

学位論文内容の要旨

愛知学院大学

論文提出者

山本 哲嗣

論文題目

非接触型三次元形状計測装置を用いた顎矯正手術後
顔面軟組織の三次元分析

I 緒言

顎矯正手術前後の軟組織形態の評価は近年、三次元 CT 構築画像（以下：3D-CT）や非接触型三次元形状計測装置（以下：3D スキャナー）を用いた三次元的な分析へと変遷してきている。

3D スキャナーを用いた顔面計測の臨床応用に際し、装置や撮影方法の計測精度の検証に加えて、元来、顔貌自体が体位により変化することが知られており、撮影体位が形状変化に及ぼす影響を把握する必要がある。特に立位での顔貌と、術中体位である仰臥位での顔貌の差異を把握することは重要である。これまでに体位変化に伴う顔貌変化を検証した報告はみられるが、形状の変化のみを評価したものが主である。顔面皮膚は伸展するため、体位変化による表面形状の変化と実際の皮膚の位置変化には違いがあると予想される。皮膚の実際の三次元的な位置変化を検証した報告はなく、本研究でこれを検討した。

また顎矯正手術後の顔貌変化を評価する上で術後腫脹の影響を除外する必要があり、腫脹の程度や消退時期を把握することで適切な顔貌の評価時期を決定できる。非侵襲的で頻回に撮影が可能な 3D スキャナーは軟組織の継続観察に適しており、我々は 3D-CT 像と 3D スキャナー像を融合させ腫脹を評価する方法を考案した。これにより、精度の高い腫脹の定量化を行い、顎矯正手術後顔面腫脹の基本的動態を明らかにしたので併せて報告する。

II 対象および方法

1. 体位変化に伴う顔面軟組織の三次元分析

1) 研究対象

健康成人 20 名 (男性 10 名、女性 10 名) を被験者とした。本研究は愛知学院大学歯学部倫理委員会で承認 (承認番号: 410) されている。

2) 計測方法

顔面皮膚に 15 か所のランドマークを設定し、直径 8 mm の円形シールを貼付した。FH 平面が床面と平行になるよう頭部を固定したものを立位、これに ±15 度の傾斜を付与したものをそれぞれ頭部前屈位、頭部後屈位とした。また、仰臥位の頭位は FH 平面が床面と垂直になるように設定した。立位、頭部前屈位、頭部後屈位、仰臥位の 4 体位における顔貌を 3D スキャナー (Artec Eva Scan™、data design 社) を用いて撮像した。本装置のメーカー公表の最大計測誤差は 0.5mm である。装置はパーソナルコンピュータと接続されており、三次元画像構築ソフトウェア (Artec Studio9™、data design 社) 上で三次元画像を合成した。

データ解析は、三次元画像解析ソフトウェア (3D-Rugle 7™、Medic engineering 社) 上で行った。基準平面を立位のスキャナー像上で設定し、左右を X 軸、上下を Y 軸、前後を Z 軸とした。立位のスキャナー像と、その他の体位のスキャナー像を重ね合わせ、各計測点の座標値を測定した。重ね合わせは T ゾーン領域での最小二乗法による演算処理で行った。二曲

面における同一の計測点の座標値各成分の差を、X 軸、Y 軸、Z 軸方向への変化量として算出した。さらに立位と仰臥位間の変化に関しては、それぞれの計測点の座標値から二点間の空間距離を算出した。統計解析は JMP ver.11 を使用し、立位群と各体位群の座標値の検定は paired Student's t test にて行い、危険率 5% で有意差ありとした。

2. 顎矯正手術後顔面腫脹の経時的定量評価

1) 研究対象

2014 年 4 月から 2016 年 1 月に愛知学院大学歯学部附属病院口腔外科第二診療部で顎矯正手術を受けた 40 名を被験者とした。

2) 計測方法

顔面計測は、手術前日、術後 3 日、7 日、1 か月、以降 1 か月毎に術後 6 か月まで行った。撮影は立位と仰臥位の二体位で行ない、得られた三次元画像は Artec Studio9™ 上で分析を行った。頬部には計測範囲を設定する上で有効な解剖学的特徴が乏しいため、3D-CT にスキャナー像を重ねあわせ、骨上の基準点から皮膚表層への距離を計測し、皮下組織の厚みで腫脹を定量化した。

まず、術後 7 日に仰臥位で撮影されたヘリカル CT の DICOM データを用い、三次元画像構築ソフトウェア (Mimics™ ver.16.0、Materialise 社) 上で骨と皮膚の 3D-CT 像を構築した。次に皮膚の 3D-CT と同日同体位で撮影したスキャナー像との重ね合わせを行った後、皮膚の 3D-CT を取り除

き、顔面骨上に色彩・テクスチャー情報を持つ皮膚イメージが再現された。同様に仰臥位像を同日の立位像に置き換え、その後すべての撮影時期の立位像を重ね合わせた。

下顎単独手術群（以下：BSSO 群）、上下顎同時手術群（以下：BSSO+LF1 群）ともに、主たる腫脹部は頬部後方であり、下顎近位骨片上の3点に上顎第一大臼歯遠心部を加えた4点を計測基準点とした。骨上の計測基準点から合成した皮膚表層へのX軸方向の距離を計測し、術後6か月の計測値を基準として各撮影時期の計測値との差を腫脹量とした。またBSSO群においては術後3日の計測値を最大腫脹量として、最大腫脹量と年齢、性別、BMI、手術時間、術中出血量、術後ドレーン排液量、皮下軟組織厚みとの関連を統計学的に検討した。

Ⅲ 結果

1. 体位変化に伴う顔面軟組織の三次元分析

1) 立位とその他の体位の各計測点の三次元座標値の差

(1) 頭部前屈位

各計測点のx、y、z座標値の差の平均は0.37mmであった。頬部、下顎角部の計測点は、前方への軽度の偏位を認めた。

(2) 頭部後屈位

各計測点のx、y、z座標値の差の平均は0.34mmであった。頬部、下顎角部の計測点は、後方への軽度の偏位を認めた。

(3) 仰臥位

各計測点の x 、 y 、 z 座標値の差の平均は 1.54mm と、他の体位に比較し大きな変化量を示した。顔面正中では有意な移動は認めなかったものの、左右方向に離れた計測点は外上後方への移動を認めた。特に偏位の大きかった部位は、頬部、下顎角部であった。

2) 立位-仰臥位間の各計測点間の空間距離と法線距離

立位像上の計測点から仰臥位像への法線距離と、立位像、仰臥位像上の同一の計測点の二点間の空間距離は測定部位によって異なると考えられ、空間距離を算出し法線距離と比較した結果、空間距離と法線距離はすべての計測点で異なり、頬部や下顎角部など正中から離れた計測点では空間距離は大きくなる傾向を認めた。

2. 顎矯正手術後顔面腫脹の経時的定量評価

全 40 症例 80 側の検討の結果、すべての計測点において腫脹量は術後 3 日が最大であり、術後 1 か月時点で残存腫脹量は約 34% であった。以後緩やかな下降線を描き術後 3 か月以降はほぼ変化を認めなかった。最も腫脹量が多い部位は下顎角部であり、頭側に向かって腫脹量は減少していた。

BSSO 群における最大腫脹量と種々の変数との相関分析では、術翌日のドレーン排水量、及び皮下軟組織厚みは負の相関関係を認め、統計学的な有意差を認めた。重回帰分析における検討では、すべての計測点で皮下軟組織厚みは負の係数として統計学的に有意であった。

IV 考察

1. 体位変化に伴う顔面軟組織の三次元分析

頭位を±15度傾斜させた範囲での全計測点の座標値の差の平均は0.36mmであった。この結果から被験者の体動を抑制し、撮影時に概ね同じ頭位を再現すれば臨床応用に十分な精度が得られ、一定以上の体位変化による測定値の変化は計測方法や装置が有する誤差ではなく、実態としての軟組織の偏位によるところが大きいと考える。

体位変化に伴う顔貌の変化を詳細に検証した報告は少なく、また過去の報告はいずれも形状の変化を二画像間の距離で検証したものであり、本研究のように皮膚上に設定した計測点の移動を検証した報告はない。

ソフトウェア上での二曲面の重ね合わせは法線方向での最小二乗法で行われており、カラーマッピングで表現される二曲面間の距離もこの法線距離で表されているものが多い。しかし皮膚上の計測点の三次元的な移動方向は計測部位によって法線方向と異なる部位があり、二曲面の計測点間の空間距離と法線距離を比較したところ、計測部位により空間距離と法線距離の相違を認めた。特に頬部を中心に、顔面正中から離れた部位でその差は大きなものであった。表面形状変化の検証自体は、法線距離を計測することで十分可能であるが、皮膚の実際の三次元的な位置変化は捉えていないということが本研究の結果から明らかとなった。

2. 顎矯正手術後顔面腫脹の経時的定量評価

3D スキャナーを用いた術後顔面腫脹評価に関していくつか報告があるが、これらの報告はすべて腫脹を軟組織の体積変化によって評価したものである。二曲面間の体積変化を計測する場合は再現性の良好な計測範囲の設定が必要であるが、主たる腫脹部位である頬部には再現性の良好な解剖学的特徴がなく、計測範囲の設定の際に誤差が生じる。そこで我々は3D-CT とスキャナー像を融合させ、顔面骨上に設定した計測基準点から皮膚表層までの距離を計測し、頬部腫脹の定量化を行った。

腫脹の減少は術後1週が最も急激であり約35%の減少を認め、術後1か月時点で残存腫脹量は約34%であった。術後3か月以降は腫脹の残存はほぼ認めなかったことから、術後の顔貌評価は術後3か月以降が適切な評価時期であると考ええる。

さらに BSSO 群において、最大腫脹量と皮下軟組織厚みには有意な負の相関関係があり、頬部皮下軟組織量が多いほど術後腫脹は表出しにくいことを示した。また、手術翌日のドレーン排液量が多いほど腫脹量が少ない傾向にあり、持続吸引ドレーンがより長く有効であることが術後初期の腫脹の抑制につながると考えられた。

本研究では術後腫脹を低侵襲でかつ高精度に定量化し、顎矯正手術後顔面腫脹の基本動態を明らかにした。