

氏名・(本籍)	林 一 夫 (滋賀県)
学位の種類	博 士 (歯学)
学位記番号	甲 第69号
学位授与の日付	平成11年 3月19日
学位授与の要件	学位規則第 4条第 1項該当 (課程博士)
学位論文題目	矯正治療における歯の移動の 3次元計測と解析 一回転軸の決定および回転量, 並進量の算出
論文審査委員	主 査 教 授 溝 口 到 副 査 教 授 大 野 弘 機 副 査 教 授 松 田 浩 一 副 査 岩手医大教授 荒 木 吉 馬

論 文 内 容 の 要 旨

[緒 言]

現在矯正治療において多用されているマルチブラケット装置は, 設定した治療目標にしたがって3次的に歯を移動させることが可能である。しかし, 症例に応じて装置を選択し, 最適なメカニクスを決定するためには, 歯の移動様相に関する3次的な詳細な情報が必要不可欠である。移動様相に関してこれまで得られた情報としては, 1歯または2歯モデルについての2次的な結果がほとんどであり, 現段階では計測技術と解析手法とを総合した評価法が臨床応用されるまでには至っていない。

そこで本研究では, 3次的な歯の移動を正確に把握することを目的とし, 矯正治療開始前および装置装着後の所定の期間毎に作製した石膏模型の形態計測を非接触3次元形態計測装置で行い, 得られた各模型の計測値から3次的な回転軸の決定と回転量および並進量の算出を行い, 矯正的な歯の移動様相の新しい評価法の確立を試みた。

[材料と方法]

1. 適用症例, 材料および装置

被験者は, 本学矯正科に来院した患者 (22歳: 男性) であり, 骨格性の反対咬合と診断され, マルチブラケット装置による治療が実施された。矯正装置には, スタンダードエッジワイズブラケットと加工硬化型Ni-Tiワイヤーを用いた。

印象材にはアルジネート印象材 (混水比2.4) を, 模型材には超硬質石膏 (混水比0.2) を使用した。模型の形態計測には, 非接触3次元形態計測器 (ゴニオステージ (中央精器), モデリングマシン (Roland DG), レーザー変位計 (Anritsu) で構成される) を用いた。

2. 模型の作製

各期間 (治療開始前から装置装着直後, 装置装着直後から10日後, 10日後から1ヶ月後, 1ヶ月後から2ヶ月後) の口腔内状態を印象採得し, 直ちに超硬質石膏模型を作製した。

3. 模型精度試験および計測精度試験

模型精度試験は, 先ず, エポキシ模型 (上顎) に計測基準として上顎右側中切歯と左右第一大臼歯部にラウンドバー ($\phi 3\text{mm}$) を用いて半球状痕 (凹型) をつけた後, アルジネート印象材で5回印象採得し, 超硬質石膏で5個の副模型を作製した。高精度CNC 3次元測定器 (Carl Zeiss) を用いて, エポキシ模型と石膏模型の各基準点間の距離を計測し精度判定を行った。

計測精度試験は, 厚さ5.000mmと3.000mmの2個のセラミック製基準ブロック (Cera Block: Mitutoyo) を基準平面上に並べ, 両基準ブロックの中心点におけるZ軸方向の位置を計測し精度判定を行った。次に, モデリングマシンの作業ステージの位置決め精度は, X, Y方向にそれぞれ100mm移動させたときの距離を計測し精度判定を行った。

4. 模型の計測

作製された各期間の模型を, 非接触3次元形態計測器

を用いて計測した。計測範囲は、X方向に70.0mm、Y方向に50.0mm、ステップ幅は、両方向とも0.2mmである。

5. 歯の3次元解析

まず、各期間ごとの3次元計画値を同一標系に統一し、この時生じた歯列像のずれが矯正治療による歯の移動であると考えた。次に、重ね合せ像のうち、ずれを生じた解析対象歯について移動前の像を表わす座標系を(x, y, z)とし、移動後の像を表わす座標系を(x', y', z')とした。この移動後の座標系(x', y', z')を並進および回転させることにより移動後の対象歯像を移動前の対象歯像に重ね合せた。この操作での座標変換パラメータ{x, y, z方向の並進量(a, b, c)、およびx, y, z軸の回転量(ϕ , ϕ , θ)}により、移動後の対象歯の全空間点に対応する移動前の対象歯の点を求めた。

座標変換によって求められる任意の点の移動量(x, y, z方向にそれぞれx-x', y-y', z-z')を成分とする変位ベクトルrに対してrの大きさが最小となる点の軌跡からなる直線が回転軸である。rは、次式、

$$r = (A_{ij} - I) \quad b = A_{ij} c \quad ij = 1, 2, 3$$

で表わされる。ただし、 A_{ij} は、回転移動を表わす変位テンソル、Iは単位行列、bは、移動後の位置ベクトル(x', y', z'), cは、並進ベクトル(a, b, c)である。そこでrの大きさ $f = \sqrt{|r|^2}$ について、

$$\partial f / \partial x = 0, \quad \partial f / \partial y = 0, \quad \partial f / \partial z = 0$$

とする連立方程式を立て、その解すなわち回転軸を求めた。回転量および並進量は変位テンソルから求めた。

[結果および考察]

1. 模型精度および計測精度

模型の寸法誤差は、最大で0.07mm、繰り返し測定の標準誤差は0.04mm以下であり、矯正的な歯の移動を計測するための模型としての口腔内再現精度は十分であると考えられた。また、計測装置のZ軸方向の計測誤差は最大

0.009mmであり、作業ステージの位置決め精度は、X, Y方向とも0.08mm以下であり、装置の計測精度は、歯列形態の計測にはきわめて優れた精度を有することが確認された。

2. 歯の3次元移動量

本研究の解析によって、前歯部のレベリング治療を0.1mm以下の精度で詳細に捉えることができた。解析結果をみると、上顎右側3前歯のうち、中切歯は他の2歯に比べて著しく不正な配列状態であり、近心に大きく捻転していた。このため、中切歯が矯正装置から受ける力は他の2歯に比べて強く、かつ隣接する側切歯にかなりの力を及ぼしているものと考えられる。装置装着直後における側切歯の舌側への傾斜を示す0.8°の回転と、咬合平面方向への0.016mmの並進は、明らかに中切歯からの力の作用を受けた移動であると思われる。また、さらに隣接する犬歯の遠心に傾斜する1.1°の回転と舌側方向への0.06mmの並進は、側切歯の影響を受けていることを示している。これらの結果から、臨床的な歯の移動は、ただ単に歯の配列状態によって個々の歯に発現される矯正力だけではなく、治療過程で複雑に変化する隣接歯との接触関係、あるいは隣接歯の移動様相が大きく影響していることが明らかとなった。また、わずかな移動でも回転軸は歯の外に存在することが多く、矯正的な歯の移動は歯の中に回転中心をもつ回転ではなく、装置からの外力と歯周組織および接触歯による抵抗力によって回転中心(軸)が歯の外にある回転移動をすることが明らかとなった。

以上から、本研究により解析され決定された3次元回転軸は、実際の矯正臨床における歯の移動をより一般的、総合的かつ正確に把握することができることが明らかとなった。本解析方法をさまざまな症例に適用することによって、効率的かつ正確な矯正治療における歯の移動だけでなく、その移動時の生体力学的解析にも多くの有益な情報を提供するものと考えられる。

学位論文審査の要旨

本論文は、矯正治療において多用されているマルチブラケット装置による歯の移動様相を3次元的かつ定量的に評価する方法を考察し、その有用性を臨床例を用いて検証したものである。従来は1歯または2歯のみの移動を2次元的に評価したものが多く、治療経過および装置の効果を正確に評価する上で必要な情報が限られていた。この点で、本研究で開発した手法の臨床的な意義は高く評価できる。

本研究では、装置装着前後の歯列の3次元形態計測に、患者の口腔内を印記した石膏模型を非接触3次元形態計

測装置で計測する方法を用いている。この方法は、エックス線撮影のような患者の被爆線量の問題がなく、繰り返し簡単に経過を捉えることが出来ることから実用性が高い。また、論文では模型の再現精度および計測装置の精度についても適切な検証が行われている。この手法の最も大きな難点として、期間毎に得られた各模型の計測値を相互に比較できるようにいかにして同一の3次元座標系で表現するかが挙げられる。本研究では、3次元画像処理技術における重ね合わせ操作を利用し、基準となる固定点を数多く設定した手法でこの点を合理的に解決

している。

本研究の中心をなす矯正歯の3次元移動様相、すなわち回転軸、回転量および並進量の解析には、立体幾何学の座標変換と剛体の変位テンソルの理論を駆使しており、きわめて合理的であるとともに、これまで当分野では適用されなかった新規な手法である。これらのことから本研究の結果は、精度の高い計測ときわめて的確な解析が行われたものと判定することができる。

さらに、本症例(22歳男性、治療前から装置装着後2ヶ月まで)で得られた移動様相の結果から、(1)矯正学的な歯の移動には、単に個々の歯の配列状態によって発現される矯正力だけでなく、治療経過とともに変化する隣

接歯との接触関係、あるいは隣接歯の移動様相が大きく影響していること、(2)歯の回転移動の中心は主として歯の外に存在することなどが明らかになった。これらの結果は、従来までの2次元的な解析では得られなかった情報である。

以上により、本研究で確立された3次元的な歯の移動の解析方法は、実際の矯正臨床における歯の移動をより一般的、統合的かつ精度よく把握できることが明らかとなった。このことは、歯科医学・医療の発展に寄与するところ大であり、よって博士(歯学)の学位授与に値するものと考えられる。

氏名・(本籍)	松本賢二(広島県)
学位の種類	博士(歯学)
学位記番号	甲第70号
学位授与の日付	平成11年3月19日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当(課程博士)
学位論文題目	口蓋の形成過程における組織化学的検討
論文審査委員	主査 教授 金澤正昭 副査 教授 武田正子 副査 教授 賀来亨

論文内容の要旨

I. 緒言

唇顎口蓋裂は新生児500人に一人と、比較的高頻度に見られ、その発生機構については、これまで種々の実験・研究がなされているが、まだ解明されるべき点が多数残されている。二次口蓋形成過程については、癒合した上皮細胞が消失するメカニズムとして、アポトーシスによる細胞死説、上皮細胞の間葉細胞への転換説、および口蓋突起の成長に応じ、上皮細胞が口腔と鼻腔側三角へ移動するという3つの説がある。また、左右の口蓋突起先端上皮の接着の際の表層細胞の脱落の有無に関して、一つは、接着前に表層の細胞がアポトーシスを起こし、脱落するために、容易に基底層同士が接着するという説と、もう一つは表層の細胞は脱落せず、2層のまま上皮が接着するという2つの説がある。

そこで、二次口蓋の形成がどのような機序によって起こるかを検討するために、口蓋突起癒合過程におけるアポトーシスの有無をDNA nick-end labeling (TUNEL)法により観察し、さらに細胞接着分子で糖蛋白であるカドヘリンについて、上皮の接触・癒合過程における分布を検索した。また、上皮細胞の接触過程を透過型電子顕微鏡を用いて微細構造学的に観察した。

II. 材料と方法

1. 実験動物

実験材料には9週から15週の11匹の雌dd-マウスを用いた。雌マウスを一晩雄と同舎させ、膣栓を認めたもの、もしくは、膣垢検査で交尾が確認されたものを妊娠0日とした。13, 14, 15日の胎仔を取り出した後断頭し、以下の方法で前頭断切片を作製した。