

歯冠補綴のデジタルワークフローにおける 歯科医師と歯科技工士との連携を考える

田邊憲昌

Collaboration between dentist and dental technician in digital workflow of fixed prosthesis

Norimasa Tanabe, DDS, PhD

抄 録

近年のデジタル技術の発展は歯科医療の形態をも変えつつあり、デジタルデンティストリーという新しい学問も確立されつつある。とりわけ技工操作においては、デジタルワークフローがもたらすメリットは大きいものとなっている。しかし、これまでの手技とは全く異なるため、臨床的に歯科医師と歯科技工士双方にどのようなメリットがあるのか未だ不明な点も多い。

デジタルワークフローによる歯冠補綴が歯科医師と歯科技工士とが連携して行う歯科医療の現場において、どのような役割を果たすことができるのかを現状に即して考察した。

キーワード

歯冠補綴，デジタルワークフロー，歯科技工

ABSTRACT

Digital technology that has developed in recent years has changed the traditional dental treatment, and a new treatment called digital dentistry has been developed. Digital workflow has many advantages, especially for fixed prosthodontic treatment by dental technicians. Because it differs from traditional dental procedures, there are still many unknowns as to what is clinically beneficial to dentists and dental technicians. By analyzing the current situation, we examined how digital dentistry affects fixed prosthodontic treatment.

Key words:

Fixed prosthodontic treatment, Digital workflow, Dental technology

I. はじめに

近年の歯科技工においては、デジタルデンティストリーの急速な普及がさまざまな影響を与えており、クラウン・ブリッジ領域においては、これまで加工が難しかったジルコニアを用いた補綴装置製作もミリングマシン導入により可能となり、さらに、近年のCAD/CAM冠の保険収載もあり、歯科技工の現場はすでに大きな変革の時を迎えている。

一方、本邦における歯科技工士の数は年々減少して

おり、全国の歯科技工士養成機関への入学生の数¹⁾は平成7年度には3,000人を超えていたものが平成30年度には1,000人を切り、充足率も1.06→0.59へと大きく減少している(図1)。このことから、現在、全国で歯科技工士の養成機関も減少し、歯科技工士の不足が問題となってきている。入学者の減少の要因としては、賃金や労働時間・環境などの要因や、少子化問題などいくつかの要因が影響することが考えられており、今後の歯科医療界全体で解決すべき問題として挙げられる。

“働き方改革”が提唱される現在の社会情勢におい



図1 全国の歯科技工士養成機関への入学者数の変遷

平成7年度には3,192名であったものが、平成30年度には991名と大きく減少しており、歯科技工士養成機関数も年々減少している。

て、これまでのような長時間の労働を要する歯科技工を取り巻く環境をこのままの形で存続することは困難と考えられ、今後、デジタルワークフローを活用することで歯科医師と歯科技工士の連携をさらに図り、より効率的で高度な歯科医療を提供していくことがこれらの問題の解決の手助けとなると考えられる。

II. 歯冠補綴へのデジタル技術導入の現状

平成26年4月にCAD/CAM冠が保健医療に導入され、現在では大白歯の一部まで適応が拡大されてきている。CAD/CAM冠装着による患者側の評価は極めて高く、98.6%が満足しているとの調査結果²⁾もあり、今後さらにCAD/CAM冠を装着する症例は増加していくものと推察される。接着の手技やブロックの物性も各メーカーの努力により大幅に向上してきており、臨床成績も良好である³⁾。しかしながら、現状では、保険診療においてCAD/CAM冠を製作する場合にはいくつかの制限がある。使用できるブロックはハイブリッドレジンブロックのみであり、また、現在、広く普及してきている光学印象法についても使用できない。ブリッジや連結冠にも対応していないため、適応できる症例も限定される。製法としては、従来の鋳造冠と同様に印象採得を行い、石膏模型を製作する必要がある(図2)。したがって、保険診療においてはワックスアップや鋳造といった一部の技工工程についてはデジタル技術が活用されているが、今後もデジタルワークフローを拡大する余地は大きいと考えられる。

一方、私費診療においては保険診療のような制限は

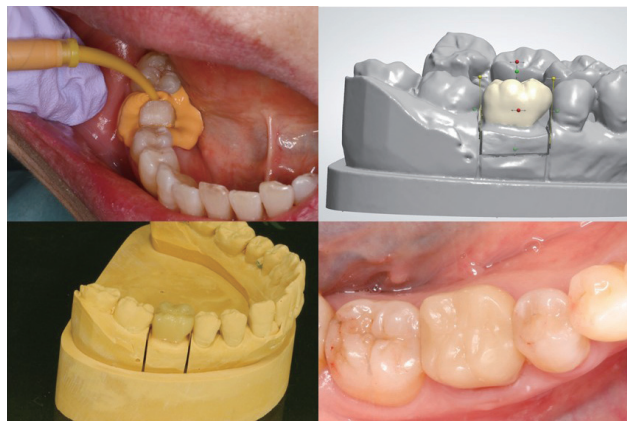


図2 ハイブリッドレジンブロックによるCAD/CAM冠

現在の保険診療においては印象材による印象採得と石膏による模型製作が必要である。

少なく、使用できる材料もジルコニアをはじめとしたセラミック系の材料も広く使用でき、強度や審美性に優れた材料を使用できることから、ブリッジや連結冠へも適用できる。また、光学印象による補綴装置の製作も可能であり、より多くの技工操作をデジタル技術で代行することが可能となっている。

今後、3Dプリンターやバーチャル技術の進歩と共にさらに歯科技工へのデジタル技術導入は進むと思われるが、現状で最も歯科技工において普及しているのはブロックのミリングによるCAD/CAM冠であり、全国の歯科技工所でも導入されている。また、現在のCAD/CAMシステムでは多くの場合、CADソフトにバーチャル咬合器が付帯しており、従来使用していた咬合器の機能をデジタル信号化して、模型や咬合器を使用することなく技工ができるようになっている(図3)。

今後は歯科技工を行う場合にもCAE(computer aided engineering)がより多く導入されていくと思われる。歯冠補綴においては、歯の形態が明確であることから、工業界で広く行われていると同様に製作する補綴装置を、設計の段階においてコンピュータ上で構造解析、応力解析によって運動や機能をシミュレーションして、より予知性の高い補綴装置の製作ができるようになっていくことが考えられる。すでに有限要素法を用いたブリッジの設計時の分析(図4)なども行われるようになってきており、今後は下顎運動記録と連携することで、より正確な下顎運動を用いた補綴装置の製作方法も広く普及していくと思われる。

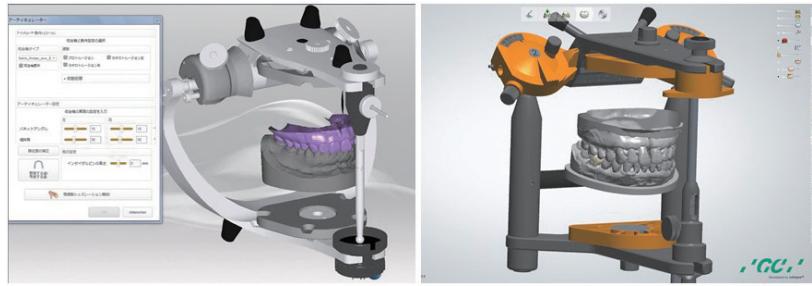


図3 バーチャル咬合器

各社の CAD ソフトに従来の咬合器と同様に使用できるバーチャル咬合器機能が組み込まれている。

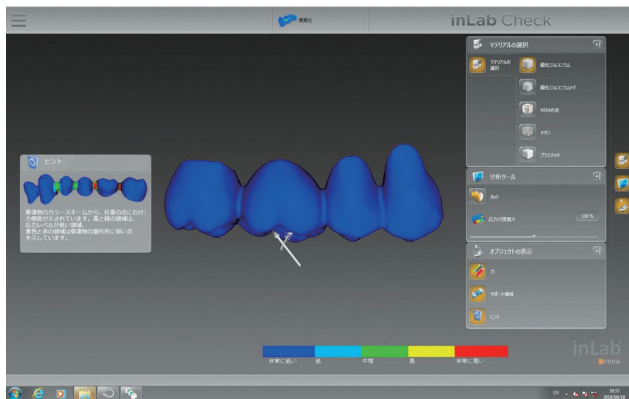


図4 ブリッジの設計における力学的な解析

有限要素法によるブリッジの力学的な解析機能がラボ用のソフトに組み込まれている。

III. バーチャル咬合器と下顎運動

従来の歯科技工において、特に複雑な補綴歯科治療を行う際には、咬合器の使用は必須であり、古くから生体の持つ顎顔面の形態や構成要素を精密に記録することで、患者固有の下顎運動を正確に再現し、より調整量の少ない補綴装置を製作する試みが行われてきた。前述のように、現在の CAD/CAM システムにおいてもバーチャル咬合器としての機能が CAD ソフトに組み込まれており、疑似的な下顎運動をソフト上で行わせることが可能である。しかしながら、多くの場合は平均値咬合器や半調節性咬合器に類似した機能であり、生体の下顎運動を正確に反映しているとは言い難い。これらの咬合器を用いた場合には、生体では曲線的な下顎運動を行うものが、近似的に直線で再現されてしまう限界がある。これまでも、全調節性咬合器とパントグラフを用いた方法や特殊咬合器と FGP テクニックを用いた方法などで、実際の曲線的な下顎運

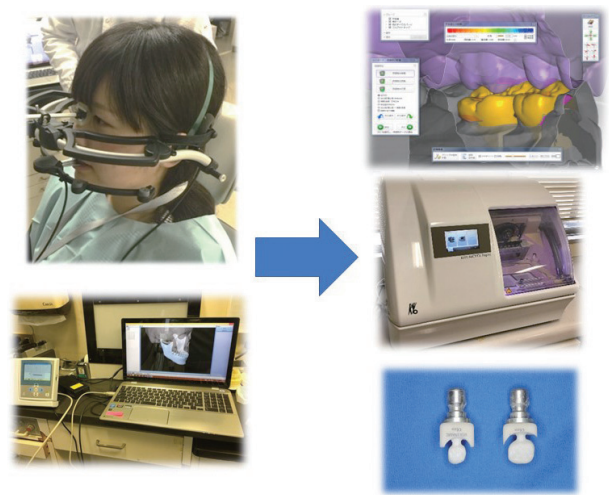


図5 実際の下顎運動と CAD/CAM の連携

実際に患者の行う下顎運動を CAD ソフトと連携することで、クラウンの咬合面形態を機能的に製作することが可能となっている。

動を咬合器上で再現する試みは行われてきたものの、操作の煩雑さや、下顎運動の再現性の限界もあり、広く臨床応用されているとは言い難い。

現在、CAD/CAM システムと実際の下顎運動記録を連携させて、クラウンの咬合面形態を設計することができるシステム (図 5) が開発され、臨床応用されている⁴⁾。実際の下顎運動を用いることで口腔内での調整量の少ない補綴装置を製作できる可能性が考えられる。また、これまで技工室では見えなかった患者の実際の歯列を含めた下顎運動の情報を可視化して歯科医師と歯科技工士で共有できることは大きなメリットと思われる。

デジタル技術の進歩により、このような実際の下顎運動データを用いてクラウン咬合面形態が製作可能となったことから、我々は実際に患者から記録した下顎運動を用いて、クラウンのバーチャルワックスアップ

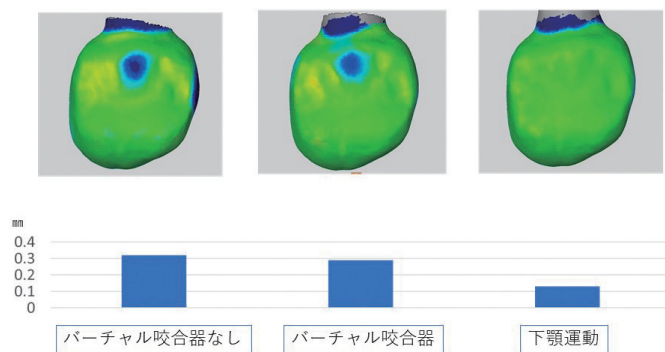


図6 バーチャル咬合器と実際の下顎運動を用いた場合のクラウン調整量の比較

咬合調整前と後の歯冠形態の画像データを重ね合わせた。下顎運動を用いて製作したクラウンが最も調整量が少ない結果となった。

を行い、調整量を比較する検討を行った(図6)。バーチャル咬合器を用いない場合と、バーチャル半調節性咬合器、実際の下顎運動記録を用いたものを比較した結果、実際の下顎運動を反映して製作したものが最も調整量が少ない結果となった。より多数歯の補綴歯科治療や、ロングスパンの補綴装置の製作時にはより有効と考えられ、技工を行う際もよりエラーの少ない補綴装置製作が可能になると考えられる。

IV. 口腔内スキャナーの活用

近年は、口腔内スキャナーの臨床応用が現実的なものとなり、各メーカーから様々な特徴を持った機器が発売されている(図7)。補綴装置の製作に大きな変革の時が来たと感じられる。従来法で印象採得して石膏模型を製作する場合と比較して、口腔内スキャナーによる光学印象採得は、印象の変形や石膏の硬化膨張などのエラーを包括しないため精度の高い補綴装置を製作できる可能性がある。すなわち、補綴装置製作のための新しいデジタルワークフローが確立されつつある。口腔内スキャナーの一般的特徴として、①印象材・石膏模型が不要、②開口量が少なくても印象採得が可能、③形成と印象の評価がその場で可能、④正確な咬合採得が可能、⑤嘔吐反射のある患者にも適用可能、⑥誤飲、誤嚥のリスクを回避であることなどが挙げられる。

しかし、これまでの手技とは全く異なるため、技工士に対しては、新しい装置の設置と製作方法に関する知識の修得を求めることになる。また、これら最新のデジタル機器を応用した診断や治療の精度について



図7 各種の口腔内スキャナー

各社から様々なスキャナーが販売されている。

- ①セレック AC オムニカム (Sirona)
- ②3M トゥルー デフィニション スキャナー (3M)
- ③Trios3 (3Shape)

は、印象材を用いる従来法と比較した報告は少なく、未だ不明な点も多い。そして、口腔内スキャナーの印象精度はいかほどか、従来法との差異はあるのか、多数歯欠損にも適用可能か、という疑問は誰しもがいたくところである。

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⁵⁾。3歯欠損を想定した基準モデルでの精度に関する誤差は、初期型の1機種(COS)を除けば、最大でも15μm以下で、技工用スキャナー(KaVo)と比較しても有意差はなかった(図8)。

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、誤差の要素として懸念される印象採得、作業用模型製作、咬合器への付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、口腔内の印象を採得し、得られた模型に石膏を注ぎ、トリミング、完成した模型をスキャンするといった従来の手順が省かれる。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⁶⁾。

従来法と比較し、口腔内スキャナー、技工用スキャナーを用いるメリットは他にもある。バーチャル模型は、歯科技工プロセスの効率化に寄与している。デジタル化された模型は、効率、利便性、耐久性、および

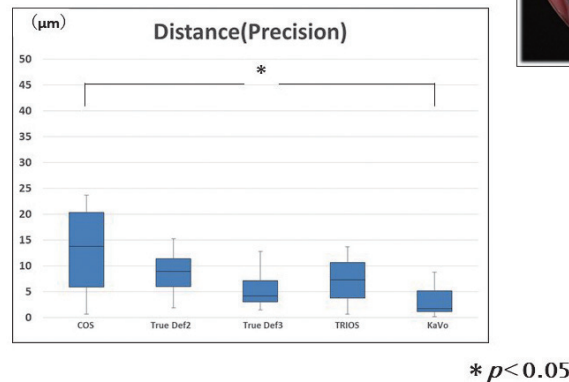


図8 口腔内スキャナーの精度

3 歯欠損を想定した基準模型での精度に関する誤差は、初期型の 1 機種 (COS) を除けば最大でも $15\mu\text{m}$ 以下で、技工用スキャナー (KaVo) と比較しても有意差はなかった。

スペース効率の点で、大きな利点がある⁷⁾。

多くの機器や材料を必要としないワークフローは効率の良い歯科治療の手助けとなり、歯科医師・歯科技工士双方にメリットがある。石膏模型では得られない色調等の情報が得られる機種もあり、これからもさまざまな機能が追加されていくと思われる。

V. おわりに

歯科技工士実態調査⁸⁾によれば 2012 年度には歯科医院に勤務する歯科技工士数は全体の 37.8%であったのに対して、2018 年度の調査では 31.0%まで低下している。逆に、2018 年度の歯科技工所勤務の歯科技工士は 50%を超えており、院外歯科技工所に勤務する歯科技工士が増加しているといえる。このことから、今後は歯科医院と院外歯科技工所とのコミュニケーションを充実させることが今以上に重要になってくる。歯科医師と歯科技工士が良好な連携を図るためには、患者に提供する補綴装置の形態や機能について同じイメージや情報を共有することが必要である。

今後、CAD/CAM システムを中心とするデジタルワークフローがより一般化することによって、歯科医師による検査、診断で得られた口腔内情報がデジタル情報として歯科技工士に伝達され、その情報を十分に活かした補綴装置の製作が歯科技工士には求められる。IT 技術による精度の高いネットワーク化された情報伝達によって、これまで以上にクオリティーの高い補綴装置の提供が可能となることが望まれる。従来

のように歯科技工指示書をもとに補綴装置を製作するだけではなく、他のデジタル信号化された情報媒体を介してより詳細な情報とともに連携する必要がある。これにより、従来、遠隔地のために十分な歯科医療を提供が難しかったために発生した都市部と地方での格差を減少させることも可能であると思われる。また、歯科技工士の在宅勤務などの新たな就業形態へも対応可能になることも考えられる。

今後、口腔内スキャナーなどの新しい診療機器が普及することで歯冠補綴のワークフローはさらに拡大していくと考えられる。従来の歯科技工士の“職人技”はデジタル世代においても必要であることに変わりはないが、デジタルワークフローを活用することで、より高度な歯科医師 (チェアサイド) と歯科技工士 (ラボサイド) の橋渡しとなることが期待できる。

利益相反

開示すべき利益相反はない。

文 献

- 厚生労働省保健局医療課. 平成 30 年第 3 回歯科技工士の養成・確保に関する検討会資料 <https://www.mhlw.go.jp/content/10801000/000331241.pdf>
- 末瀬一彦, 橋高又八郎, 辻 功, 澤村直明. 小白歯 CAD/CAM 冠導入 2 年後の臨床経過に関する調査研究. 日補綴会誌 2019; 11: 45-55.
- 新谷明一, 三浦賞子, 小泉寛恭, 疋田一洋, 峯 篤史. CAD/CAM 冠の現状と将来展望. 日補綴会誌 2017; 9: 1-15.
- 近藤尚知, 塚谷顕介, 田邊憲昌. 顎運動計測システム

- と CAD/CAM システムの融合. QDT 別冊 DIGITAL DENTISTRY YEAR BOOK 2018 ; 295-302.
- 5) Fukazawa S, Odaira C, Kondo H. Investigation of accuracy and reproducibility of abutment position by intraoral scanners. J Prosthodont Res 2017; 61: 450-459.
- 6) da Costa JB, Pelogia F, Hagedorn B, Ferracane JL. Evaluation of different methods of optical impression making on the marginal gap of onlaySe-Created with CEREC 3D. Operative dentistry 2010; 35: 324-329.
- 7) McGuinness NJ, Stephens CD. Storage of orthodontic study models in hospital units in the U.K. Br J Orthod 1992; 19: 227-232.
- 8) 公益社団法人 日本歯科技工士会. 歯科技工士実態調査報告書 2018.
-
- 著者連絡先：田邊 憲昌
〒020-8505 岩手県盛岡市中央通 1-3-27
Tel: 019-651-5111 (内線 4127)
Fax: 019-654-3281
E-mail: ntanabe@iwate-med.ac.jp