

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 27 日現在

機関番号：32650

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25463148

研究課題名(和文) 顎変形症患者の手術前後の三次元形態分析と予測精度に関する研究

研究課題名(英文) Three-dimensional analysis and predictive precision before and after the orthognathic surgery

研究代表者

高木 多加志 (TAKAKI, Takashi)

東京歯科大学・歯学部・准教授

研究者番号：90192145

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：顎矯正手術の前後に撮影したX線CTデータを用いて手術シミュレーション精度を検討した。三次元セファロ分析と手術シミュレーションは、SimPlant0&0で行った。シミュレーションの顎骨位置の実際の手術への転写は、専用ジグを用いてX,Y,Z方向の距離を術中に再現した。手術シミュレーションと術後画像との位置合わせは、SimPlant0&0でICP法により行い、STLファイルに出力した。さらに、spGaugeでベストフィット法により位置合わせと精度検証を行った。本法による手術の精度は、平均誤差0.03mm～0.43mmで臨床的に問題のない精度であった。

研究成果の概要(英文)：We examined precision of the orthognathic surgery simulation using the X-rays CT which we take before and after surgery. The three-dimensional cephalometric analysis and surgery simulation were carried out in SimPlant0 & 0. We conducted the method to transfer a Maxilla position at simulation to real surgery by a method to reproduce the distance of the X,Y,Z direction during an operation using an exclusive jig. It was carried out by the ICP method in SimPlant0 & 0, and the superimposition of both output it in STL file. Using spGauge, we conducted aligning it and precision inspection by the best fit method. The surgery precision by the fundamental law was clinically uneventful precision at mean error 0.03mm to 0.43mm.

研究分野：口腔外科

キーワード：顎変形症 顎矯正手術 手術シミュレーション 三次元精度 SimPlant0&0 spGauge

1. 研究開始当初の背景

外科的矯正治療とは、頭蓋に対する上下顎骨の位置関係の異常を分析・診断し、顎矯正手術によって適正な位置へ移動することで、顎変形症による咬合関係と顎顔面形態の異常を改善することで機能の改善と社会適応能力を健全化することである。

顎矯正手術は、頭部X線規格写真分析と歯列石膏模型を用いた Cephalometric prediction と予測模型によって治療計画が行われてきた。それらは、時代とともにコンピュータによるシステムへと移行し、研究代表者も1986年からセファロ分析コンピュータシステム、2008年からフルデジタルシステムを使用し日常臨床で使用してきた。しかし、顎変形症の三次元的な顎顔面骨格構造と咬合を正確に評価・診断し治療に結びつけるには限界もあった。

西欧のハイデルベルグ大学やフライブルグ大学を中心に手術シミュレーションシステムの開発が行われ、国内でも三次元的な顎顔面骨格の評価システムが開発されたが、これらの三次元CT画像再構築システムは施設の独自性が高い研究用途を中心としたものであった。顎変形症の治療に用いるスタンダードな規格化された分析手法(三次元セファロ分析)がなく、治療後の評価も重ね合わせによるカラーマッピングシステムのみを有するシステムであった。研究代表者は、2005年より三次元セファロ分析と顎矯正手術シミュレーションを組み込んだ SimPlantOMS® (Materialise Dental, Belgium) を導入し、三次元セファロ分析・手術シミュレーション、ならびに顎顔面軟組織の変化予測システムを構築し、同社の協力によって顎変形症の三次元セファロ分析を備えたシステムを開発することができた。しかし、手術シミュレーションシステムで決定した上下顎骨の位置を実際の手術で正確に再現できるナビゲーションシステムや定量的な評価方法までは開発されてはならず、三次元での治療計画は可能となっても治療結果を科学的に検証することは出来なかった。

2. 研究の目的

研究代表者は、2011年に顎変形症の三次元シミュレーションによる顎骨移動を実手術へ転写するために、手術術式や上下顎の骨切り位置を改良し、実手術へ転写する簡便な計測方法とジグを考案した。しかし、これらの手法でも計画通りの位置へ顎骨の位置づけがなされているかどうかを検討しなければ、外科的矯正治療の三次元システムとして医学的な妥当性があるとはいえないのが現状であった。そこで、X線CT画像を用いた顎変形症の分析・診断・手術シミュレーションに加えて、三次元的な予測精度についての検証が必要であり、顎骨の移動位置の正確性や軟組織変化の予測精度を検証して、医療におけるエビデンスを持った三次元治療計画シ

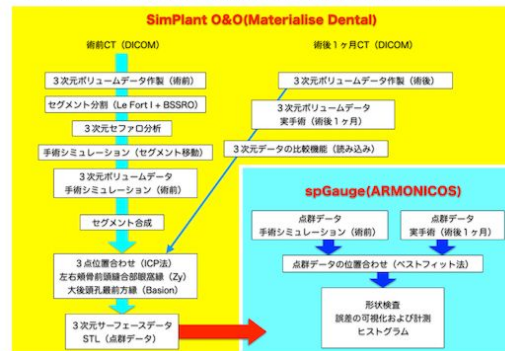
ステムを構築することが急務であり、これを目的として本研究を行うこととした。

3. 研究の方法

顎変形症患者(3名)の術前のX線CT画像を用いて、三次元セファロ分析による治療計画と三次元手術シミュレーションを行い、その治療計画を専用のジグを用いて実手術に転写して顎矯正手術を行い、術後のX線CT画像から作成した三次元画像と重ね合わせを行うことで、その精度を三次元的に評価するシステムを構築した。

顎矯正手術の三次元支援ソフトウェア SimPlantO&O® (Materialise Dental, Belgium) を用いて、X線CTから三次元再構築した術前画像を用いた三次元手術シミュレーション画像、および術後1ヶ月に骨接合の状態を確認する目的で撮影したX線CTより再構築した術後画像の2つの三次元画像を使用した。両者の画像を SimPlantO&O® 上で左右の頬骨前頭縫合外側点 (ZnR, ZnL) と大後頭孔最前縁 (Basion) の三点を用いて、ICP法 (iterative closest point method) により位置あわせを行った。ついで、それらの画像を STL ファイルへ出力し、リバースエンジニアリングソフトウェア spGauge® (株アルモニコス、日本) を用いて、ベストフィット法による位置あわせを行ったのち、術前のシミュレーション三次元画像に対する術後の三次元画像の一致精度を定量的に検討した。

シミュレーションと実手術結果の三次元的定量的解析のフロー



顎矯正手術計画の手術シミュレーションにおける上顎骨骨片の位置を実際の手術へ転写する方法は、研究代表者の開発した専用のジグ (T-Guage, L-Guage) を用いて、術中

シミュレーション時の骨切り線の設定と部位の計測

【上顎骨切り部位】

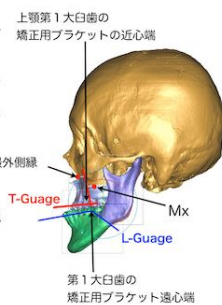
垂直骨切り部位は、上顎第1大臼歯の矯正用ブラケット (ブカルチューブ) の近心端、水平骨切り部位は、臼歯部は左右のMxの高さ、前歯部は梨状窩外側縁の高さとし、上顎咬合平面に平行とした。骨片の移動はシミュレーション上の trapped osteotomy 部位で X, Y, Z 三方向の計測部位を術中に計測する方法で行った。

【下顎骨切り部位】

外側骨切り線は、下顎第1大臼歯の矯正用ブラケット遠心端と下顎矯正用アーチワイヤーを基準とした角度を再現するジグ L-Guage を用いて再現した。

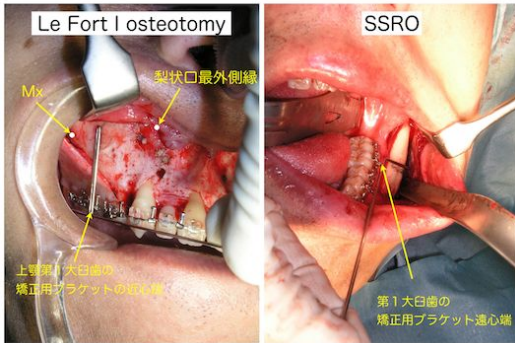
【最終咬合位置の決定】

歯科矯正医の作製したバイトスプリントを使用し位置決めを行った。



に計測する方法で行い、独自に改良した Le Fort I 型骨切り術 (Step Osteotomy) および下顎枝矢状分割法 (Short Lingual Split method) で行った。

T, L-Gaugeによる上顎・下顎の骨切り線の転写方法



4. 研究成果

本研究で用いた顎変形症患者3名は、口腔内に補綴物の全くない患者を選択した。対象患者3名は、手術時の側面および正面頭部X線規格写真分析では、上下顎の非対称を有する骨格性反対咬合(下顎前突症)であった。

術前シミュレーションの実手術への転写は、上顎は Le Fort I 型 Step Osteotomy の Step 部分コーナーでXYZ方向の距離計測を専用の T-Guage により術中計測で再現する方法で行った。また、下顎の外側骨切り位置の転写は、下顎第1大臼歯の矯正用ブラケットの最遠心部と矯正用アーチワイヤーとの角度を L-Guage で再現する方法で行った。

その結果、上下顎骨を一体としたシミュレーション時の位置付け精度は、

症例1では、平均誤差 0.4364mm、最小誤差 -8.2630mm、最大誤差 19.4355 mm、標準誤差 0.9568 mm

症例2では、平均誤差 0.3813 mm、最小誤差 -5.5527 mm、最大誤差 7.6333 mm、標準誤差 0.5766 mm

症例3では、平均誤差 0.0297 mm、最小誤差 -2.9991 mm、最大誤差 2.9991 mm、標準誤差 0.5401 mm

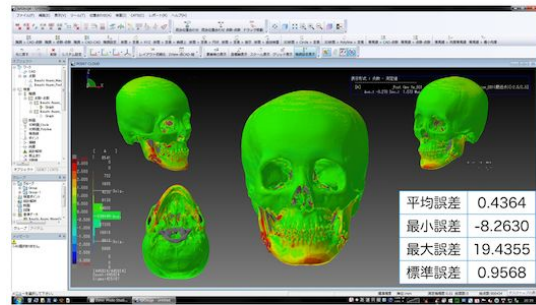
であった。

3症例の計測結果では、平均誤差 0.0297 ~ 0.4364 mm、最小誤差 -2.9991 ~ -8.2630 mm、最大誤差 2.9991 ~ 19.4355 mm、標準誤差 0.5401 ~ 0.9568 mm と結果にばらつきがあった。

今回の画像処理では第一頸椎の位置までを比較対象とした検討を行った結果、X線CT撮影時の頸部の位置のズレが誤差に影響した理由と考えられた。とくに、症例3の最大誤差大きかった理由として、第一頸椎の三次元画像再構築時に術前シミュレーションがでは同部の表示がなく、これが 19.4355mm

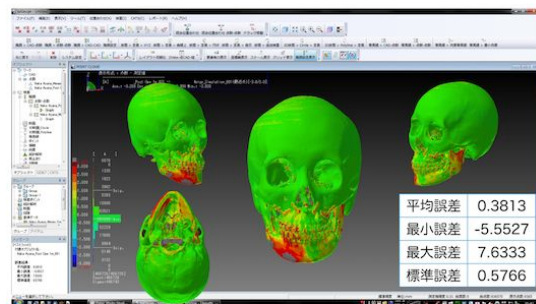
もズレを生じたものと考えられた。

Case 1



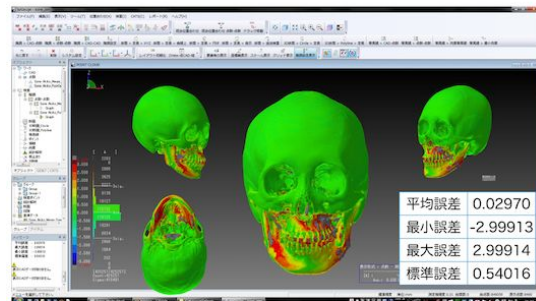
Le Fort I + BSSRO

Case 2



Le Fort I + BSSRO

Case 3



Le Fort I with BoneGraft + BSSRO

本研究結果から、術前シミュレーションと実手術結果の平均誤差 0.03mm~0.43mm という値は、顎骨の水平・垂直的な位置決定には、X線CTを用いた三次元セファロ分析と三次元シミュレーションは有効であり、かつ研究代表者の考案した実手術への転写を専用ジグと術中計測で行う手術手技は、臨床的に問題のない精度で三次元的な顎骨の位置付けが行えていると推測できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計2件)

高木多加志、**三次元コンピューター支援顎矯正手術のシミュレーション精度の検討**、第58回日本口腔外科学会総会、2013年10月11日、福岡国際会議場(福岡)
高木多加志、三次元コンピューター支援顎矯正手術のシミュレーション精度の検討-第2報 シミュレーションと実手術結果の三次元的定量解析-、第2回日本顎顔面再建先進デジタルテクノロジー学会総会・学術大会、2015年11月1日、国立成育医療研究センター講堂(東京)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

〔その他〕

www.slideshare.net/jadt/ss-54678034

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高木 多加志 (TAKAKI, Takashi)

東京歯科大学・歯学部・准教授

研究者番号：90192145

(2) 連携研究者

神尾 崇 (KAMIO, Takashi)

東京歯科大学・歯学部・講師

研究者番号：70433951