可能であった。

分割後の歯列を含む遠位骨片の移動は、歯列模型計測により得られた上顎歯列に対する下顎歯列の移動の座標変換により行った。この結果、咬合を介した移動による遠位骨片の3次元的位置が予測可能になった。移動後の骨片モデルの補間法には、データの変化量が少ない最近傍法を用いた。

近位骨片モデルと移動後の遠位骨片モデルの干渉は空間上の同座標に存在するボクセルを抽出することにより評価した。骨片干渉の度合いは干渉部のボクセルの連続する数により決定し、それに応じて3D-CTモデル上での色表示および体積計算を行った。その結果、骨片干渉の視覚的確認と定量化が可能となった。

2. 3D-CTモデルの精度検討

ヒト乾燥頭蓋骨1体の頭蓋骨計測点11点の3次元座標値を、本システムで作成された3D-CTモデル上、および空間精度5 μ mを保証する接触型高精度3次元座標測定装置（トライステーション400CNC, ニコン, 東京）で計測、比較した。その結果、両者の差の絶対値は平均 1.31 ± 1.09 mmであり、臨床上問題のない精度であると考えられた。

3. 臨床応用

本システムを用いて下顎枝矢状分割術を施行された顎変形症患者15名の術前後の3D-CTを構築し、近位骨片の変化を検討した。また、術前CTを用いてretrospectiveに手術シミュレーションを行い、骨片間の干渉部位、体積量を算出した。その結果、骨片干渉が術後の近位骨片の位置に変化を与えていることが示唆され、手術シミュレーションによる骨片干渉の評価が術式選択に重要な役割を果たす可能性が示唆された。

【総括】

本システムによりはじめて、複雑な顎矯正手術のシミュレーションを3次元かつ定量的に行うことが可能となった。本システムは操作が容易で臨床上問題のない精度をもつこと、咬合の改善に伴う骨片移動の3次元予測と骨片干渉の定量評価が可能であるなどの特徴を持ち、手術法の新たな開発や改良、個々の症例に則した術式検討などに有用である可能性が示された。

論文審査の結果の要旨

本研究は、顎矯正手術の中で汎用される下顎枝矢状分割術を中心に、術式に即したシミュレーション、歯列を介した骨片移動、さらに骨片干渉の定量評価が可能な顎矯正手術シミュレーションシステムの構築を試み、その有用性を検討したものである。

シミュレーションシステムの構築には基準座標系に統合されたCT画像、セファログラム3次元座標データ、および歯列模型3次元座標データを用い、処理プログラムを新たに自作した。その結果、複数の骨切り線で構成され下顎枝皮質骨内面に沿って分割される下顎枝矢状分割術に即した手術シミュレーションが可能となった。また、骨片干渉の視覚的確認と定量化が可能になった。

以上の結果は、複雑な顎矯正手術のシミュレーションを3次元かつ定量的に行うことを可能にし、手術法の新たな改良や開発、術式検討などに極めて有用であり、博士（歯学）の学位請求に値するものと認める。