

論文内容の要旨

Investigation of accuracy and reproducibility of abutment position by intraoral scanners

口腔内スキャナーを用いたアバットメントの位置再現精度に関する検討

(Journal of Prosthodontic Research 平成 29 年掲載予定)

ふかざわ しろう た
深澤 翔太

I. 研究目的

近年、情報工学 (Information technology:IT) の歯科治療への導入によって、口腔内スキャナーが普及しつつある。そして、CAD/CAM システムと併用することによって治療期間の短縮、患者の肉体的負担の軽減、材料費の節約、高いデータの再現性などが長所として期待されている。一方、口腔内スキャナーから得られたデータの精度に関してはいまだ不明な点が多く、口腔インプラント治療における適用は単独歯欠損症例の一部に限られているのが現状である。本研究においては、口腔内スキャナーならびに歯科技工用スキャナーの、光学印象法による精度の比較検討を行い、口腔内スキャナーの臨床応用の可能性を検証することを目的とした。

II. 研究方法

インプラント実習用下顎顎歯模型の左側第二小臼歯、左側第一大臼歯相当部に外側性 6 角構造を有するインプラント体を埋入した模型を基準模型 A、右側第二小臼歯、右側第二大臼歯相当部にインプラント体を埋入した模型を基準模型 B とした。基準模型のインプラント体にボールアバットメントを締結後、接触式三次元座標測定機によりボールアバットメント間の距離の三次元形状計測を行い、10 回の測定結果の平均値を算出して基準値とした。続いて、各基準模型を LavaTM C. O. S. (COS)、3MTM True Definition Scanner 第二世代 (TDS2)、3MTM True Definition Scanner 第三世代 (TDS3)、ならびに 3shape TRIOS (TRIOS) の 4 種の口腔内スキャナーと、歯科技工用スキャナーの KaVo ARCTICA Auto Scan (KA) を用いて 10 回ずつ光学印象を行い、三次元形状データを採得した。得られたそれぞれの三次元形状データをもとに、基準模型 A、B における 2 本のボールアバットメント間の距離に関して真度、精度ならびに誤差の変化率について比較解析を行った。

III. 研究成績

ボールアバットメント間の距離の計測に関しては、一部の口腔内スキャナーで高い真度を示した。また、口腔内スキャナーは全体的に高い精度を示し、偏差の範囲が小さいことが明らかとなった。一方、歯科技工用スキャナーは真度、精度とも良好な結果を示した。基準模型 A よりもボールアバットメント間の距離が長い基準模型 B において、口腔内スキャナー、歯科技工用スキャナーともに誤差が増加した。距離の誤差の変化率においては、基準模型 A、B ともに歯科技工用スキャナーよりも口腔内スキャナーにおいて増加する傾向が認められた。基準模型 A よりもボールアバットメント間の距離が長い基準模型 B において、口腔内スキャナー、歯科技工用スキャナーともに誤差の変化率は増加した。

IV. 考察及び結論

距離の精度に関しては、歯科技工用スキャナーと同等の誤差範囲内で、ボールアバットメントの位置関係を再現可能な口腔内スキャナーも存在することが明らかとなった。口腔内スキャナーは印象材や石膏を必要

としないことから、印象材の収縮、撤去時の変形、石膏の硬化膨張による誤差を排除することができるため、真の値に近い寸法安定性を有する可能性がある。本研究の結果から、複数歯の口腔インプラント治療において、口腔内スキャナーによる光学印象法は、臨床応用可能であることが示唆された。

論文審査の結果の要旨

論文審査担当者

主査 教授 佐藤 和朗 (口腔保健育成学講座 歯科矯正学分野)
副査 教授 近藤 尚知 (補綴・インプラント学講座 補綴・インプラント学分野)
副査 特任講師 大平 千之 (補綴・インプラント学講座 補綴・インプラント学分野)

近年、急速なインフォメーションテクノロジーの発展により、歯科の臨床においてもその技術を応用した、口腔内スキャナーによる光学印象法が普及しつつあり、歯科医療は新たな局面を迎えている。光学印象法は、主に作業用模型の三次元形状を測定するシステムを中心に発展してきた手法で、作業用模型を測定する歯科技工用スキャナーは、接触法から非接触法へと変遷し、測定速度が飛躍的に向上した。歯科技工用スキャナーの進歩により製作過程の効率化が図られる一方、その作業用模型の製作を必要とせずに口腔内を直接測定する新たな印象法として、口腔内スキャナーによる光学印象法が開発された。口腔内スキャナーを用いるこの方法は、口腔内の静止画あるいは動画を撮影後、その画像を迅速に三次元データとして構築することで、臨床操作ならびに技工操作の簡略化に成功している。そして、CAD/CAMシステムと併用することで、治療期間の短縮、患者の肉体的・精神的負担の軽減、材料費の節約、高いデータの再現性などが期待されている。さらに、セラミック修復においては、支台歯形成から印象採得、補綴装置製作を行い、装着までの過程を1日の診療で完了すること(One day treatment system)も可能となっている。現在は、測定方法も多様化し、測定範囲の拡大とともに多数歯欠損への応用が期待されている。口腔内スキャナーにおける研究に関しては、クラウンやブリッジの適合精度に関する報告が多く認められる。しかし、口腔インプラント治療における光学印象法によって得られたデータの精度に関する報告は少ないため、未だ不明な点が多い。したがって、従来法にとって代わる精度を有しているかは、必ずしも明らかにされていないのが現状であり、口腔内スキャナーの光学印象法における口腔インプラント治療の適用は、単独歯欠損症例に限られているのが現状である。

本研究では、口腔内スキャナーによる、複数歯欠損の補綴装置製作への応用について検証するため、2本のインプラントボールアバットメント間の距離の真度、精度および誤差の変化率の比較検討を行った。本実験では、インプラント実習用顎歯模型を使用し、異なる2点間の距離にそれぞれインプラント体の埋入を行い、ボールアバットメントを装着した。ボールアバットメント中心点間の距離を接触式三次元座標測定機で測定し、基準値とした。その後、Lava™ C.O.S. (COS)、3M™ True Definition Scanner 第2世代(TDS2)、3M™ True Definition Scanner 第3世代(TDS3)ならびに3shape TRIOS (TRIOS)の4種の口腔内スキャナーと、歯科技工用スキャナーのKaVo ARCTICA Auto Scan(KA)を用いて測定を行い、得られたデータをSTLデータとして出力し、それぞれの距離を、三次元解析用ソフトウェアを用いて算出した。その結果、口腔内スキャナーは距離の増加と共に誤差が増加した。しかし本研究から、過去の報告によるシリコン印象材を使用した、連続した2歯のインプラント印象における従来法から製作された石膏模型の真度、精度と比較して同等、もしくはそれ以上の真度、精度を持つ口腔内スキャナーが存在することが明らかになった。さらに、口腔内スキャナーによる光学印象法を用いることで、印象用コーピングとアナログ接続時の誤差を排除し、口腔内スキャナーは印象材や石膏を必要としないことから、印象材

の収縮、撤去時の変形、石膏の硬化膨張による誤差も排除することが可能となる。歯科技工用スキャナーは、作業用模型を測定するため、材料の誤差を排除することが不可能である。これらを考慮すると、口腔内スキャナーの使用による光学印象法の有用性は高いことが推察された。

上記検討より、口腔内スキャナーによる光学印象法は、口腔インプラント治療への臨床応用が可能であることが示唆され、最先端の口腔インプラント治療に大いに貢献するものと考えられ、本研究の内容は学位論文に値すると評価した。

試験・試問結果の要旨

本研究の内容について本人から説明を受け質問を行った。また、今後の研究の展開ならびに関連する基本事項についても試問を行い、適切かつ十分な回答が得られたことから、学位に値する十分な学識と研究能力を有するものと認めた。

主査・副査から深澤に対して、多くの質問があり、下記のような質疑応答が行われた。

問：口腔内スキャナーで直接印象した場合と、印象材と石膏から、技工物を製作した場合ではどちらが精度的に良いのか？

答：本研究において、口腔内スキャナーの誤差を検証した結果は、数十 μm であったため、口腔内スキャナーで直接印象したものから製作される技工物は、印象材と石膏模型から技工物を製作した場合と同等の精度で製作されることが示唆される。

問：本研究において、測定者によって誤差は生じないか？

答：本研究では、1人の実験者が各スキャナーを用いて測定を行った。この研究を行った実験者は十分に各スキャナーの操作法について訓練されていたため、1人の実験者がすべての実験を行っている。よって、本研究において測定者間の誤差はないと考える。

ただし、複数の実験者による測定誤差の大きさを検証したところ、測定値に実験者間によってばらつきがあるというデータもある。

問：光学印象の長所、短所は何か？

答：光学印象の長所は、嘔吐反射が強い患者に対して負担が少なくなる可能性があり、材料を使用しないことから、印象材の収縮や撤去時の変形、石膏の硬化膨張による誤差を排除することができる。さらに、開口量が少なく印象採得が困難な症例にも有用である。また、嘔吐反射の強い患者にとっては非常に有用と考えられる。一方、短所としては歯肉縁下の印象採得が困難な場合がある。

問：ボールアバットメントで測定を行ったのはなぜか？

答：本研究において2点間の距離の真の値を計測するためには、2点の三次元座標を設定する必要があった。その座標を求める方法として、球面上の6点の座標を得て、その6点の座標から演算で球の中心の座標を算出することによって、基準となる1点の座標を正確に求めることができる。その中心間を計算することで、容易に直線距離を算出することが可能となったので、本研究の測定に関してもボールアバットメントを使用した。

問：真度のもともとの基準はどう設定しているのか？

答：本研究は接触式三次元座標測定機で基準値を算出している。模型を測定する前に、高精度の校正球を一度測定し、装置のキャリブレーション後、測定を行っている。測定機自体の測定誤差は $1\mu\text{m}$ 以下と非常に小さい誤差のもとで測定を行っているが、測定機を使用する上では必ず誤差の存在があり、それを排除することは現実的に不可能である。よって本研究では、接触式三次元座標測定機で得られた値を基準の値として使用し、理論上の真の値と設定している。

問：石膏の膨張、金属の収縮で技工物の精度は保たれているが、口腔内スキャナーから製作された技工物は装着可能か？

答：口腔内スキャナーによる印象から得られる画像は石膏の膨張は包括しない。また、CAD/CAMによって作製されるセラミッククラウンは、削り出されるので、埋没材の膨張、鋳造収縮は包括しない。従って、誤差を生じる作業が少ないため、口腔内に装着可能な技工物が製作可能となる。

実際に、口腔内スキャナーから得られたデータをもとに、CAD/CAM技術によってクラウンやブリッジが製作されているが、過去の文献においても、適合精度に関して臨床的に問題ないという報告もあるので、装着可能であると考えられる。

問：撮影条件で真度、精度が変わるか？

答：測定をする環境条件と、実験者で変わる可能性はある。今後はこの件に関しても検証していきたいと考えている。

参考論文

1. 口腔内スキャナーを用いたインプラントアバットメントの位置再現性の検討
(深澤 翔太) 岩手医科大学歯学雑誌 平成 29 年掲載予定
2. 口腔内スキャナを応用したマウスガード製法
(近藤 尚知と共著) 日本歯科理工学会誌 平成 28 年 11 月
第 35 巻 6 号
333 頁～336 頁