

学術

ミリング加工による
総義歯製作法の可能性

橋本直樹 Hashimoto Naoki

徳島県歯科技工士会所属
株式会社 シケン

1. はじめに

近年の少子化も影響し、歯科技工士養成校や歯科技工士として歯科技工に従事する29歳未満の就業歯科技工士数は減少傾向にある。また、2022年の厚生労働省衛生行政報告例によると就業歯科技工士の年齢構成では50歳以上の割合が54%を超え、全体の半数以上を占めることから、近い将来歯科技工士高齢化による補綴装置の供給不足が危惧されており、今後の歯科医療に影響を及ぼす可能性が高い。その様な背景の中、歯科医療での大きな変化として、平成26年度診療報酬改定で「歯科用CAD/CAMシステムを用いたハイブリッドレジンによる歯冠補綴装置（全部被覆冠による歯冠修復補綴が必要な重度齲蝕小臼歯に係るものに限る）」が保険収載された。一方で有床義歯補綴装置については、これまで100年以上製作工程に大きな変化がなかったが、デジタル技術進歩がもたらしたデジタル義歯の誕生により、今後義歯製作ワークフローに変化が起こるよう思う。今までの義歯製作では、使用材料によっては膨張収縮を考慮する必要があったが、ミリングを用いたワークフローでは完全重合体であるディスク状の切削用樹脂材を使用するため、膨張収縮を考慮する必要はなくなった。一方で、口腔内での適合精度に大きく影響が出る事が想定される。現在では総義歯をデジタル製作する方法として、3Dプリント義歯とミリング加工義歯に分かれるが、本稿ではミリング加工義歯での考察を報告したい。

2. デジタル製法による利点と問題点

総義歯のデジタル製法の利点としては下記が挙げられる。

- ①義歯製作における煩雑な作業工程の簡素化が可能で、加熱や冷却及び硬化時間のない円滑な作業プロセスが望める。
- ②CADソフトに登録されている様々な人工歯ライブラリーから理想の人工歯を選択できると共に、自動排列機能によって人工歯排列作業が効率化できる。
- ③加熱重合による重合収縮や気泡の発生が少ない義歯床用材が使用可能である。
- ④プロトコル化された工程による安定品質が提供できる。
- ⑤デジタルデザイン上で、上下人工歯咬合間距離を簡便に計測でき製作時の指標が明確である。
- ⑥歯科技工士への教育にも活用できる。

一方で問題点としては、高性能な切削加工機械が必要であることと、使用材料が高額になる傾向があるため、自由診療に限定される点などが挙げられる。

3. ミリング加工方式

ミリング加工義歯の切削方式と特徴を紹介する。弊社ではミリングマシンとしてプログラミルPM7 (Ivoclar Vivadent株式会社) を導入している (Fig.1,2).

Fig.1



Fig.1 ミリングマシン

Fig.2

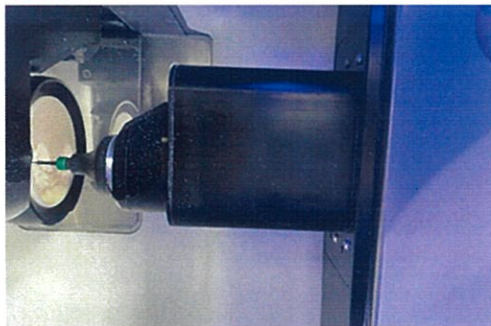


Fig.2 ミリングマシンのチャンバー

(1) 床材 PMMA ディスクと歯冠色 PMMA ディスク接合法

床材PMMAディスクと歯冠色PMMAディスク接合法 (以下, (1) とする) の特徴としては, 人工歯選択する際にグラデーションディスクを使用できることから, 審美性に優れている点が特徴の1つである。

ア. 床色ベースPMMAディスク (Ivotionベース, Ivoclar Vivadent株式会社) を使用し, ラフミリングを行う (Fig.3).

Fig.3



Fig.3 床色ベースPMMAディスク

イ. 人工歯部分も希望される歯冠色を選択可能。

人工歯PMMAディスク (Ivotion Dent Multi, Ivoclar Vivadent株式会社) (Fig.4) を床色ベースPMMAディスクと同じように, ラフミリングを行う。

Fig.4



Fig.4 人工歯PMMAディスク

ウ. ラフミリングを行った床色ベースPMMAディスクと人工歯PMMAディスクを即時重合レジン (以下, 即重レジン) で結合させプレシャポットで加圧し重合を行う (Fig.5). 床色PMMAディスクと歯冠色PMMAディスクをラフミリングした後, 双方を即重レジンで接着する必要がある, その際にズレが生じる可能性があるため注意する.その後プログラミルPM7付属フォルダーに再度セットし, ファイナルミリングを行う。

Fig.5



Fig.5 ラフミリング終了後の写真

エ. 小径の切削工具を使用して追加工を行い, ファイナルミリングを施工し, ミリングは終了となる。

(2) 床人工歯 PMMA ディスク一体ミリング法

床人工歯PMMAディスク一体ミリング法の特徴は, (1) と比較して, 歯冠色PMMAディスクと床色PMMAディスクが一体となったディスク (Fig.6) を使用する点である. 床人工歯PMMAディスク一体ミリング法では接着の必要がないため, (1) と比較してミリング加工時間は短縮される。

Fig.6



Fig.6 床と人工歯一体ディスク

本法は、(1)と比較しCADデザインでの人工歯配置や歯肉形成デザイン設計時に当該PMMAディスクへ情報を歯冠と歯肉の境界線を設定する必要があり、(1)とは別の設定が必要となる。

ミリング加工義歯では、口腔内試適排列用のディスクがあり、弊社ではProArt CAD Try-in (Ivoclar Vivadent株式会社)を使用している (Fig.7)。人工歯と歯肉の境はなく全体的に白色を呈している。

Fig.7

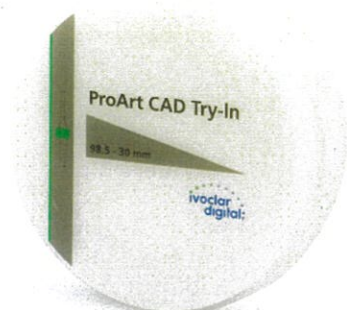


Fig.7 ProArt CAD Try-Inディスク

弊社が使用しているディスクはPMMA素材であるため、従来法のろう義歯試適排列とは異なり咬合圧に対して強度が保持される。そのため患者に口腔内セットをし、日常生活での使い心地を確認する事が出来るのも、本ディスクならではの特性と筆者は捉えている。仮に日常の生活の中で咬合関係もしくは義歯床の大きさに不満が生じれば、完成義歯 (ファイナルミリング) に移行する前に、CADソフトを用いて患者の要望に応じて修正することが可能で、患者の主訴に対応した義歯を提供することも出来る。

4. デジタル総義歯製作法

デジタル義歯ワークフローは下記となる。

- ① 個人トレー製作
- ② ろう提 (Fig.8) 製作
- ③ ゴシックアーチ (GoA) 描記後、咬座印象 (Fig.9)
- ④ GoA咬座印象材をラボスキャナーでスキャンニング (Fig.10)
- ⑤ CAD上での人工歯排列・形成 (Fig.11)
- ⑥ CAMデザインデータインポート (Fig.12)
- ⑦ 仮義歯 (ProArt CAD Try-in, Fig.13) をミリングし完成
- ⑧ ProArt CAD Try-in口腔内試適排列
- ⑨ PMMAディスクを用いてファイナルミリング
- ⑩ 床研磨処理 (Fig.14)
- ⑪ 口腔内セット (Fig.15)

Fig.8



Fig.8 ろう提

Fig.9



Fig.9 GoA採得

Fig.10

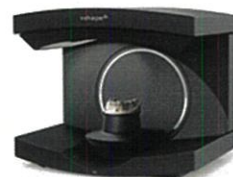


Fig.10 スキャンニング

Fig.11

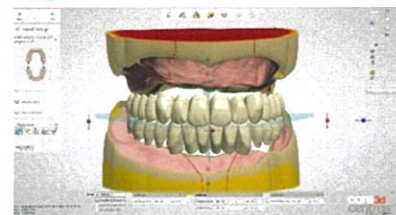


Fig.11 デザイン

Fig.12



Fig.12 ミリング

Fig.13



Fig.13 仮義歯

Fig.14



Fig.14 床研磨処理

Fig.15

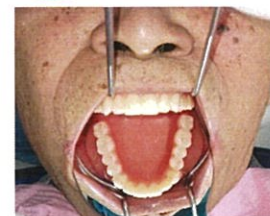


Fig.15 口腔内セット

学術

症例ケース

主訴：上下顎総義歯症例患者。下顎骨隆起 (Fig.16) の影響で舌に影響があり義歯が不安定のため、新製義歯を希望。歯科医師が骨隆起治療を行った後、下顎粘膜面の安定期を待って義歯の製作を行った。

Fig.16



Fig.16 顎粘膜状態

Fig.17



Fig.17 旧義歯装着

旧義歯 (Fig.17) を口腔内で観察すると、義歯の不安定、正中線の位置ズレが確認できる。仮バ이트を製作しGoAを使用。咬座印象後、咬合関係の確認を慎重に行い、水平的顎位を決定し咬座印象を施したゴシックアーチ床をラボスキャナー (3 shape E2) でスキャンを行った。スキャンを行ったデータをデザインソフト (3shape Dental System) で人工歯排列と歯肉形成を行った後、口腔内試適排列用のディスク (ProArt CAD Try-inディスク, Ivoclar Vivadent株式会社) をミリングして仮義歯を製作し口腔内試適 (Fig.18) を試みた。

Fig.18

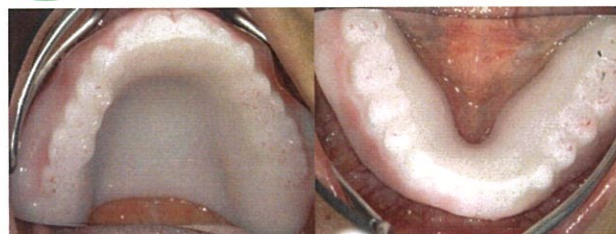


Fig.18 口腔内。上顎 (左) と下顎 (右)

試適排列の際、下顎骨隆起治療部の適合について床内面の接触も想定されたが、口腔内でも安定し、咬合関係に関してはデザイン上での咬合関係が付与でき、試適排列時には特に問題は見当たらなかった。本ディスクは白色であるため、従来法と比較して人工歯歯頸部の高さや正中線の確認が容易に出来ないことから、筆者は歯肉部にパラフィンワックスを盛るようになっている (Fig.19)。これにより、人工歯歯冠長と歯頸部の境目が区別しやすくなり、歯科医師も確認が容易になる。

Fig.19



Fig.19 歯肉部パラフィンワックス加工

試適排列を行った咬合関係を基にファイナルミリングを行うが、もし試適排列時に咬合関係の不備が確認できれば、再度咬合関係を修正したのちファイナルミリングを行う。PMMAディスクでファイナルミリングした後、通法通り床研磨処理を行い義歯完成となる (Fig.20)。

Fig.20



Fig.20 ミリング床研磨終了後

ファイナルミリング後の義歯をラボスキャナー (3 shape E2) でスキャンしたスキャンデータと、デザインソフトで人工歯排列と歯肉形成を行ったCADデータとの精度を計測した。今回は寸法精度可視化カラーチャート (Fig.21) で計測した。

Fig.21

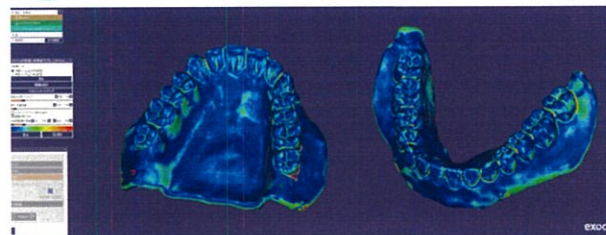


Fig.21 上下顎口蓋咬合面の寸法精度差異

計測の結果、CADデータとスキャンデータの誤差は、大きな差異を示す結果ではなかったため、このまま口腔内セットを行った。ミリング義歯材料の特性でもあるが、重合収縮を発生する心配や口腔内の適合精度および咬合関係は問題なく口腔内の調整が不要だった為、短時間で口腔内にセットすることができた (Fig.22)。患者にデジタル義歯をセットした感想については、試適排列を行った時から以前使用していた上下顎総義歯と比較しても、口腔内の噛み合わせや適合、吸着の精度が上がり、患者にも満足を得られた結果であった。

Fig.22



Fig.22 口腔内セット状況と顔貌写真

5. デジタル機器を用いた複製義歯製作法

近年の歯科医療におけるデジタル化は、歯科医院の設備にも影響している。CTで義歯のスキャンをすることにより、義歯のデータ化が出来るようになってきている。また、口腔内スキャナーを用いて使用中の義歯をスキャンしてデータ化する事も可能である。続いては、それら複製義歯製作におけるデジタル化について述べる。

複製義歯（アナログ法）を使用する目的について、以下のことが挙げられる。

- ① 複製義歯を仮義歯として製作し、咬合関係の補正や粘膜面の適合を調整すること。
- ② 最終義歯製作時の印象用トレーとして活用する。
- ③ 患者が長年使用している義歯を複製する。

今後、訪問診療等で口腔内スキャナーが活用できれば、義歯を新調するのが難しい患者にも負担が少なく、使用している義歯よりも清潔面等に優れた義歯製作が可能になる。

続いては口腔内スキャナーを用いて行った臨床例を紹介する。

口腔内スキャナーを用いたデジタル複製義歯製作ワークフロー

患者が使用中の義歯 (Fig.23) を口腔内スキャナーでスキャンする (Fig.24)。

- ① CAMデータをインポートする (Fig.25)。
- ② ミリングマシンでミリングする。
- ③ 床研磨し、完成。

Fig.23



Fig.23 使用中義歯

Fig.24



Fig.24 口腔内スキャナー

Fig.25

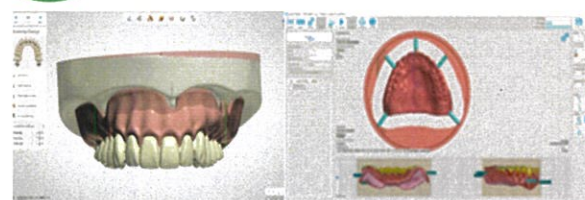


Fig.25 CAMデータのインポート

臨床ケース1

主訴：長年使用している義歯修理依頼 (Fig.26)。

遠隔地にある歯科医院から義歯製作の依頼があり、歯科医院側で口腔内スキャナーを用いて使用中義歯をスキャンし、スキャンデータを弊社に送信してもらった。

Fig.26

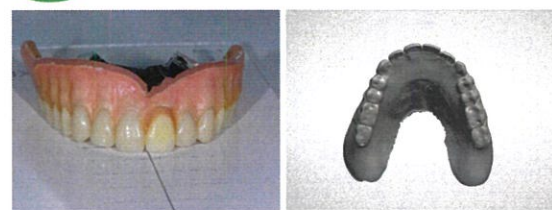


Fig.26 使用中義歯をスキャンしSTLデータ置換

学術

本症例は金属床義歯であったことから、金属部分のスキニング時にハレーションを起こした。金属部にスキニングパウダーを塗布しても、金属床床縁部は一部データの再現ができなかった。そのため、義歯デザインソフトを使用して、ハレーションを起こした床縁部分のデータ修正を行い、CAMにデータをインポートしファイナルミリングを行った。

Fig.27

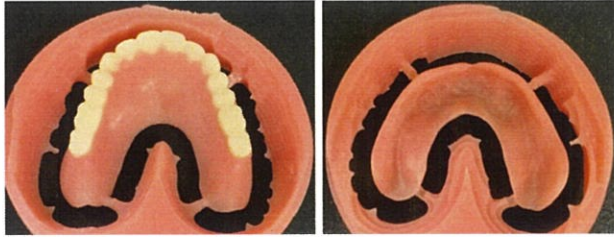


Fig.27 ミリング終了後の状態

Fig.28



Fig.28 ミリング後は通法通り床研磨処理

Fig.29



Fig.29 デジタル複製義歯口腔内適合状態

ミリングマシン（プログラミルPM7, Ivoclar Vivadent株式会社）でミリングを行い（Fig.27）、通法通り床研磨を行った（Fig.28）。製作したデジタル複製義歯を試適したところ、問題なくセットできた（Fig.29）。使用していた義歯の修理期間中はデジタル複製義歯を使用した。日常生活において問題もなく使用できた。

臨床例ケース2

上顎咬合面は即重レジンで修正を行っていたが、使用している義歯（Fig.30）が使いやすく患者が気に入っているということで、新しい義歯は使用している義歯を再現してほしいと要望があり、複製義歯を製作することとなった。まずは、口腔内スキャナーを活用し、使用している義歯をスキニングした（Fig.31）。

Fig.30



Fig.30 使用中義歯

Fig.31



Fig.31 口腔内スキャナーデータ

口腔内スキャナーデータをCAMにインポートし、ミリングした。ミリング終了後に口腔内スキャナーデータとミリング終了後のサイズ変化について、寸法精度可視化カラーチャート（Fig.32）で表記可能な歯科用CADソフト（exocad）にてスキャン精度を計測した。その結果、上顎右側人工歯臼歯部咬合面に若干サイズ寸法の差異が見られ、口蓋側についても口腔内スキャナーデータと合致しない箇所があった。唇側面観からの画像についても差異が認められる箇所もあるが（Fig.33）、口腔内スキャナー等の処理能力にも左右されるのではないかと考えられる。

Fig.32

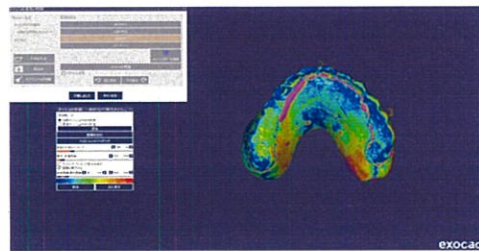


Fig.32 咬合面観

Fig.33

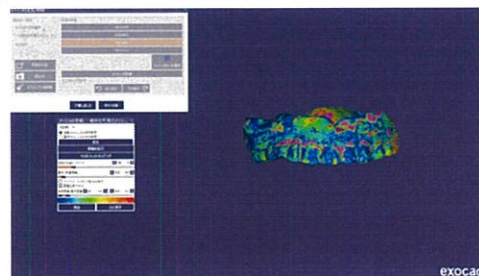


Fig.33 唇側面観

口腔内でセットした際の適合を確認したが、使用していた義歯内面の再現性が高く吸着にも問題は見られなかった (Fig.34).

Fig.34



Fig.34 使用中義歯 (左) とデジタル複製義歯 (右)

6. 考察

歯科医療にも最先端技術は今後も導入していかなければいけないと筆者は考えている。歯科医療従事者にとっては新しい技術を覚える事も必要となるが、患者にとっては来院回数の減少、印象採得減少など患者の負担が軽減される。その1つがデジタル技術を使用して製作したデジタル複製義歯ではないかと思う。以前であれば印象材を用いて即重レジンで複製義歯を製作していたが、近年では口腔内スキャナーの登場により、容易かつ精度の高いデジタル複製義歯を製作することが出来るようになった。また3Dプリンターの設備が整っている歯科医院は、患者が義歯を紛失してもデータを所持しているため、患者が来院して印象採得することなく、デジタル複製義歯の製作が簡便に出来るのもメリットの1つである。

総義歯製作のデジタル化は、材料特性に大きく左右される。今回の検証で使用したミリングディスクは安価な材料ではないが、材料品質の安定と重合収縮を抑えられる点がメリットと考えている。一方で、口腔内スキャナーを導入する歯科医院も増加しつつあるが、総義歯患者は口腔内スキャナーを用いて粘膜をスキャンするのは難しい。例えば、上下顎

総義歯の粘膜面、咬合関係のスキャンが出来たとしても、データに狂いが生じ、データ修正が不可になる。そのため、筆者が述べる「4. デジタル総義歯ワークフロー」が、現段階でデジタル機器を用いたワークフローに近いと考えている。

7. 終わりに

歯科技工士不足は今後、歯科医療に顕著に影響を与えかねない可能性があり、特に義歯を製作する歯科技工士の減少は大きな打撃になり得る。そのため、歯科技工士が若い世代に魅力ある職種として、後世に伝えていかなければならない。

有床義歯補綴分野において、日本では数年前から3Dプリンター樹脂で、国内での使用許可を認可されたものが出てきたが、デジタル義歯システムが臨床ケースに用いられることは、海外と比較するとまだ少なく、デジタル化が進む日本の今の状況は新しい時代の序章に過ぎないだろう。だが、平成26年度診療報酬改定でCAD/CAM冠が保険収載されたことにより、歯冠修復補綴分野でデジタル技工が加速した。近い将来、有床義歯補綴分野もデジタル技工が必須になってくるだろう。今後、3Dプリンター及びミリングによるデジタル義歯の材料開発が加速することを期待する。

今後も、歯科技工の原理原則に基づいた基礎を忠実に守り、自己研鑽とデジタル化に伴う最新技術の発展を追求していきたい。

本発表に際して開示すべき利益相反事項はありません。

参考文献

- 1) 光宗 浩. デジタル機器を用いた複製義歯製作の考察と可能性. 日本歯技2021年11月号.
- 2) 廣末将士. 切削加工法による全部床義歯製作について. 日本歯技2022年12月号.