

論文内容の要旨

Accuracy of optical interocclusal registration record using an intraoral scanner

(口腔内スキャナーを使用した光学咬合採得の精度に関する研究)

(Journal of Prosthodontic Research 令和 5 年 In press)

おかもと まみ
岡本 真実

I. 研究目的

本研究では、歯根膜、顎骨の変形を考慮し、臨床において適切な光学咬合採得を得るための咬合力の影響を明らかにすることを目的とした。

II. 研究方法

健全な天然歯列の被験者 40 名（男性 19 名、女性 21 名、平均年齢 27.7 ± 2.0 歳）が採用された。採用基準は健康な天然歯列を有し、Eichner の分類 A1 に分類され、すべての歯の動揺度を 0 とし、安定した咬頭嵌合位とした。除外基準は、Eichner の分類 A2～C3 に分類され、矯正治療を受けている被験者、顎関節症、歯の動揺を伴う歯周炎に罹患した被験者とした。口腔内スキャナー TRIOS 3 を用いて、上下顎の右側第一小臼歯から第二大臼歯部にかけてスキャンした。咬合採得のスキャン時に、被験者に「普通に咬んでください」、「軽く咬んでください」、「強く咬んでください」を指示し、3 種類の咬合パターンのデータを取得した。咬合時のスキャンと同時に右側咬筋部に筋電計（ウェアラブル筋電計 GC）を貼付し、最大咬みしめ時の波形が 100%MVC として、各条件での咬合採得時の筋活動を測定した。各咬合条件の STL データを画像解析ソフトウェアプログラムにて、3 パターンの咬合採得のデータをコンピュータ上で重ね合わせ、上下顎頬側歯頸部ラインを基準にした垂直的距離と歯の変位量を算出した。また、シリコーンゴム印象材を用いた従来法では、歯接触分析装置を用いて、咬合接触面積を算出した。統計処理には、Friedman 検定を行い、そのあと Bonferroni 補正によって有意水準の修正を行った。有意水準は $P < 0.05$ とした。

III. 研究成績

咬合力は、強い咬合（平均：40%MVC）と通常咬合（平均：17%MVC）ならびに弱い咬合（平均：11%MVC）の間に有意差が認められた ($p < 0.05$)。垂直的変位量は、通常咬合を基準としたとき、弱い咬合と比較して、強い咬合のほうが、大きい傾向となり、有意差が認められた ($P < 0.05$)。歯の変位は、強い咬合条件の方が弱い咬合条件よりも有意に小さかった (0.018mm vs. 0.028mm , $P < 0.05$)。咬合接触面積も従来法・光学法ともに、咬合力が強くなるにつれて増加し、咬合条件の違いによって有意差が認められた ($P < 0.05$)。

IV. 考察及び結論

本研究の結果から、シリコーン印象材を用いた従来法，光学法ともに，咬合力によって咬合接触面積が変化する。そして、「強い咬合力」の条件下で光学印象を使用すると、偏差が減

少し、安定した咬合採得が得られる可能性がある。

論文審査担当者

主査	佐藤 和朗	教授（口腔保健育成学講座 歯科矯正学分野）
副査	近藤 尚知	教授（補綴・インプラント学講座 補綴・インプラント学分野）
副査	田邊 憲昌	准教授（補綴・インプラント学講座 補綴・インプラント学分野）

論文審査の結果の要旨

近年、口腔内スキャナーの普及が急速に進展している。光学印象は、口腔内情報をデータ化し、印象材および石膏模型を必要とせず、デジタル印象採取やコンピュータ支援設計・製造（CAD/CAM）装置による補綴装置の設計・加工を行うことが可能としている。また、CAD/CAM の活用によって、従来法より効率良く補綴装置の製作をすることができるようになった。口腔内スキャナーを使用した研究は多く報告されており、口腔内スキャナーを用いて製作したクラウンと従来法にて製作したクラウンの適合精度を比較したところ、口腔内スキャナーを用いたクラウンがより優れた精度を示すことが報告されている。また、口腔内スキャナーを用いた咬合採得は従来法の咬合採得と比較して、精度が高いことも報されている。しかし、口腔内スキャナーを用いた咬合採得の精度に関する研究は少なく、これまでの評価が不十分であり、臨床研究も少ない。そして、実際の口腔内では、咬合力や咬合パターンなどによる因子が関係し、これらの因子がどの程度、咬合採得の精度に影響するかの検証が必要である。

そこで、本研究では、歯根膜、顎骨の変形を考慮し、臨床において適切な光学法の咬合採得を得るための咬合力の影響を明らかにすることを目的とした。健全な天然歯列の被験者 40 名を対象とした。採用基準は健常な天然歯列を有し、Eichner の分類 A1 に分類され、すべての歯の動揺度を 0 とし、安定した咬頭嵌合位とした。除外基準は、Eichner の分類 A2～C3 に分類され、矯正治療を受けている被験者、顎関節症、歯の動揺を伴う歯周炎に罹患した被験者とした。口腔内スキャナー TRIOS 3 を用いて、上下顎の右側第一小臼歯から第二大臼歯部に掛けてスキャンした。咬合採得のスキャン時に、被験者に「普通に咬んでください」、「軽く咬んでください」、「強く咬んでください」を指示し、3 種類の咬合パターンのデータを取得した。咬合時のスキャンと同時に右側咬筋部に筋電計（ウェアラブル筋電計 GC）を貼付し、最大咬みしめ時の波形が 100%MVC として、各条件での咬合採得時の筋活動を測定した。各咬合条件の STL データを画像解析ソフトウェアプログラムにて、3 パターンの咬合採得のデータをコンピュータ上で重ね合わせ、上下顎頬側歯頸部ラインを基準にした垂直的距離と歯の変位量を算出した。また、シリコーンゴム印象材を用いた従来法では、歯接触分析装置を用いて、咬合接触面積を算出した。本研究の結果においては、咬合力は、強い咬合（平均：40%MVC）と通常咬合（平均：17%MVC）ならびに弱い咬合（平均：11%MVC）の間に有意差が認められた（ $p<0.05$ ）。垂直的変位量は、通常咬合を基準としたとき、弱い咬合と比

較して、強い咬合のほうが、大きい傾向となり、有意差が認められた ($P < 0.05$)。歯の変位は、強い咬合条件の方が弱い咬合条件よりも有意に小さかった ($P < 0.05$)。咬合接触面積も従来法・光学法ともに、咬合力が強くなるにつれて増加し、咬合条件の違いによって有意差が認められた ($P < 0.05$)。上記の結果より、シリコーン印象材を用いた従来法、光学法ともに、咬合力によって咬合接触面積が変化し、「強い咬合力」の条件下で光学印象を使用すると、偏差が減少し、安定した咬合採得が得られることが示唆された。

本研究から導きだされた結論は、口腔内スキャナーに関連するデジタル技術の臨床応用とその活用方法に関して非常に有用で、今後の補綴歯科学の発展に大いに貢献するものと考えられ、本論文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、岡本からの説明を受け、それに関連する質問を行った。また、今後の研究の展開並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を得られたことから、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、多くの質問があり、下記のような質疑応答が行われた。

問：従来法の咬合接触面積と光学法の咬合接触面積に関して、結果の値がかなり異なるのですが、これは、なぜでしょうか？

答：従来法では、口腔内で直接、咬合接触記録を取得し、専用の解析装置を用いて、光の透過率より解析を行います。光学法では、口腔内スキャナーでスキャンしたデータをソフトウェア上で重ね合わせ、咬合接触面積を算出します。このように、測定方法や機材が全く異なることから、結果の値が異なると考えます。

問：咬合接触面積に関して、従来法（歯列全体・第一小臼歯から第二大臼歯の範囲）や光学法はどれも強い咬合から弱い咬合にいくにつれて小さくなっていくのですが、これは何を意味している？

答：本研究では、指示する咬合時の強さの違いによって、どの程度結果にばらつきが生じるかも、検証しており、「強く咬んでください」という指示により、筋活動量が増加することが明らかとなりました。それに伴って、咬合接触面積に関しても、咬合時の強さで違いが生じるかを検証するために、咬合接触面積を解析しました。

問：垂直的距離の計測に関しまして、計測するにあたり、注意したことは？

答：ソフトウェア上で、少なくとも 2 点以上の咬合接触点があるところを選択して計測しています。これは被験者すべて統一しています。

問：垂直的距離に関して、「強い咬合」のほうが距離は短くなるということは、何を意味している？

答：強く咬むことで、上下顎の歯の歯根膜の変位量が大きくなり、根尖側へ歯が変位することで、歯頸部ラインの距離は短くなります。また、垂直的距離の変化量のグラフに関しては、通常咬合を0として強い咬合と弱い咬合の変化量を示しています。強い咬合では、上下顎の歯はともに根尖側へ歯根膜が圧縮していることから、負の値を示しています。弱い咬合では、強い咬合と比較して、歯根膜の圧縮は少ないことから正の値を示しています。

問：結論にて、「強い咬合」が正確な咬合採得が可能であることと示していますが、この咬合力がなぜ正確であるかをもう少し詳しく説明をお願い致します。強い咬合はなぜ正確なのか？また弱い咬合はなぜ、正確ではないのか？

答：本来の咬合採得をする顎位は、咬頭嵌合位であることは明らかとなっております。この顎位は最も歯と歯が多く接触している下顎位であることが記載されています。この顎位をもとに考えたところ、本研究の結果において、「弱い咬合」は、咬合接触面積より、強い咬合・通常咬合と比較して、小さいことを示しています。これは、歯と歯の接触が最も少ないことを示します。さらに、歯の変位量に関しては、強い咬合と比較して、変位量が大きく、カラーマップからも変位が大きいことを示します。このことから、「弱い咬合」は適切ではないと考えます。「強い咬合」では、咬合接触面積より、最も咬合接触面積が大きいことから、本来の咬頭嵌合位に近い可能性があります。また、歯の変位量からも、弱い咬合と比較して、変位量が小さいことが明らかとなっております。これらのことより、「弱い咬合」より「強い咬合」が適切な咬合採得が可能と考えます。

問：咬合力のグラフに関して、実際には筋活動量を測定しているので、修正すべきではないか？

答：咬みしめ時の強さによる咬合力の比較のグラフについて、咬合力(%MVC)→筋活動量(%MVC)に修正します。

問：3 次元的な歯の変位量について、ベストフィットアルゴリズムの解析方法を使用した理由は？

答：重ね合わせを行う時に、ソフトウェアの仕様の限界で任意で基準点を決めるという自由度がないということから、今回はベストフィットアルゴリズムにて自動で全体的に重ね合わせを行い、変位量を算出しました。

また、類似した研究も、ベストフィットアルゴリズムを使用して解析を行っていたので、それらの研究も参考に、本研究では、ベストフィットアルゴリズムを使用しました。

問：変化量に関して、上下顎の歯頸部ラインを基準とした、2 点間距離を測定しているので

すが、歯根膜が変位する以外にも歯のエナメル質(ヌーブ硬さ)のひずみなどは考慮しているのか？

答：本研究では、変化量の結果に関しまして、口腔内スキャナーでスキャンしたデータをソフトウェア上で2点間距離を測定していることから、歯(エナメル質)のひずみはないと考えています。また、歯根膜が変位する以外にも、咬合することで顎骨の変位も報告されていることから、変化量に関係する可能性は大いにあります。しかし、本研究では、今回は、2点間距離を測定のみであり、実際の歯のひずみや顎骨の変位まで検証はされていません。今後検討していきたいと思います。

問：光学法における咬合接触面積について、強い咬合と弱い咬合には有意差はありますが、強い咬合と通常咬合には、有意差はない結果となっています。このことから、通常咬合でも適切な咬合といえるのではないのか？

答：光学法の咬合接触面積は、グラフの通り、一部しか有意差はありませんでした。ただ、本研究では、臨床研究であることから、通常咬合を指示した場合、強い咬合に近い場合もあれば、弱い咬合に近い場合もあり、通常咬合が適切と断定ができませんでした。説明文に弱い咬合と比較して強い咬合または通常咬合が適切な咬合採得が可能であると修正をいたします。

問：今回は、アイヒナーの分類 A1 のみを対象として、研究を行っていますが、もし中間欠損や遊離端欠損など様々な咬合パターンの場合、やはり、ブリッジやインプラントなど多岐にわたる補綴設計があると思いますが、このような補綴装置を製作する場合、咬合採得は今回と同じような精度となりますか？

答：本研究では、複数の咬合パターンを採用していないため、今後の研究として、実際に欠損がある被験者を対象として、欠損の種類による精度を検討していき、研究を重ねていく必要があります。