

原 著

下顎運動データを用いたヴァーチャルワックスアップによる
CAD/CAM ク라운の咬合接触の評価

塚谷 顕介

岩手医科大学歯学部補綴・インプラント学講座補綴・インプラント学分野

(主任：近藤 尚知 教授)

(受付：2018年12月17日)

(受理：2019年1月15日)

和 文 抄 録

従来、咬合器上では咀嚼運動を含めた曲線的な顎運動の再現は困難であった。一方、近年になり下顎運動の測定データをクラウン咬合面形態に反映することの出来るシステムが開発され、ヴァーチャル空間での理想的な咬合接触を付与したクラウン製作が可能となった。本研究の目的は、設定する下顎運動経路の違いが、クラウンの咬合接触に与える影響についてヴァーチャル空間で検証することである。

本研究に同意の得られた男性16名、女性5名を被験者として上下顎の印象採得、下顎運動測定装置を用いて偏心運動、咀嚼運動を測定した。その後、石膏模型を製作し、咬合器に装着した。下顎右側第二大臼歯を被験歯とし、模型上で仮想支台歯形成をした。技工用スキャナーで上下顎歯列をスキャンした後、測定した下顎運動データと模型データを統合した。これらのデータをもとに①咬頭嵌合位での理想的な咬合接触を付与したクラウン (Base-Cr)、②ヴァーチャル半調節性咬合器による直線的な偏心運動経路を反映したクラウン (Se-Cr)、③被験者が実際に行った曲線的な偏心運動経路を反映したクラウン (Ec-Cr)、ならびに④咀嚼運動経路を反映したクラウン (Ch-Cr) を設計した。

Base-Cr と Se-Cr, Ec-Cr, Ch-Cr を重ね合わせ、比較した結果、Ch-Cr の垂直的変化量の中央値は0.29 mm であり、Se-Cr の0.23 mm と比較し有意に大きな値を示した ($p < 0.05$)。Ec-Cr と Ch-Cr の垂直的変化量を比較すると、被験者21名中、Ch-Cr より Ec-Cr の変化量が大きい被験者が6名、Ec-Cr より Ch-Cr の変化量が大きい被験者が14名、変化がなかった被験者が1名であり、個人差があることが認められた。

ヴァーチャル半調節性咬合器による偏心運動、患者固有の偏心運動および咀嚼運動をもとにクラウンを設計し、ヴァーチャル空間で比較した結果、下顎運動経路の違いが咬合接触に影響を与えることが示唆された。

Evaluation of occlusal contact in CAD/CAM crown with virtual wax-up using mandibular movement data

Division of Prosthodontics and Oral Implantology, Department of Prosthodontics and Oral Implantology, School of Dentistry, Iwate Medical University
(Chief: Prof. Hisatomo KONDO)
19-1 Uchimaru, Morioka, 020-8505, Japan

岩手県盛岡市内丸 19-1 (〒020-8505)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 44 : 10-19, 2019

緒 言

歯科領域へのデジタル技術の導入が急速に進み、特にCAD/CAMシステムは近年、大きな進歩を遂げてきた。現在、CAD/CAM技術は一般的なものとなり、審美的な材料の加工、製作時間の短縮が可能となった^{1)~4)}。

現在、鋳造補綴装置を製作するために使用される最も一般的な方法は、1907年にTaggartによって最初に記載された間接法によるものである。この手順は長年にわたり改良され、高品質の補綴装置を製作する方法として確立されている⁵⁾。この手法で補綴装置を製作する場合、石膏模型を咬合器に装着し、チェックバイト法を用いて半調節性咬合器の矢状顎路、側方顎路の調整を行う。その咬合器上でワックスアップを行い、埋没、鋳造という手順を経て完成するのが一般的な流れである。このように多くの作業工程が存在することから、エラーが生じ、口腔内での調整量が多くなることや、適切な咬合を与えられないこともある^{6)・7)}。さらに過去の下顎運動測定装置を用いて解析した研究結果から、生体の顎路は曲線であることが明らかとなっている。一方、補綴装置製作に広く用いられる平均値、半調節性咬合器の顎路は直線であり正確な下顎運動を再現しているとは言い難い。この要素も口腔内での調整量を増加させている一因として考えられる。また、咬合干渉を減らした調整量の少ない補綴装置を製作する手段として特殊咬合器を用いたFGPテクニックや、全調節性咬合器とパントグラフを用いた方法などが挙げられる。しかしながら、多くは手間やコストに見合う臨床結果が得られないこと、手技の困難さなどの要因からほとんど用いられていないのが現状である。

一方、CAD/CAMクラウンは口腔内、または模型をスキャンしたデータを基にヴァーチャル空間でワックスアップを行うことが多い。その際、偏心運動時の調整は、デザインソフト内に設定された平均値咬合器と同等の機能を用いて行われているのが現状である。しかし、この

ような手法で製作したクラウンでは、クラウン形態がサンプルデータから自動選択により設計されることが多く、臨床上、偏心運動時の調整量が大きくなること、また材料の性質から破折やチッピングが生じることもある。Heintzeらが行ったセラミッククラウンに対する荷重実験の報告によると、偏心運動時にクラウンへ加えられる荷重は、咬頭嵌合位の荷重に比べ2~3倍であり、破損の大きなりスクになることが示されている⁸⁾。このことから、現在の補綴歯科治療では、いかに患者固有の下顎運動を咬合面形態に反映し、過度な側方力による支台歯への負担を少なくすることが大きな課題として挙げられる^{9)・10)}。シングルクラウンのような単純な修復の場合でも、患者の咬合を変えない咬合面設計が必要である¹¹⁾。そのためには、患者の歯列の情報だけでなく、下顎運動経路を口腔外で再現することが、より生体親和性の高い補綴装置を製作するための重要な要件となる。近年、CAD/CAMと下顎運動測定データの統合により、生体に近似した曲線的な顎頭運動がコンピュータ上で再現可能となった。また、ヴァーチャルワックスアップの際、これらの下顎運動データを反映させた咬合面形態の付与が可能となった。これまでのヴァーチャル咬合器に関する研究では、従来法と比較し、同等の咬合接触の再現性を有しているという報告がある^{12)・13)}。しかし、再現性の評価に留まっており、下顎の機能運動時の咬合接触について検討した研究は少ない。

本研究の目的は、①ヴァーチャル半調節性咬合器による直線的な偏心運動経路を反映したクラウン、②被験者が実際に行った曲線的な偏心運動経路を反映したクラウン、ならびに③咀嚼運動経路を反映したクラウンの咬合面形態を評価し、設定する下顎運動経路の違いが、クラウンの咬合接触に与える影響についてヴァーチャル空間で検証することである。

材料および方法

1. 被験者

被験者は21名（男性16名：平均年齢 29.1 ± 7.4 歳，女性5名： 26.8 ± 2.6 歳）であり，本研究のプロトコルに同意の得られた者を対象とした．本研究は本学歯学部倫理委員会（番号01237）の承認を受け実施された．

採択基準は第三大臼歯以外に欠損を認めない健全有歯顎者，歯周組織に異常を認めない者，犬歯誘導咬合またはグループファンクションドオクルージョンの者，顎関節に自覚的，他覚的に異常を認めない者とした．除外基準は咬頭嵌合位が安定しない者，下顎の偏心運動が行えない者，矯正治療中の者とした．

2. 下顎運動測定と咬合器装着

初診時に下顎運動測定装置（ARCUS digma II[®]，KaVo，Germany）を用いて偏心運動，ガム咀嚼運動を測定した（図1）．また，既製トレーとシリコーンゴム印象材（FUSION II，GC，Japan）による上下顎の印象採得，シリコーンゴム咬合採得材（EXABITE II，GC，Japan）を用いて咬合採得を行った．採得した印象材にタイプIV石膏（NEW FUJIROCK，GC，Japan）を注ぎ，作業用模型を製作した．

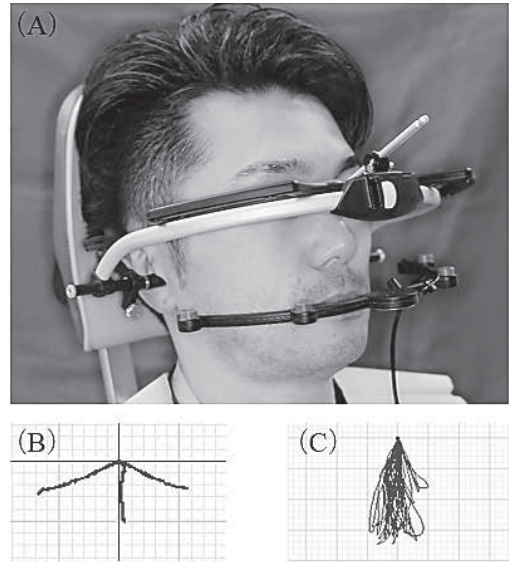


図1：下顎運動測定

下顎運動測定装置を用いて偏心運動，咀嚼運動の測定を行った．

- (A) 下顎運動測定
- (B) 偏心運動
- (C) 咀嚼運動

上顎模型をマウンティングジグを用いて咬合器（PROTARevo7[®]，KaVo，Germany）に装着し，対合する下顎模型を装着した（図2）．

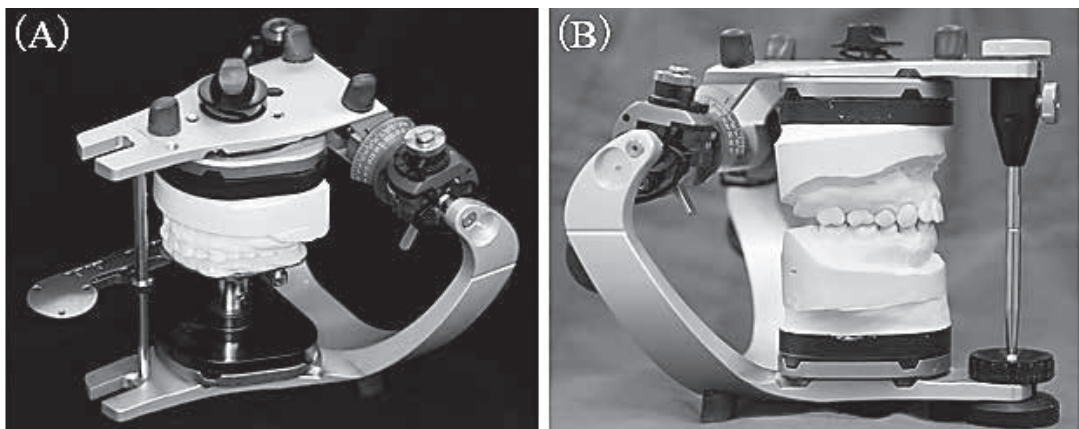


図2：咬合器への装着

マウンティングジグを用いて上顎模型を装着した後，対合する下顎模型を装着した．

- (A) 上顎模型の装着
- (B) 対合する下顎模型の装着



図3：仮想支台歯形成
模型上で、下顎右側第二大臼歯を仮想支台歯形成した。支台歯のマー진은幅1 mmのディープシャンファー、クリアランスは2 mm以上に設定した。



図5：ヴァーチャルワックスアップ
咬頭嵌合位での理想的な咬合接触を付与したクラウン（Base-Cr）、下顎運動軌跡を咬合面形態に反映した3種類のクラウン（Se-Cr, Ec-Cr, Ch-Cr）をCADソフトウェア上でデザインした。

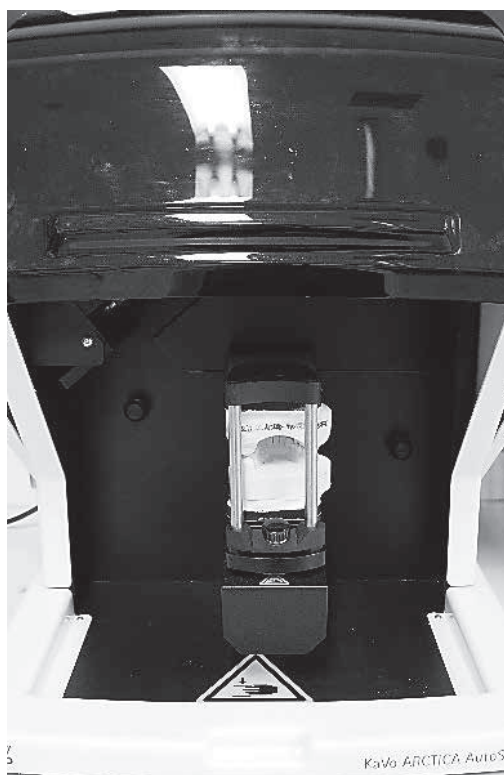


図4：技工用スキャナーによる上下顎模型のスキャン
スキャン用固定アダプターを用い、上下顎模型をスキャンすることで、咬合器での対合関係をCADソフトウェア上で再現することができる。

3. CAD

下顎右側第二大臼歯を被験歯とし、模型上で仮想支台歯形成を行った。支台歯のフィニッシュラインは幅1 mmのディープシャンファーとし、歯肉縁上に設定した（図3）。また、対合歯とのクリアランスは2 mm以上に設定した。形成後の上下顎模型を技工用スキャナー（ARCTICA Auto Scan[®], KaVo, Germany）でスキャンした。この際、スキャン用固定アダプターを用い、咬合器に装着した状態を再現した（図4）。まず、模型データを基に咬頭嵌合位でABCコンタクトが対合歯と点接触するような形態を付与したクラウン（以下 Base-Cr）をCADソフトウェア（multiCAD[®], KaVo, Germany）上でヴァーチャルワックスアップした（図5）。次に測定した下顎運動データを基に、ヴァーチャル半調節性咬合器の顎路角の調整を行った。その後、ヴァーチャル空間上で、偏心運動を行い、Base-Crと対合歯が接触した部位を全て取り除くように形態を修正したクラウン（以下 Semi-adjustable articulator Cr : Se-Cr）をヴァーチャルワックスアップした（図6）。また、同様に被験者が実際に行った偏心運動から得られた曲線的な顎路を反映したクラウン（以下 Eccentric movement Cr : Ec-Cr）、ならびに

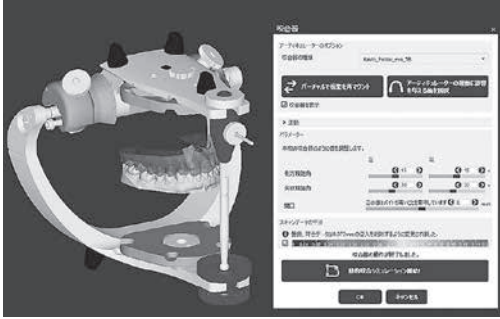


図6：ヴァーチャル半調節性咬合器
下顎運動経路は直線で再現される。

咀嚼運動経路を反映したクラウン（以下 Chewing movement Cr：Ch-Cr）それぞれの機能的咬合面をヴァーチャルワックスアップした。

4. データ分析

製作した4種類のクラウンデータは Stereolithography（以下 STL）データとして出力し、画像処理ソフト（Geomagic wrap, 3D Systems, U.S.A.）で補正した。その後、画像重ね合わせソフトウェア（GOM Inspect, GOM, Germany）でベストフィットアルゴリズムによる重ね合わせを行った。Se-Cr, Ec-Cr, Ch-CrそれぞれのSTLデータとBase-CrのSTLデータを重ね合わせ、咬合面形態の垂直的变化量の最大値を測定した（図7）。

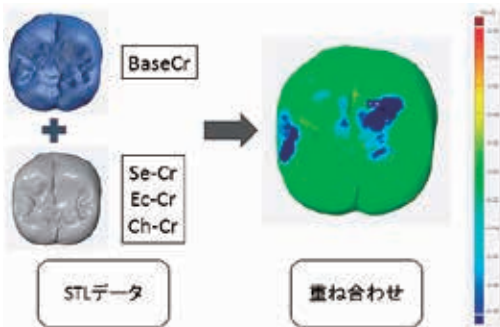


図7：Base-CrとSe-Cr, Ec-Cr, Ch-Crの重ね合わせ
Base-CrにSe-Cr, Ec-Cr, Ch-CrそれぞれのSTLデータをベストフィットアルゴリズムにより重ね合わせ、変化する部位の垂直的な変化の最大値を測定した。

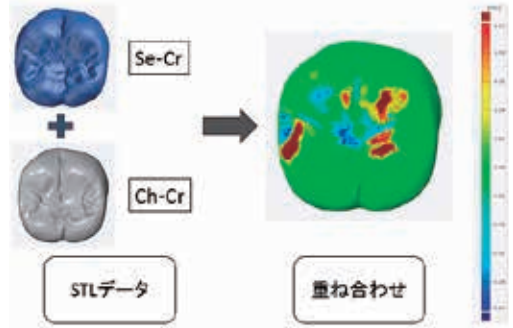


図8：Ec-CrとCh-Crの重ね合わせ
Ec-CrとCh-CrのSTLデータをベストフィットアルゴリズムにより重ね合わせ、変化部位の違いを観察した。

次に、Ec-CrとCh-CrのSTLデータを重ね合わせ、下顎運動経路によるクラウン形態の変化を観察した。青のカラーマッピング部分はCh-CrがEc-Crより多く変化する部分であり、赤のカラーマッピング部分はEc-CrがCh-Crより多く変化する部分を示している。カラーレンジは±100μmに設定した（図8）。使用しているソフトウェアの検出できる最小単位は±10μmである。

得られたデータは統計解析ソフトウェア（SPSS statistic24.0, IBM Japan, Japan）を用いてFriedman検定ならびにPost-Hoc TestとしてBonferroni法を行った。有意水準は5%とした。

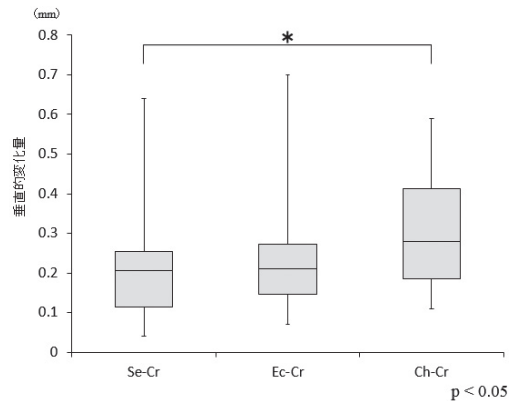


図9：Se-Cr, Ec-Cr, Ch-Cr垂直的变化量の比較
Ch-Crの垂直的变化量は0.29mmであり、Se-Crの0.23mmと比較し有意に大きな値を示した（ $p < 0.05$ ）。

結 果

Ch-Cr の垂直的変化量は 0.29 mm であり、Se-Cr の 0.23 mm と比較し有意に大きな値を示した ($p < 0.05$)。また、Ec-Cr は 0.26 mm であり、Ch-Cr、Se-Cr と比較し、統計学的有意差は認めなかった (図 9)。

また、被験者ごとの偏心運動と咀嚼運動時の垂直的変化量の比較を図 10 に示す。被験者 21 名中、咀嚼運動と比較して偏心運動の変化量が大きい被験者が 6 名、偏心運動と比較して咀嚼運動の変化量が大きい被験者が 14 名、変化がなかった被験者が 1 名であり、個人差があることが認められた。

図 11 に Ec-Cr と Ch-Cr の STL 重ね合わせ像を示す。全ての被験者において、形態の変化が観察された。被験者 21 名中 15 名で赤と青のカラーマッピングが混在しており、4 名が青のカラーマッピングのみ、2 名が赤のカラーマッピングのみを示した。クラウン形態は全ての被験者で異なっており、変化部位に一定の傾向は認めなかった。

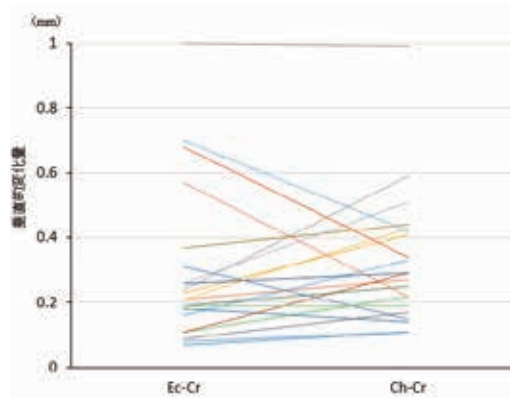


図 10：被験者ごとの偏心運動と咀嚼運動時の垂直的変化量の比較

被験者 21 名中、咀嚼運動より偏心運動の変化量が大きい被験者が 6 名、偏心運動より咀嚼運動の変化量が大きい被験者が 14 名、変化がなかった被験者が 1 名であり、個人差があることが認められた。

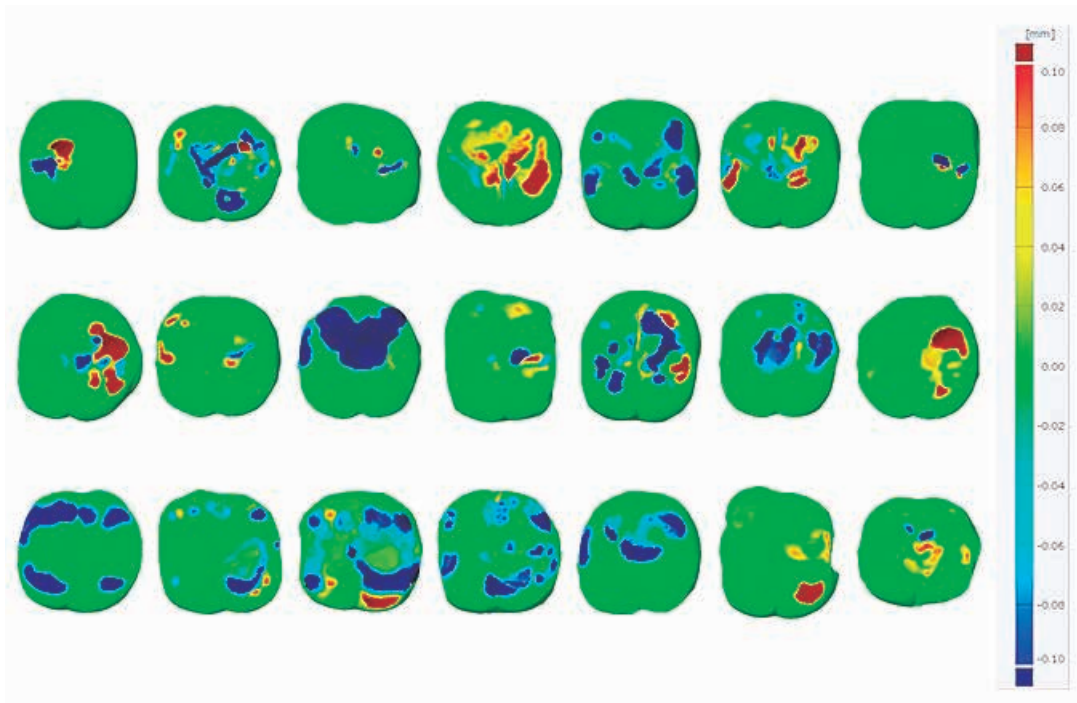


図 11：Ec-Cr と Ch-Cr の重ね合わせ結果

被験者 21 名中 15 名で赤と青のカラーマッピングが混在しており、4 名が青のカラーマッピングのみ、2 名が赤のカラーマッピングのみを示した。クラウン形態は全ての被験者で異なっており、変化部位に一定の傾向は認めなかった。

ングのみ示した。クラウン形態は全ての被験者で異なっており、変化部位に一定の傾向は認めなかった。

考 察

本研究はクラウンをデザインする際に、設定する下顎運動経路の違いが、咬合接触到どのように影響を与えるかをヴァーチャル空間で検証した研究である。本研究の結果から、垂直的变化量ではCh-CrがSe-Crと比較し有意に大きい結果を認めた。これはCh-Crが曲線的な咀嚼運動経路を描くのに対し、Se-Crは直線的な偏心運動経路を描くことが影響を及ぼしていると考えられる。また、Ec-Crは、Ch-Crと同様に曲線的な経路を描くこと、Se-Crの運動経路に類似していることから、両者間に差が認められなかったと推察される。このことから、今回対象とした下顎第二大臼歯におけるシングルクラウン製作においては偏心運動と咀嚼運動の経路の違いは咬合面形態の変化量には大きく影響しないことが考えられた。しかし、ベストフィットアルゴリズムを用いて重ね合わせた結果、21名中15名に青と赤のカラーマッピングが混在している現象を認めた。これは被験者の偏心運動と咀嚼運動の経路に違いがあることを示しており、従来法で補綴装置を製作した場合、偏心運動のみでは調整が困難な部位が存在している可能性を示唆している。以上のことから、多数歯の歯冠補綴やブリッジの製作においては偏心運動のみならず咀嚼運動を考慮した設計を行うことで、より患者の口腔内への親和性が高く、装着後のトラブルが少ない補綴装置が製作可能になることも考えられる。

現在、CAD/CAM技術の普及によってモノリシックジルコニアによる補綴が主流となりつつある。ジルコニアは、優れた機械的特性、生体適合性、破壊強度、および高い曲げ強度を示す歯科材料である¹⁴⁾。さらに、モノリシックジルコニアクラウンを用いることで、陶材焼付冠に比べ咬耗やチッピングの問題を減少させることができる。しかし、高い破壊強度を持つこと

により、チェアサイドでの調整が困難という短所がある。しかし、本研究の手法を応用することにより、患者固有の顎運動を再現した咬合面を形成できるため、チェアサイドでの咬合調整時間の短縮にも繋がると考えられる。

本研究のデザインとして、まず被験者の口腔内を印象採得し、製作した作業用模型を技工用バーで仮想支台歯形成した。そこから支台歯をスキャナーで取り込みヴァーチャルワックスアップしたクラウンの咬合面形態を比較した。実際の患者で行う場合は、設計したクラウンのデータをミリングマシンに出力し、ブロックからクラウンを削り出す。患者の口腔内に装着する際には、ミリングの精度や研磨などの技工上の誤差が生じる可能性が考えられる¹⁵⁾。また、セメントスペースの設定がクラウンやブリッジのマージン適合に影響を与えるという報告もあり、この点にも留意する必要がある¹⁶⁾。今回の研究では上記のようなネガティブファクターを可及的に排除することで、より正確なクラウン咬合面形態の比較が出来たと考えられる。本研究で重ね合わせに用いたソフトウェアでは、垂直的变化量のみ測定できるが、面積や体積の測定についても今後検討が必要である。

また、本研究では被験者の印象採得を行い、上下顎模型を咬合器に装着してからスキャンを行っている。このような一連の過程で、印象材の収縮、石膏の硬化膨張、装着時のエラーなどが生じる可能性が考えられる^{17)・18)}。これらを回避するために、硬化した印象の保管、石膏の練和は出来る限りエラーが少なくなるよう配慮した。本研究においてはBase-Crからの相対的な変化量を比較していることから結果へ大きな影響はないと考えられるが、臨床的には問題となることが考えられるため、光学印象などのエラーが少ない手法の確立が望まれる。

現在、口腔内スキャナーと患者の下顎運動データを組み合わせる実験も行われているが、補綴装置の製作手法の確立には至っていない¹⁹⁾。また、口腔内スキャナーとデスクトップスキャナーを比較した研究では、デスクトップスキャ

ナーが最も優れた値を示しているが、口腔内スキャナーも少数歯であれば臨床で許容される精度と真度を有しているという報告がある²⁰⁾。口腔内スキャナーと下顎運動データの統合が可能となれば、本実験での誤差の要素として懸念される印象採得、作業用模型製作、咬合器への装着といったプロセスを除外することができ、精度の向上に繋がると考えられる。

また口腔内スキャナーを用いることで、口腔内の印象採得、石膏注入、トリミング、完成した模型のスキャンなどの手順が省かれる。口腔内スキャンのみを使用して、最終補綴装置を製作するためのデータを技工士に直接送付することもできる。これは歯科医師、技工士の負担軽減に繋がる。この技術は、従来の石膏模型とワックスアップを使用して得られたものと有意差のない補綴装置を製作できることが示されている²¹⁾。さらに、ヴァーチャル模型は、歯科技工プロセスの効率化という点で大きな優位性がある²²⁾。加えてCTデータ、顎運動データを保存しておくことで経時的な変化を観察することも可能となる。

患者の機能運動を咬合面形態に反映する方法としてFGPの概念が長く用いられてきた。従来のロストワックス技術では、FGPをダブルキャスト技術で使用することができた。過去の研究では、ダブルキャストによるFGPテクニックを応用したクラウンにおける咬合面の調整効率と患者の満足度が向上していることが確認されている²³⁾。またFGPテクニックをCAD/CAMに應用した介入研究では、ヴァーチャル平均値咬合器で調整したCAD/CAMクラウン、従来通り咬頭嵌合位のみ調整したCAD/CAMクラウンを患者の口腔内に装着し比較した結果、患者の満足度が大幅に改善し、咬合干渉が少ないため調整時間が短縮されたという報告がある²⁴⁾。本研究はヴァーチャル空間での検証であり、実際に患者の口腔内で調整を行ってはいないが、Se-Crと比較し、Ch-Crの垂直的変化量が有意に小さかったことから、過去の研究結果と同様に、咬合干渉が少なく、

調整時間が少ないクラウン製法であることが示唆された。

本研究で最も考慮すべき項目として考えられるのは、ヴァーチャルワックスアップの形態が垂直的変化量に及ぼす影響である。今回の実験で、ベースとなったクラウンは咬頭嵌合位での理想的なクラウン形態とされるABCコンタクトによる咬合接触を付与したデザインとなっている。すべての被験者で同様のプロトコルに従いデザインを行ったが、対合歯の形態や下顎運動には大きな個体差が存在するため、それが結果に影響を及ぼしたと考えられる。また、本研究では設計したクラウンをヴァーチャル空間上で比較しているが、臨床応用するために実際にミリングしたクラウンを患者の口腔内で調整し、比較することが今後の課題として考えられる。さらに、今回は対象歯を下顎右側第二大臼歯に限定しているが、他の部位または多数歯欠損の場合についての検討も必要である。

結 論

上述した3種の手法によるヴァーチャルワックスアップの結果、偏心運動における半調節性咬合器の直線的な下顎運動経路と、生体に近似した曲線的な下顎運動経路を用いて製作されるクラウン咬合面形態の間には有意な差がないことが明らかとなった。

ヴァーチャル半調節性咬合器上での偏心運動を反映させたクラウンと、実際の咀嚼運動を反映させたクラウンを比較すると、咬合面形態に有意な差を認めた。従って、咬合干渉の少ないクラウンを製作するためには、下顎運動経路を十分考慮する必要があることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、懇切丁寧なご指導と多大なるご協力を賜りました補綴・インプラント学講座の皆様にご心より感謝の意を表します。

利 益 相 反

本研究において開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Mainjot, A. K., Dupont, N. M., Oudkerk, J. C., Dewael, T. Y., Sadoun, M. J.: From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. *J. Dent. Res.*, 95: 487-495, 2016.
- 2) Miyazaki, T., Hotta, Y.: CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust. Dent. J.*, 56: 97-106, 2011.
- 3) Della, Bona, A., Nogueira, A.D., Pecho, O. E.: Optical properties of CAD-CAM ceramic systems. *J. Dent.*, 42: 1202-1209, 2014.
- 4) Li, R. W., Chow, T. W., Matinlinna, J.P.: Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J. Prosthodont. Res.*, 58: 208-216, 2014.
- 5) Taggart, W. H.: A new and accurate method of making gold inlays. *Dent. Cosmos.*, 49:1117-1121, 1907.
- 6) Kenyon, B. J., Hagge, M. S., Leknius, C., Daniels, W. C., Weed, S.T.: Dimensional accuracy of 7 die materials. *J. Prosthodont.*, 14: 25-31, 2005.
- 7) Millstein, P. L.: Determining the accuracy of gypsum casts made from type IV dental stone. *J. Oral. Rehabil.*, 19: 239-243, 1992.
- 8) Heintze, S. D., Albrecht, T., Cavalleri, A., Steiner, M.: A new method to test the fracture probability of all-ceramic crowns with a dual-axis chewing simulator. *Dent. Mater.*, 27: 10-19, 2011.
- 9) Bryant, S. R.: The rationale for management of morphologic variations and nonphysiologic occlusion in the young dentition. *Int. J. Implant. Dent.*, 18: 284-287, 2005.
- 10) Mehl, A., Blanz, V., Hickel, R.: Biogeneric tooth: a new mathematical representation for tooth morphology in lower first molars. *Eur. J. Oral Sci.*, 113: 333-340, 2005.
- 11) Davies, S. J., Gray, R. M., Smith, P. W.: Good occlusal practice in simple restorative dentistry. *Br. Dent. J.*, 191: 365-368, 71-74, 77-81, 2001.
- 12) Solaberrieta, E., Otegi, J. R., Goicoechea, N., Brizuela, A., Pradies, G.: Comparison of a conventional and virtual occlusal record. *J. Prosthet. Dent.*, 114: 92-97, 2015.
- 13) Maestre-Ferrin, L., Romero-Millan, J., Penarrocha-Oltra, D., Penarrocha-Diago, M.: Virtual articulator for the analysis of dental occlusion: an update. *Med Oral. Patol. Oral. Cir. Bucal.*, 17: 160-163, 2012.
- 14) Mitov, G., Anastassova-Yoshida, Y., Nothdurft, F. P., von See, C., Pospiech, P.: Influence of the preparation design and artificial aging on the fracture resistance of monolithic zirconia crowns. *J. Adv. Prosthodont.*, 8: 30-36, 2016.
- 15) Anadioti, E., Aquilino, S. A., Gratton, D. G., Holloway, J. A., Denry, I., Thomas, G. W., Qian, F.: 3D and 2D marginal fit of pressed and CAD/CAM lithium disilicate crowns made from digital and conventional impressions. *J. Prosthodont.*, 23:610-617, 2014.
- 16) Kale, E., Seker, E., Yilmaz, B., Ozcelik, T. B.: Effect of cement space on the marginal fit of CAD-CAM-fabricated monolithic zirconia crowns. *J. Prosthet. Dent.*, 116:890-895, 2016.
- 17) Naumovski, B., Kapushevska, B. Dimensional Stability and Accuracy of Silicone - Based Impression Materials Using Different Impression Techniques - A Literature Review. *Pril. (Makedon. Akad. Nauk. Umet. Odd. Med. Nauki)* , 38: 131-138, 2017.
- 18) Michalakis, K. X., Asar, N. V., Kapsampeli, V., Magkavali-Trikka, P., Pissiotis, A. L., Hirayama, H.: Delayed linear dimensional changes of five high strength gypsum products used for the fabrication of definitive casts. *J. Prosthet. Dent.*, 108: 189-195, 2012.
- 19) Stavness, I. K., Hannam, A. G., Tobias, D. L., Zhang, X.: Simulation of dental collisions and occlusal dynamics in the virtual environment. *J. Oral. Rehabil.*, 43: 269-278, 2016.
- 20) Fukazawa, S., Odaira, C., Kondo, H.: Investigation of accuracy and reproducibility of abutment position by intraoral scanners. *J. Prosthodont. Res.*, 61:450-459, 2017.
- 21) da Costa, J. B., Pelogia, F., Hagedorn, B., Ferracane, J. L.: Evaluation of different methods of optical impression making on the marginal gap of onlaySe-Created with CEREC 3D. *Oper. Dent.*, 35: 324-329, 2010.
- 22) McGuinness, N.J., Stephens, C. D.: Storage of orthodontic study models in hospital units in the U.K. *Br. J. Orthod.*, 19: 227-232, 1992.
- 23) Memon, S.; A Comparative Evaluation of the Effect of Double Casting Technique Using Functionally Generated Path and Conventional Single Casting with Respect to Functional Articulation, Patient Satisfaction and Chair Side Time, in Single Unit Molar Teeth: An In Vivo Study. *J. Indian. Prosthodont. Soc.*, 14: 119-125, 2014.
- 24) Lin, P. T., Jiao, Y., Zhao, S. J., Wang, F., Li, L., Yu, F., Tian, M., Yu, H. H., Chen, J. H.: Occlusion and Disocclusion Time Changes in Single Unit Crowns Designed by Functional Generated Path Technique: A Randomised Clinical Trial. *Sci. Rep.*, 7: 388, 2017.

Evaluation of occlusal contact in CAD/CAM crown with virtual wax-up using mandibular movement data

Kensuke TSUKATANI

Division of Prosthodontics and Oral Implantology, Department of Prosthodontics and Oral Implantology, School of Dentistry, Iwate Medical University
(Chief: Prof. Hisatomo KONDO)

[Received : December 17 2018 : Accepted : January 15 2019]

Abstract : In recent years, the integration of CAD/CAM and mandibular movement data allowed curvilinear condyle movements including chewing movements to be reproducible in virtual space. The purpose of this study was to analyze the effects of the locus of mandible movement on the occlusal contact of the crown in virtual space.

The study group consisted of 21 subjects with no dental problems. Eccentric movements and chewing movements of the subjects were measured by six-degree-of-freedom jaw-tracking device. Data of the locus of mandibular movement was transferred to CAD software and used to design the functional occlusal surface. Three types of crowns were designed, reproducing the mandibular movement by virtual semi-adjustable articulator (Se-Cr) , reflecting eccentric movement (Ec-Cr) , and chewing movement (Ch-Cr) by a six-degree-of-freedom jaw-tracking device. Each type of crown designed by the three different methods were compared with image analysis software.

The vertical deformation of Ch-Cr was 0.29 mm, which was significantly larger than 0.23 mm of Se-Cr. The crown form was different among all subjects, and there was no certain tendency in the deformational position.

In conclusion, those results suggested that the shape of the condylar path and the locus of mandibular movement affected the occlusal contacts.

Key words : CAD/CAM, mandibular movement, chewing movement, virtual semi-adjustable articulator