

論 文 要 旨

口腔内スキャナと 3D プリンタの精度と 歯科矯正学的有用性に関する検討

平成 29 年度

北海道医療大学大学院歯学研究科

富田 侑希

【緒言】

近年、デジタル技術の使用が増加している。特に、コンピュータ支援設計・製造ユニット（歯科用 CAD/CAM）は補綴や歯冠修復の分野で広く普及している。口腔内スキャナは、1980 年代に Mörmann と Brandestini により考案された。口腔内スキャナの発展は、患者の不快感の軽減だけではなく、印象材や石膏の消費削減、石膏模型の保管場所の縮小、大規模災害の際の身元確認など多くの利点がある。さらには、3D プリント技術を使用することで模型や装置の作製までに生じるチェアサイドでの操作や技工操作を大きく省略することが可能となる。従来、歯列模型のデジタル化は、各種印象材を用いた印象採得、印象材への石膏の注入、模型の成形といった複雑な技工過程を経た後に、石膏模型を非接触式三次元形状計測することまたはコーンビーム CT を利用することで行われていた。これらの方法は矯正臨床において広く受け入れられている。しかしながら、デジタル歯列模型の精度を検証した多くの先行研究では、歯列という複雑さに富んだ立体構造物の測定にも関わらず、基準となる歯列模型の測定を従来のノギスを使用して行っている。デジタル模型の精度や正確度を調査する際に、信頼性の高い基準値を用いることが重要であるため、その過程は十分に検討されなければならない。そのため、本研究では基準となる模型の 2 点間距離の測定にあたり、接触式の三次元測定機を用いた。

本研究の目的は、石膏模型を使用した従来法のデジタル歯列模型と比較し、口腔内スキャナによる直接法で取得したデジタル歯列模型の精度を比較すること、および口腔内スキャナによるデジタル歯列模型とその三次元データをもとに造形した 3D プリント歯列模型を比較し、その精度を検証することで、口腔内スキャナや 3D プリンタを用いて作製した歯列模型の歯科矯正学的有用性を検討することである。

【材料と方法】

1. 基準模型の 2 点間距離の測定

計測対象には、8 つの基準用マーカー（セラミック球；AS9/32-04, 天辻鋼球）を上下顎両側第一小臼歯、第一大臼歯各々の頬側歯槽部に貼布したレジン製顎模型（D1-500A, NISSIN）を用いた。基準模型は、接触式の三次元測定機

(H503, Mitutoyo) を用いて各々の球の中心座標を求め、2 点間距離を計 12 か所測定し、得られた数値を基準模型の 2 点間距離として用いた。また、非接触式三次元測定機 (REXCAN DS2, SEA FORCE) を用いてスキャニングを行い、三次元ポリゴン編集ソフトウェア (RapidForm 2006, Inus Technology) や解析ソフトウェア (Imageware10.6, USG) を用いて 2 点間距離を測定した。

2. 従来法および直接法によるデジタル歯列模型の測定

歯列模型をアルジネート印象材にて印象採得し、石膏模型を成形後、非接触式三次元測定機を用いて得られたデジタル歯列模型をグループ 1、付加型シリコーンゴム印象材についても同様に行って得られたデジタル歯列模型をグループ 2、口腔内スキャナ (TRIOS, 3shape) で光学印象し得られたデジタル歯列模型をグループ 3 とした。各々のグループの数は 10 とした。デジタル模型の 8 つの球の中心座標をもとに三次元ポリゴン編集・解析ソフトウェアで計 12 か所の中心間距離を測定し、基準模型の 2 点間距離との差を求めた。統計処理については、得られたグループ 1 とグループ 2 およびグループ 3 各々と基準模型の 2 点間距離の差を一元配置の分散分析と Tukey の多重比較検定を行い有意水準 5 % ($p < 0.05$) で判定した。

3. 口腔内スキャナによるデジタル歯列模型と 3D プリント歯列模型の測定

口腔内スキャナで基準模型を光学印象し、三次元ポリゴン編集ソフトウェアや解析ソフトウェアを用いて計 12 か所の中心間距離を測定した。次に、デジタル歯列模型を STL データで出力し、3D プリンタ (Objet 30 pro, Stratasys) を用いて模型を造形した。材料は、光硬化型硬質樹脂 (OBJET VEROCLEAR RGD810, Stratasys) を用いた。3D プリント歯列模型は接触式の三次元測定機を用いて、基準模型の測定と同様の方法で測定を行った。得られたデジタル歯列模型と 3D プリント歯列模型各々と基準模型の 2 点間距離との差を求め、ウィルコクソンの順位和検定により評価し、有意水準 5 % ($p < 0.05$) で判定した。

【結果】

1. 従来法および直接法によるデジタル歯列模型の比較

統計分析の結果，グループ 1 とグループ 3 との間，グループ 2 とグループ 3 との間に各々有意差を認めた．グループ 1 とグループ 2 の間にはすべての項目において有意差は認められなかった．グループ 3 のすべての測定値は基準模型の 2 点間距離よりも小さかった．対照的に，URP-URM の値を除いて，グループ 1 とグループ 2 のすべての測定値は基準模型の 2 点間距離よりも大きかった．基準模型の 2 点間距離と比較したグループ 3 の各々の計測項目の変化率は異なっていた．

2. 口腔内スキャナによるデジタル歯列模型と 3D プリント歯列模型の比較

半数以上の項目で口腔内スキャナと 3D プリンタとの間に有意差を認めた．基準模型の 2 点間距離と比較して口腔内スキャナによるデジタル歯列模型はすべての計測項目において小さな値を示した．さらに，3D プリント歯列模型は基準模型の 2 点間距離とデジタル歯列模型の両方に対して，すべての計測項目で小さな値を示した．基準模型の 2 点間距離と比較した 3D プリント歯列模型の各々の計測項目の変化率は異なっていた．

【考察】

1. 研究手法について

歯列模型の形状計測において，歯牙や歯槽部の形態は，複雑さに富んだ立体構造物であるため三次元空間上ではランドマークは視点により変化する．本研究における三次元デジタル模型計測では，大きさと形状が既知である寸法精度の高いセラミック球を基準用マーカーとして用いることで，誤対応の発生の可能性を抑制し，より高い位置合わせ精度を得ることができたと考えられる．

2. 結果について

1) 従来法および直接法によるデジタル歯列模型の比較

直接法は，従来法よりも基準模型の 2 点間距離に近い値を示し，その変化

は異方的であった．これは直接法では複雑な技工過程を省略することができるためと考えられた．また，従来法においては，石膏の硬化膨張と非接触式三次元測定機によるスキヤニングの誤差が大きく影響していると考えられた．また，従来の印象材を使用した石膏模型の精度は，口腔内スキャナを用いたデジタル歯列模型よりも精度が高かった．

2) 口腔内スキャナによるデジタル歯列模型と 3D プリント歯列模型の比較

口腔内スキャナによるデジタル歯列模型は，基準模型の 2 点間距離よりも各々の計測項目で小さな値を示し，3D プリント歯列模型はさらに小さくなった．また，その変化は異方的であった．

【結論】

口腔内スキャナにおいて直接デジタル化したデジタル歯列模型は，技工過程を含む従来法で得られたデジタル歯列模型と比較して高い精度を有していた．口腔内スキャナから得られたデジタル歯列模型と 3D プリント歯列模型はともに基準模型よりも小さく，その変化は異方性を示した．矯正臨床への応用について，現時点では，デジタル歯列模型と 3D プリント歯列模型は従来の石膏模型の精度に劣ると考えられる．しかし，基準模型の測定値との誤差はわずかであり，口腔内スキャナと 3D プリンタによる歯列模型は，矯正臨床において十分な有用性があると思われた．