

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K11747

研究課題名(和文) デジタルデンティストリー時代を見据えた新規支台歯形態の考案

研究課題名(英文) The Development of New Tooth Preparation Form for Digital Dentistry

研究代表者

脇 智典 (WAKI, TOMONORI)

大阪大学・歯学研究科・招へい教員

研究者番号：70397785

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、今後さらに普及するデジタルデンティストリーにおけるワークフローを見据え、口腔内スキャナーやミリングマシンを含むCAD/CAMシステムを考慮に入れた、クラウンの新たな支台歯形成を提案することを目的とし、実験を行った。その結果、逆テーパーを有する支台歯形成でも、口腔内スキャナーやCAD/CAMシステムを用いることで、印象採得やクラウンの製作を精度よく行うことが可能であり、かつ、MIの観点から削除量の減少、クラウンの維持力の向上にも優れていることが分かった。本研究結果は、これからのデジタルデンティストリーおよび審美補綴治療の発展において、有益な示唆を与えるものと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、歯科用CAD/CAMシステムを用いた歯科補綴治療が臨床で一般的に行われるようになり、良好な適合精度を有する補綴装置を製作するには、メタルクラウン用形成の2倍の軸面傾斜角、角を丸くする処理が推奨され、クラウンの適合の向上が計られている。しかし、このような形成では歯の削除量は極めて大きくなり、歯髄への刺激、クラウンの維持力の低下、支台歯の強度不足などの悪影響を及ぼす。本研究で提案するリバーステーパーを有する支台歯形成では、削除量の減少、クラウンの維持力の向上にも優れており、これからのデジタルデンティストリーおよび審美補綴治療の発展において、有益な示唆を与えるものと考えられた。

研究成果の概要(英文)：Intra-oral scanners (IOS) can accurately record reverse taper preparations (negative preparation angles) and the design software can handle them to some extent without affecting the marginal and internal fit of the final restoration. Using IOS and CAD/CAM system, the reverse taper preparation decreased a volume of tooth reduction and increased retention force of crowns. From a perspective of minimal intervention, this preparation form has many advantages over a conventional tooth preparation form.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：デジタルデンティストリー 支台歯形成 CAD/CAM 口腔内スキャナー

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、歯科用 CAD/CAM システムを用いた歯科補綴治療が臨床で一般的に行われるようになった。本治療法において、良好な適合精度を有する補綴装置を製作するには、計測ではメタルクラウン用形成の2倍の軸面傾斜角、ミリングバーによる加工を考慮し“隅角を丸くする”処理が推奨され、クラウンの適合の向上が計られている(図1)。しかし、このような形成を行うと支台歯の削除量は極めて大きくなり、歯髄への刺激、クラウンの維持力の低下、支台歯の強度不足などの悪影響を及ぼす。



図1 従来の支台歯形成

CAD/CAM 用材料として、アルミナやジルコニアなどのファイレンセラミックス高密度焼結体に加えて、高密度に重合されたハイブリッドレジンブロックを切削する CAD/CAM ハイブリッドレジンクラウンが保険導入され、益々 CAD/CAM が一般歯科臨床に導入されるようになった(図2)。しかし、CAD/CAM 用ハイブリッドレジンクラウンはレジンセメントとの接着強さが弱く、失敗の原因として脱離が多く報告されている。



図2 CAD/CAM ハイブリッドレジンブロック

一方、保存治療では、MI が提唱されるようになり、歯質や歯髄への侵襲を最小限に抑え、悪くなったところだけを削除して修復する治療法が確立され、社会的にも浸透してきた。しかし、歯冠補綴治療では審美性や適合性を追求するあまり、極めて多くの歯質を削除し MI とは逆の方向に向かっていると云える。

このメタルクラウンより大きな軸面傾斜角が必要というのは、一方向からのみしか計測できないスキャナや、三軸でしか加工できないミリングマシンしか無かった時代に推奨された支台歯形態が今なお踏襲されている。現在は様々な角度から計測できる歯列模型スキャナや、五軸、六軸で加工できるミリングマシンが用いられるようになり、過度の軸面傾斜角は必要なく、今後、直接歯を計測する口腔内スキャナが普及すれば、印象再得を必要としないため、アンダーカットを付与したとしても印象精度に問題は生じず、機械的維持も得られる可能性がある。また、CAD/CAM システムではセメントスペースが自由に調整できるため、軸面を平行に形成したとしてもタイトな適合とはならない。加えて CAD/CAM 用ハイブリッドレジンを使用したクラウンで、アンダーカット部をレジンセメントで埋めれば、その強度の故、破折に対する危惧は低いものと考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、今後さらに普及するデジタルデンティストリーにおけるワークフローを見据え、口腔内スキャナーやミリングマシンを含む CAD/CAM システムを考慮に入れた、クラウンの新たな支台歯形成を提案することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験 1

モデルの軸面傾斜角 (TOC) を  $-8^\circ$ 、 $-4^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $8^\circ$ 、 $12^\circ$ 、 $16^\circ$ 、 $22^\circ$  とし、三次元 CAD ソフトウェア (RhinoCeros5、Robert McNeel & Associates) を用いてデザインを行った (図3)。そして、3D プリンタを用いて、アンダーカットを有する支台歯形態を製作した。そして、新規形態の支台歯を、光学印象法と印象材を用いた通法の印象法で行った際の寸法精度の検証を行った。光学印象には 3shape 社製 Trios3 を用いた。通常印象法に関して、3D プリンティングで製作した支台歯モデルをシリコン (ジルデフィット、松風) で行い、石膏支台歯模型を製作後、歯科用スキャナー (Arctica、KAVO) を用いて計測した (図4)。そして 3D プリンタで製作したモ

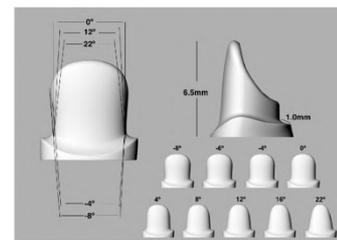


図3 作成した支台歯の三次元モデル。



図4 使用した三次元計測装置

デルの三次元データ (Rexscan で計測) と重ね合わせを行い、シリコン印象法と光学印象法との計測精度の差について分析を行った (図5)。

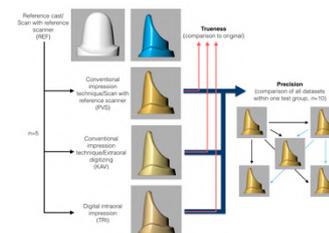


図5 計測データの重ね合わせ方法

(2) 実験 2

-8、-4、0、8、12、16、22° の軸面角を有する上顎左側中切歯の支台歯を、アクリルレジンを用いて製作した。続いて口腔内スキャナー (Trios3、3shapes) を用いて支台歯を計測後、CAD ソフトウェア (multiCAD、KaVo デンタルシステムズジャパン) でクラウンをデザインした。その際、アンダーカット部はソフトウェア上でブロックアウトを行い、セメントスペースは 50 μm とした。CAD でデザインしたクラウンデータからジルコニア製クラウンをミリングで製作した。そして、シリコーンレプリカテクニックを用いて、切縁部、軸面部、辺縁部の間隙量を実態顕微鏡により計測し、適合精度について分析を行なった (図 6)。

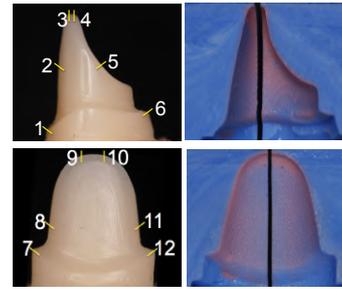


図 6 間隙量の計測点

(3) 実験 3

-8、-4、0、12、16、22° の軸面角を有する上顎左側中切歯の支台歯をアクリルレジンを用いて製作した。続いて口腔内スキャナー (Trios、3shape) を用いて支台歯を計測後、CAD ソフトウェア (multiCAD、KaVo デンタルシステムズジャパン) でクラウンをデザインした。その際、アンダーカット部はソフトウェア上でブロックアウトを行い、セメントスペースは 50 μm とした。CAD でデザインしたクラウンデータからジルコニア製クラウンをミリングで製作した後、レジンセメント (RelyX Unicem 2 Automix、3M ESPE) で支台歯にクラウンを装着、24 時間水中浸漬した。そして、万能試験機 (オートグラフ、島津) 0.5 mm/分 で引っ張り試験を行い、維持力について分析を行なった (図 7)。

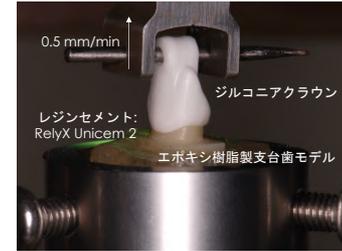


図 7 引張試験

4. 研究成果

(1) 実験 1

シリコーン印象材で印象採得し作成した三次元支台歯データ (PVS、KAV) と比較し、口腔内スキャナーで光学印象を行ったデータ (TRI) の方が、オリジナルの三次元データと近似しており、形態的な差も少なかった (図 8、9)。

本結果より、リバーステーパーを有する支台歯形成に対して口腔内スキャナーは有効であることがわかった。

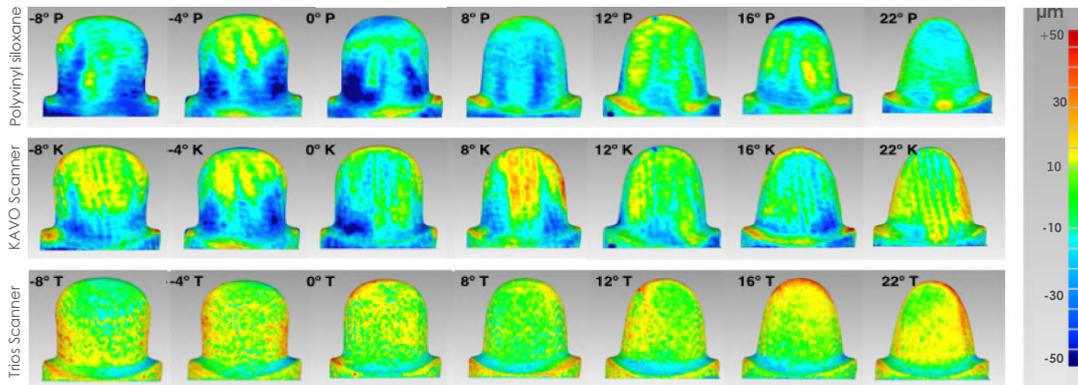


図 8 マッチングによる計測誤差のカラー表示

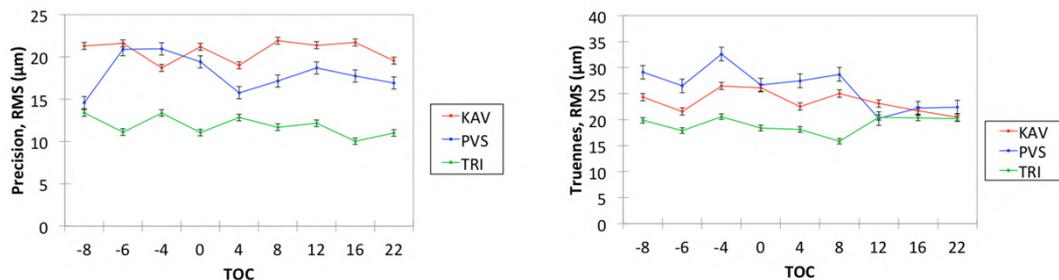


図 9 各支台歯における印象方法での精度および真度

(2) 実験 2

平均間隙量は $-8^\circ$  で有意に大きくなった。またアンダーカットを有するクラウンでは、アンダーカットを有しないクラウンと比較し、有意に間隙量は大きかった。軸面での間隙は $-8^\circ$  で $168.1 \pm 8.0 \mu\text{m}$ 、 $-4^\circ$  で $130.8 \pm 3.9 \mu\text{m}$ であった。一方、切縁部における間隙量は $-8^\circ$  で $68.7 \pm 8.1 \mu\text{m}$ 、 $-4^\circ$  で $81.1 \pm 9.3 \mu\text{m}$ と軸面よりも小さく、 $0^\circ$  以下の TOC を有するクラウンの方が $8^\circ$  以上の TOC を有するクラウンと比較し、有意に間隙量は小さかった (図 10)。

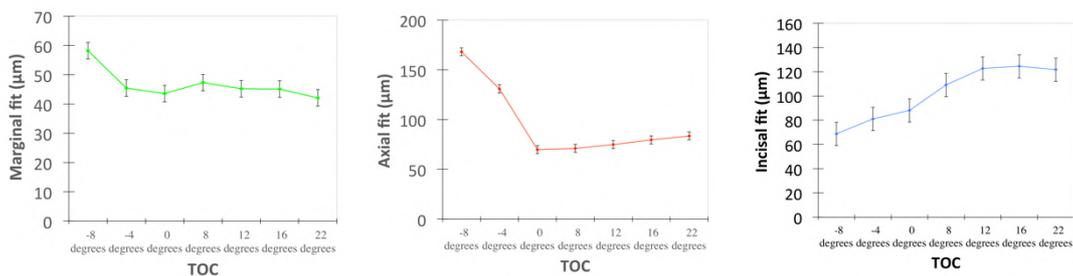


図 10 各支台歯におけるマージン部、軸面、および切縁部の平均間隙量

(3) 実験 3

軸面角  $-8^\circ$  で最も引張強さが高く、また、 $-8^\circ$ 、 $-4^\circ$  および  $0^\circ$  で形成した支台歯は、 $12^\circ$  以上で形成した支台歯よりも統計学的に有意に引張強さが高かった。本研究より、リバー스터パーで形成した支台歯は、ジルコニアクラウン装着後の維持力の向上に有効であるものと考えられた (図 11)。

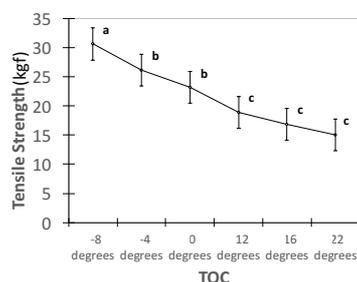


図 11 各支台歯における引張強さ

本実験結果より、逆テーパーを有する支台歯形成でも、口腔内スキャナーや CAD/CAM システムを用いることにより、印象採得やクラウンを精度よく行うことが可能であり、かつ、MI の観点から削除量の減少、クラウンの維持力の向上にも優れていることが分かった。本支台歯形成は、これからのデジタルデンティストリーおよび審美補綴治療の発展において、有益な示唆を与えるものと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Mejia Jeison, Wakabayashi Kazumichi, Nakamura Takashi, Yatani Hirofumi	4. 巻 31(5)
2. 論文標題 Fracture Resistance of Computer-Aided Design/Computer-Assisted Manufactured Glass-Ceramic Incisor Crowns Fabricated on Reverse-Tapered Preparations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The International Journal of Prosthodontics	6. 最初と最後の頁 478 ~ 480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11607/ijp.5831	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Carbajal Mejia Jeison B., Yatani Hirofumi, Wakabayashi Kazumichi, Nakamura Takashi	4. 巻 28(2)
2. 論文標題 Marginal and Internal Fit of CAD/CAM Crowns Fabricated Over Reverse Tapered Preparations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Prosthodontics	6. 最初と最後の頁 e477 ~ e484
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jopr.12715	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Wakabayashi K., Carbajal J., Waki T., Nakamura T., Yatani H.
2. 発表標題 Retentive Strength of CAD/CAM crowns fabricated on reverse tapered preparations
3. 学会等名 International academy for Digital Dental Medicine (国際学会)
4. 発表年 2017年 ~ 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	中村 隆志  (Nakamura Takashi)  (20198211)	大手前短期大学・ライフデザイン総合学科・教授    (44416)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	若林 一道  (Wakabayashi Kazumichi)  (50432547)	大阪大学・歯学部附属病院・助教       (14401)	