

超高齢社会におけるデジタルデンティストリー

岩城麻衣子^a，羽田多麻木^b，金澤 学^c

Digital dentistry in the super-aged society

Maiko Iwaki, DDS, PhD^a, Tamaki Hada, RDT, PhD^b and Manabu Kanazawa, DDS, PhD^c

抄 録

デジタル技術と医療機器プログラムの進展により、「デジタルデンティストリー」と呼ばれる分野が急速に発展している。デジタルデンティストリーは、これまでの歯科医療の在り方を大きく変える可能性を秘めており、高齢者を含む幅広い患者層に対して、より迅速かつ正確な診断と治療の提供が可能となることが期待されている。本稿では、主に医療機器プログラムとデジタルデンチャーについて、これまで著者らが行ってきた研究を紹介しながら、超高齢社会における歯科医療の役割を再考し、口腔の健康が全身の健康にどのように寄与できるかについて皆様と情報共有させていただく場としたい。

キーワード

デジタルデンティストリー， Milled denture， 3D printed denture， 医療機器プログラム， 超高齢社会

ABSTRACT

In recent years, dentistry has seen rapid advancements in what is known as “digital dentistry,” driven by progress in digital technology and software as a medical device (SaMD). Digital dentistry has the potential to significantly transform traditional dental practices and is expected to enable faster and more accurate diagnosis and treatment for a wide range of patients, including the elderly. This paper introduces digital dentures, the relationship between oral and systemic functions, implant overdentures, and the application of SaMD, based on the research conducted by the authors to date. We hope that this paper will serve as an opportunity to reconsider the role of dentistry in a super-aged society and to share insights into how oral health can contribute to overall health.

Key words:

Digital dentistry, Milled denture, 3D printed denture, Software as a medical device (SaMD), Super-aged society

I. はじめに

日本は世界で最も高齢化が進んでおり、その高齢化率は現在 29.0% に達している¹⁾。さらに、2070 年には 38.7% にまで上昇すると予測されている²⁾。このような急激な高齢化に伴い、医療費の増加は避けられ

ず、歯科治療の分野においても複雑で治療が難しい症例が増加することが見込まれる。一方で、歯科医療従事者の数が減少することが予想されるため、歯科医療の効率化と治療の均質化は今後ますます重要な課題となると考えられる。

このような背景のなかで、デジタル技術と医療機器プログラムの進展により、「デジタルデンティスト

^a 東京科学大学大学院医歯学総合研究科口腔デジタルプロセス学分野

^b 東京科学大学大学院医歯学総合研究科口腔デバイス・マテリアル学分野

^c 東京科学大学大学院医歯学総合研究科高齢者歯科学分野

^a Department of Digital Dentistry, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Institute of Science Tokyo

^b Department of Oral Devices and Materials, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Institute of Science Tokyo

^c Department of Gerodontology and Oral Rehabilitation, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Institute of Science Tokyo



図1 MR デバイスを用いた歯科インプラント外科手術。手指・ハンドピースの動きを遠隔指導可能となる。

- 左：MR デバイスを装着した指導医が、予め登録された患者 3D モデル上で、適切な手の動きを示している様子
- 右：MR デバイスを通じて術者に見えている画像。患者 3D モデルと指導医の手とハンドピースの動きが、術者の MR 視野に投影される。

リー」と呼ばれる分野が急速に発展している。デジタルデンティストリーは、これまでの歯科医療の在り方を大きく変える可能性を秘めており、高齢者を含む幅広い患者層に対して、より迅速かつ正確な診断と治療の提供が可能となることが期待されている。我々、東京科学大学高齢者歯科学分野と口腔デジタルプロセス学分野では、デジタルデンチャー、口腔機能と全身機能の関係、インプラントオーバードンチャー、そして医療機器プログラムの応用に関する研究を進めてきた。本稿では、これまで著者らが行ってきた研究を紹介しながら、超高齢社会における歯科医療の役割を再考し、口腔の健康が全身の健康にどのように寄与できるかについて皆様と情報共有させていただければ幸いである。

II. 医療機器プログラムの開発と評価

1. MR デバイスによる歯科インプラント手術支援

近年、歯科治療、特に歯科インプラント治療へのデジタルワークフローの導入は、複雑な歯科インプラント治療の効率化やクオリティコントロールに有効であることが示されている。そこで我々は、汎用性の高いMR デバイス (HoloLens 2, Microsoft) を用いて、MR (Mixed Reality) でインプラント埋入手術の遠隔指示が行えるシステムの開発を開始した。このシステムにより、大型の装置やモニターを必要とせず、術者は従来どおり術野に集中して手術を行いながら、手術経験の浅い術者は、経験豊富な歯科医師からリア

ルタイムでの指導を受けることが可能となる。また、デジタルデバイスの導入により、これまで数値化されなかった「神の手」すなわち卓越した治療手技（術者の手、ハンドピースやバーの動き）がデータとして蓄積可能となる (図1)。そこで、本研究では、トラッキング可能なMR デバイスを用いて、歯科インプラント手術における適切な手技に関するアルゴリズム作成とデータ蓄積が可能なデータベース構築を行ったのち、MR 技術を用いた新しい手術支援システムについて臨床的に評価を行うことを目的とし、現在データを収集している。

本研究により、これまで数値化や蓄積が困難であったインプラント外科手術についてのアルゴリズム作成が可能となり、術者の経験値に左右されない、より適切で安全性の高い手術が実施可能となる。また、さまざまな歯科治療への応用が可能である。さらに、今後の遠隔歯科診療やロボットによる歯科診療の技術開発における基盤研究となることが期待される。

2. 歯周病治療支援アプリケーション

歯周病は、日本人の45歳以上の過半数に見られる代表的な歯科疾患であり、糖尿病、成人病などと並ぶ生活習慣病の一つに位置付けられている。歯周病の治療には、医療機関での治療時間以外の口腔衛生習慣や生活習慣の改善が必須であり、日常生活における治療支援が可能なモバイル端末を利用した治療支援アプリケーション (アプリ) が有効であると考えられる。そこで我々は、歯周治療後のメンテナンスにおいて、

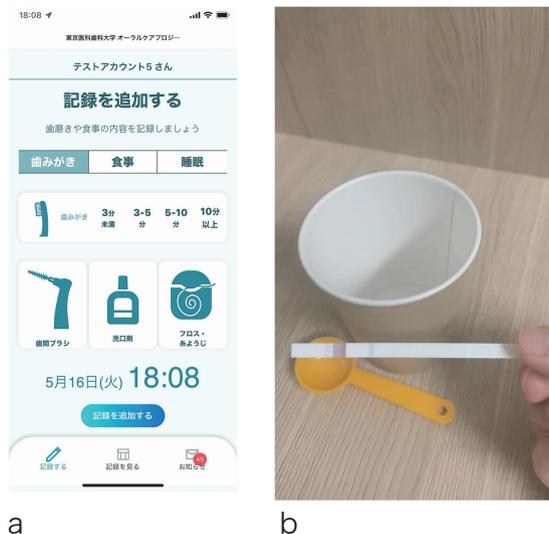


図2 歯周病治療支援アプリケーション

- a. 実際のスマホ画面
b. 唾液潜血試験 (ペリオスクリーン, サンスター)

通常のメンテナンスに加えてスマートフォンを活用した歯周病治療支援アプリケーションによる支援が歯周組織の状態に及ぼす影響を検討することを目的とし、臨床研究を実施している。

このアプリは、図2に示すように唾液潜血試験などの他のツールとの組み合わせにより、毎日のプラークコントロールと生活習慣を管理できる構成となっている。歯周治療終了後のメンテナンス/SPT患者に対し、通常のメンテナンス（歯周組織検査、ブラッシング指導、歯面清掃）を実施したのち、介入群とコントロール群を設定し、無作為化比較臨床試験を行っている。介入群には歯周病治療支援アプリケーションを使用してもらい、口腔清掃状態、食事内容、睡眠時間、朝の口腔内状態、唾液潜血試験（ペリオスクリーン、サンスター）の結果を記録してもらった。一方、コントロール群にはダミーのアプリケーションを使用してもらい、1か月後の両群のPPD、BOP、PCR、PI、GIを比較した。その結果、メンテナンスにおける歯周病治療支援アプリケーションは、歯周組織の状態改善に有効である可能性が示された。

3. 口腔筋機能療法 (MFT) 支援アプリケーション

成長期の悪習癖は顎顔面の正常な発育を妨げ、不正咬合の要因となるため、習癖を修正する治療が重要である。口腔筋機能療法 (MFT) は、口腔習癖除去に有効な方法として広く行われてきた。しかし、自宅でMFTトレーニングを持続的にサポートすることは難しく、近年ではオンラインでのMFT指導を提供する



図3 MFT (口腔筋機能療法) 支援アプリケーション「PaTaKa」。毎日のトレーニングの動機づけ、記録、モニタリングが可能である。

- a, b. 実際のスマホ画面
c. 動画を見ながらカメラで自分の顔を撮影してMFTを実施。課題達成するとポイントが付与されるなど、ゲーム感覚で行える。

動きが散見されるが、その臨床効果については十分な検証が行われていない。そこで、MFT支援用医療機器プログラムであるスマートフォンアプリケーション「PaTaKa」(図3)を使用し、通院による矯正治療とアプリを利用したMFTの併用により不正咬合の改善について、臨床評価を行っている。

上顎前突と診断された8歳の女兒患者の例を紹介すると、患者は月1回通院し、矯正治療および歯科衛生士による対面でのMFT指導を受け、さらにPaTaKaを使用して自宅にて1日1回程度のMFTを実施した。PaTaKaでは、MFTのトレーニング方法の動画に合わせてトレーニングを行う様子を、スマートフォンのインカメラを用いて表示し、適切に実施できているかみずから確認しながらトレーニングを行った。また、トレーニング履歴を記録し、リマインド機能により患者にトレーニングの時間を通知して、規則的な実施を促した。患者の研究参加期間中のトレーニング実施率は65.0%であったが、6か月間の矯正治療とMFTを行った結果、オーバージェット、オーバーバイト、口唇閉鎖力、咀嚼能力の改善や舌位の改善が認められた。このように、MFT支援アプリケーションを併用した口腔筋機能療法と矯正装置による治療により、口腔習癖と不正咬合が改善された症例を経験している。

4. 色変わりガムによる咀嚼能力評価

当分野では、長年、簡便かつ迅速に行うことができ咀嚼能力評価法として、咀嚼の進行により色が変わ



図4 咀嚼チェックガム 色判定アプリ (スマホ用)

嚼んだガムを専用の「測定用台紙」に乗せ、スマホのカメラで撮影し、AIによる画像分析を行い、咀嚼能力判定結果を出す。嚼んだガムの色判定には、色彩色差計、カラースケールとこの咀嚼チェックアプリを使用する方法があるが、アプリは誰でも使用できて精度も十分であるという利点がある。

るガム「キシリトール咀嚼チェックガム」をロツテと共同開発してきた。これまで、このガムについては咀嚼能力評価法としての有用性を確認するとともに、他の咀嚼能力評価法や咀嚼能力背景因子との関連について検討を進めエビデンスの付与を行ってきた³⁾。そして現在では、非常に多くの歯科医療現場や臨床研究などで本製品の活用が見られている。このガムの色判定の方法として、これまで色彩色差計とカラースケールが用いられてきたが、近年、より簡便で精度を向上させる目的で、新たな評価手法の開発を行った。それがスマホアプリ「咀嚼チェックアプリ」(図4)を用いる方法である。これはかんだガムを専用の「測定用台紙」に乗せ、スマホのカメラで撮影し、AIによる画像分析を行い、咀嚼能力判定結果を出すというものである。株式会社オーラルケアから2022年2月8日以降に発売された「キシリトール咀嚼チェックガム」には、「咀嚼チェックアプリ」の二次元コードが記載された測定用台紙が同封されている。

III. デジタルデンチャー

1. 口腔内スキャナを用いた顎堤スキャンと現義歯の3Dスキャン

当分野では、2007年よりデジタルデンチャーに関する材料の基礎的物性評価と臨床研究を行っている。本稿では、我々が開発したデジタルデンチャーの臨床

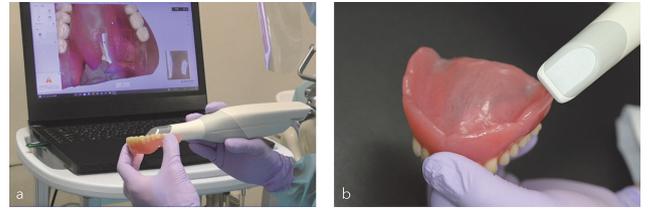


図5 現義歯の3Dスキャン

- a. チェアサイドでの現義歯のIOSスキャン
b. 義歯辺縁のスキャン方法。粘膜面と研磨面を同時にスキャンすることで、データの重ね合わせ作業が円滑に進む。

手順と東京科学大学病院での運用について解説する。

口腔内スキャナ (IOS; TRIOS 4, 3Shape) を用いた顎堤スキャンは、一般的に下顎、上顎、咬合関係の順で行う。上顎のスキャンは、術者1名かつ2-3分ほどで行うことができるのに対し下顎は、唾液が多く舌も介在するため、術者と舌を圧排する助手の計2名が必要であり、スキャン時間も約5-10分と上顎のスキャンと比較して時間を要する。また、非可動粘膜部は通常どおり問題なくスキャンできるが、可動粘膜部は術者もしくは助手による圧排の加減を一定にしなければ、粘膜の動きによってデータが重複してしまうことがあるため、IOSによるスキャンを用いて理想的な義歯形態を得ることは現時点では難しい。

そこで我々は、患者が現在使用している義歯をIOSでスキャンし、3Dデータとして活用する方法を推奨している(図5)。このアプローチにより、現義歯の形態や咬合関係を参考にしながら、比較的簡便にデジタルデンチャーの製作が可能となる。義歯スキャンは、①粘膜面、②義歯辺縁、③咬合面、④研磨面の順で行っている。IOSの被写界深度は限られているため、非常に顎堤がよく、全部床義歯粘膜面の深さが深い場合や大きいアンダーカットがある場合、スキャンが順調に進まないこともある。したがってIOSを用いた義歯スキャンの難易度は義歯粘膜面の形態によると考えており、筆者らは義歯粘膜面を最初にスキャンすることが多い。IOSによるスキャンで最も重要なのが義歯辺縁のスキャンであり、粘膜面と研磨面を同時にスキャンすることで、両者をデータ上でスムーズに統合することが可能である。さらに、スキャン後のデータ処理時間であるレンダリング時間をスキャン工程ごとに確保することで、スキャン作業を円滑に進めることができる。上下それぞれの義歯をスキャンした後、上下の義歯を安定した咬合位で保持し、頬側または唇側からスキャンを行う。これにより、上下の義歯およびそれらの対向関係をデジタルデータとして効率的に取

得することが可能となる。

また、東京科学大学病院では、3D フェイスキャナー (MetiSmile, SHINING 3D) を用いた顔貌のスキュンを積極的に取り入れている。義歯のデザイン時に顔貌情報を活用することで、歯科技工士は瞳孔間線・正中・リップラインの確認、患者は最終補綴のシミュレーションを行うことができ、予知性の高い診療が可能となる。

2. 3D プリント義歯による試適・印象・咬合採得

先述した現義歯の 3D データを STL 形式で出力し、光造形方式の 3D プリンタ (cara Print 4.0, Kulzer) にて、3D printed copy denture を製作する。完成した 3D printed copy denture を試適し、適合と顎間関係の確認後、必要に応じて咬合調整や顎位の修正を行う。また、辺縁形態の調整を行う際には、コピーデンチャーの辺縁を適切にトリミングし、コンパウンドやボーダータイプのシリコン印象材 (エクザデンチャーボーダータイプ, ジーシー) を用いて辺縁形成を行う。辺縁形成用のシリコン印象材は適度な弾性を持ち操作が簡便であるため、迅速な調整が可能となる。しかし、一度の操作で辺縁形態を完成させる必要があり、細かい修正が難しいという課題がある。そのため、顎堤の吸収が著しい症例や、辺縁形態の大幅な修正が必要なケースでは、印象用コンパウンドを使用することもあり、症例ごとに適切な材料を選択している。上下顎ともに、通法に従い患者に必要な機能運動を行わせた後、不要な印象材をトリミングし、流動性に優れたウォッシュタイプのシリコン印象材 (エクザデンチャー, ジーシー) を均一に塗布し、最終印象採得を行う。この方法により、顎堤や義歯床粘膜面の精密な印象が得られる。さらに、顎間関係の記録には咬合採得用シリコン印象材 (エクザバイト II, ジーシー) を用いる。これにより、上下顎の印象と顎間関係が一体となった最終印象体が完成する。

また、CAD ソフトウェア (Dental System, 3Shape) にて、IOS により得られた上下の顎堤スキュンデータから試適用義歯のデジタルデータを作成し、3D プリンタにて製作することも可能である。この 3D printed try-in denture を試適後、義歯形態の修正と顎間関係の補正を行う場合には、先述の 3D printed copy denture の調整同様に、顎間関係を決定した後、上下顎の精密印象採得を行い、最終印象体を完成させる。

その他、顎位の決定が困難な場合や下顎位の診査が必要な症例において、従来法同様にゴシックアーチ (GoA) 描記を行いたい場合には、上下の顎堤スキュ

ンデータ上で GoA 描記板と描記針の取り付けが可能な個人トレーを設計し、3D プリンタで製作することも可能である。それにより、印象採得に続いて GoA を用いた水平的顎間関係記録を行うことができ、前歯部人工歯の排列位置の参考となるガイドをシリコンバイト材で固定し、前歯部排列位置を決定後、最終印象体が完成する。

このように、最終印象体を得るための方法はいくつかあるが、現義歯が利用できる場合は、現義歯そのままの 3D データを活用して製作した 3D printed copy denture は、簡便に効率よく印象・咬合採得を可能にすることから、デジタルデンチャーの臨床において、現在、我々が最も活用している方法である。

3. 最終印象体のスキュンと CAD ソフトウェアによる義歯のデザイン

ラボスキャナ (E3, 3Shape) を用いて最終印象体をデジタル化し、3D モデルを作成する。作成手順としては、まず上顎と下顎の最終印象体をそれぞれスキュンし、その後、印象体の側面から追加スキュンを行い、それらを適切に重ね合わせることで 3D モデルを構築する。スキュン後のデータ編集は、CAD ソフトウェア (3Shape Dental System, 3Shape) 上にて、3D モデルの辺縁以外の不要な部分をトリミングし、無歯顎の上下作業模型とすることで、咬合器装着状態のデジタル模型を構築することができる。最終義歯のデザイン作業は、3Shape Dental System (3Shape) や exocad DentalCAD (exocad GmbH) などの歯科用 CAD ソフトウェアにて行う。このような歯科用 CAD ソフトを用いることにより、あらかじめ咬合させた状態の人工歯テンプレートを利用しながら個々の患者に合わせた微調整を行うことができ、従来の人工歯排列作業の効率化が可能となった。

4. TMDU (Science Tokyo) カスタムディスクを用いた Milled denture

デジタルデンチャーを製作する方法には、大きく分けて 2 種類ある。その一つがミリングマシンにて切削加工する Milled denture である。Milled denture は、理想的な環境下で重合が完了している PMMA ディスクから義歯を削り出すため、重合収縮の影響を受けることがなく、義歯床粘膜面の適合精度が高い義歯を製作することができ、さらに機械的物性も優れている。

現在、我々はこれまでに開発した「TMDU (Science Tokyo) カスタムディスク法⁴⁾」を用いた Milled denture システムの臨床応用を進めている (図 6)。



図6 TMDU (Science Tokyo) カスタムディスク法を用いた Milled denture の製作工程
 a. 外枠のデザイン, b. 外枠のプリント, c. 人工歯の接着, d. 義歯床用レジンの注入,
 e. カスタム PMMA ディスク, f. ミリングマシンへの取り付け, g. ミリング直後, h. 完成義歯

本システムは、患者ごとに人工歯が埋没された切削加工用のディスクを3Dプリンタと義歯床用レジンを用いて製作する方法であり、本システムを採用する利点は多岐にわたる。まず、本システムでは市販のさまざまな既製人工歯を使用できるため、人工歯選択の自由度が高く、審美性と機械的物性の両面で優れた義歯を提供できる。また、床部分と既製人工歯を一体で切削加工することが可能であるため、位置ずれや両者の接着も化学的に接着処理されているため問題ない。さらに、咬合面を個々の患者に合わせてカスタマイズできるため、各患者の咬合様式に適した義歯の設計が可能となる。

TMDU (Science Tokyo) カスタムディスクは、汎用CADソフトウェアを用いて、ディスク外形かつディスク基底面に人工歯咬合面を記録したソケット形態を付与した外枠データを設計し、3Dプリンタ (Form 3, Formlabs) で造形するところから始める。次に、サンドブラスト処理およびフィットレジンプライマー (松風) を塗布した既製人工歯を3Dプリント後のカスタムディスク外枠の基底面ソケット部分にシアノアクリレート系の接着剤で固定する。流し込み用の義歯床用レジン (フィットレジン, 松風) の粉液を混合し、人工歯の固定されたディスク外枠に表面張力が生じるまで注ぎ入れ、レジン表面が艶消し状になった段階で加圧重合器 (フィットレジンマルチキュア, 松風) にて加熱加圧重合後、室温まで冷却しディスクが完成する。完成したカスタムディスクはミリングマシン (DWX-52D, DGSHAPE) にセットし、事前にデザインした最終義歯データを使用して切削加工を行う。切削後は、サポート部分を技工用バーで切断し、最終研磨を施して Milled denture が完成する。

このカスタムディスク法を用いた Milled denture については、当分野で患者20名に対する前向き臨床研究を行い、患者報告アウトカム⁵⁾や費用対効果⁶⁾を分析した。その結果、Milled denture は従来法全部床義歯よりも患者満足度に対する費用対効果が高く、また、従来法同様に患者の咀嚼能力向上に効果的であったことが示された。このTMDU (Science Tokyo) カスタムディスク法については2023年1月に国内に続いて米国特許を取得し、現在欧州特許の出願中である。さらに、2023年9月より東京科学大学病院において私費診療にて患者への提供を開始している。

5. 3D printed denture

もう一つのデジタルデンチャーは、3Dプリンタを用いて積層造形する3D printed dentureである。義歯用の光硬化性樹脂は薬事承認を得ているが、現時点では保険適用外である点に留意したい。現在臨床応用されている3D printed dentureは光造形 (DLP) 方式の3Dプリンタで造形されることが一般的であり、このシステムでは義歯床 (dima Print Denture Base, Kulzer) と人工歯 (dima Print Denture Teeth, Kulzer) で別々の光硬化性樹脂と3Dデータを用いて、3Dプリント (cara Print 4.0, Kulzer) する。3Dプリントの際にポイントとなるのが、造形角度であり、我々の研究では45度で義歯床を造形した場合、義歯の精度 (真度・再現性) が良好であるという結果を報告している⁷⁾。造形終了後はプラットフォームから造形物を慎重に剥がし、造形物表面の液体樹脂をイソプロピルアルコール (IPA) で洗浄、サポートの除去、人工歯部の仮接着、上下義歯床全体の最終ポストキュア、



図7 フルデジタル部分床義歯の製作工程

a. フルデジタル部分床義歯のデザイン, b. SLMで製作したメタルクラスプ, c. 既製人工歯とメタルクラスプの固定, d. 義歯床用レジン注入, e. カスタムPMMAプレートの切削加工, f. 完成義歯

トリミング、最終研磨を経て、3Dプリントによる全部床義歯が完成する。一方、3Dプリントした人工歯は単色で既製人工歯に比べ審美性に乏しいため、キャラライズ（ナノコートカラー、ジーシー）にて歯冠色を再現することも可能である。また、義歯床用光硬化性樹脂は曲げ強さが低い傾向にあり、義歯床が破折しやすい可能性があるため、義歯床の厚みや人工歯の排列位置、適合に注意する必要がある。義歯修理は、通法通り破面を一層バーで切削した後、サンドブラストおよびプライマー処理を行い、常温重合レジンで対応可能である。

3D printed denture と従来法による全部床義歯については、鶴見大学と東京科学大学が共同で実施した無作為比較臨床研究の結果、3D printed denture 装着時の口腔関連 QoL (OHRQoL) が従来法と同等かつ患者満足度は両者の間に有意な差が認められなかったことが示された⁸⁾。さらに、コストは3D printed denture のほうが少なかったことも報告予定である。一方で、3D printed denture は、義歯床用光硬化性樹脂の機械的物性がミルド義歯と比較して劣る点や、長期使用における耐久性に課題が残ることが指摘されている。

6. 東京科学大学病院でのデジタルデンチャーの運用

現在、東京科学大学病院では、さまざまなデジタルデンチャーに関する臨床応用を行っている。そのなかでも代表的な症例として、TMDU (Science Tokyo) カスタムディスク法で製作した上顎全部床義歯に、Co-Cr合金で鋳造した金属フレームワークと、アタッチメ

ントを取り込んだインプラントオーバーデンチャー (IOD) がある⁹⁾。また、TMDU (Science Tokyo) カスタムディスク法で製作したデジタルデンチャーの粘膜面に軟質裏装材で裏打ちした症例や、レーザー積層造形法 (SLM; Selective laser melting) という金属粉末をレーザーで溶かして積層させ、3D部品を造形する技術で製作したメタルフレームワークを部分床義歯に応用した症例なども挙げられる。しかしながら、これらすべての症例において、異種材料の一体化はアナログで行われているため、すべての工程がデジタル化されているわけではなかった。そこで我々は、2023年にTMDU (Science Tokyo) カスタムディスク法を応用し、SLMで造形したメタルフレームと既製人工歯を義歯床に埋包し、一塊でミリングしたフルデジタル部分床義歯の製作方法を開発し、国際誌にて発表した¹⁰⁾ (図7)。本報告は1歯欠損と限られたケースであったため、現在はさまざまな欠損形態によるデジタル部分床義歯の開発にも取り組みつつ、臨床研究も開始している。

CADは義歯のクオリティコントロールを担保しつつ、テクニックセンシティブな従来法を改善し、CAMによる加工は高性能な義歯の製作を可能にする。よって、デジタルソリューションは複雑な治療および技工工程の簡略化と完成義歯の均質化を可能にする。また、技工士の作業環境の向上にも寄与するだけでなく、デジタルデンチャーは従来法よりも費用対効果が高いことも証明されつつある。我が国のような超高齢社会において、今後ますますデジタルデンチャーのニーズは高まることが予想される。

文 献

- 1) 内閣府. 令和5年版高齢社会白書(全体版). 第1章 高齢化の状況. 高齢化の現状と将来像. https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2023/html/zenbun/sl_1_1.html
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所. 「日本の将来推計人口(令和5年推計)」出生中位(死亡中位)推計.
- 3) Kashiwazaki K, Komagamine Y, Uehara Y, Yamamoto M, Nakai H, Bui NHT et al. Effect of gum-chewing exercise on maintaining and improving oral function in older adults: A pilot randomized controlled trial. *J Dent Sci* 2024; 19:1021-7. doi: 10.1016/j.jds.2023.06.029.
- 4) Soeda Y, Kanazawa M, Arakida T, Iwaki M, Minakuchi S. CAD-CAM milled complete dentures with custom disks and prefabricated artificial teeth: A dental technique. *J Prosthet Dent* 2022; 127: 55-8. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.06.020.
- 5) Otake R, Kanazawa M, Iwaki M, Soeda Y, Hada T, Katheng A et al. Patient-reported outcome and cost-effectiveness analysis of milled and conventionally fabricated complete dentures in a university clinic: A retrospective study. *J Prosthet Dent* 2024; 131: 227-32. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.12.024.
- 6) Iwaki M, Kanazawa M, Soeda Y, Hada T, Komagamine Y, Minakuchi S. Effect of digital complete dentures manufactured using the custom disk method on masticatory function. *Heliyon* 2023; 10: e23938. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e23938.
- 7) Hada T, Kanazawa M, Iwaki M, Arakida T, Soeda Y, Katheng A et al. Effect of printing direction on the accuracy of 3D-printed dentures using stereolithography technology. *Materials (Basel)* 2020; 13: 3405. doi: 10.3390/ma13153405.
- 8) Iwaki M, Akiyama Y, Qi K, Sahaprom N, Kohri K, Masumoto M et al. Oral health-related quality of life and patient satisfaction using three-dimensional printed dentures: A crossover randomized controlled trial. *J Dent* 2024; 150: 105338. doi: 10.1016/j.jdent.2024.105338.
- 9) Miyayasu A, Iwaki M, Enomoto K, Kanazawa M. Digital workflow for fabricating an implant-supported overdenture with the custom disk method. *J Prosthet Dent* 2024; 18: S0022-3913(24)00580-8. doi: 10.1016/j.prosdent.
- 10) Akiyama Y, Kanazawa M, Iwaki M, Hada T, Soeda Y, Otake R et al. Fabrication of milled removable partial dentures using a custom plate with prefabricated artificial teeth. *J Prosthodont Res* 2023; 67: 647-51. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_22_00100.

著者連絡先：岩城麻衣子

〒113-8549 東京都文京区湯島 1-5-45
東京科学大学大学院医歯学総合研究科口腔
デジタルプロセス学分野
Tel: 03-5803-5455
E-mail: m.iwaki.gerd@tmd.ac.jp