

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：32710

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K10043

研究課題名(和文)次世代CAD/CAMシステムにおける最適な補綴装置の設計製造パラメータの確立

研究課題名(英文) Establishment of optimal prostheses design and manufacturing parameters in next-generation CAD/CAM systems

研究代表者

平井 真也(Hirai, Shinya)

鶴見大学・歯学部・助教

研究者番号：20339815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではCAD/CAMシステムによって製作された補綴装置の咬合の高さを計測し、最適な設計製造パラメータを確立することを目的とした。歯列模型を用いて全部金属冠とCAD/CAM冠を製作し、高性能高さ測定器を用いて咬合の高さを計測した。結果として、CAD/CAM冠の咬合高さは全部金属冠よりも高くなる傾向が認められた。加工材料のディスクとブロックにより標準偏差が異なり、加工位置がCAD/CAM冠の繰り返し製作精度に影響していると考えられた。また、切削加工機の種類による影響も検討し、異なる切削加工機の性能が咬合の高さに影響を与える可能性があることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯科治療においてCAD/CAMは補綴装置製作の手段のひとつとなっているが、そのプロセスであるスキャンや加工等はメーカーから公開されている情報も少なく、未だブラックボックスであり製作精度が曖昧となっている。本研究の成果により、CAD/CAMシステムによって製作された補綴装置の咬合の高さが明らかとなり、製作過程であるスキャンや設計、加工による影響が工程ごとに数値化することができた。客観的指標を持ってCAD/CAMシステムの設計製造パラメータを制御し、精度の高い補綴装置を製作することの一助になる可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to measure the occlusal height of prostheses fabricated by CAD/CAM systems and to establish optimal design and manufacturing parameters. Complete metal crowns and CAD/CAM crowns were fabricated using dental models, and the occlusal heights were measured using a high-accuracy height measuring articulator. As a result, the occlusal height of CAD/CAM crowns was higher on average than the complete metal crowns. The standard deviation differed depending on the material shape such as disk and block, It was suggested that the milling position affected the repeatability of CAD/CAM crown fabrication. The effect of milling machine type was also examined. It was indicated that the performance of different milling machines may affect the occlusal height.

研究分野：補綴歯科

キーワード：CAD/CAM 咬合高さ スキャン 切削加工 精度

1. 研究開始当初の背景

歯科治療において CAD/CAM は補綴装置製作の手段のひとつとなっているが、そのプロセスであるスキャンや加工等はメーカーから公開されている情報も少なく、未だブラックボックスであり製作精度が曖昧となっている。そのため、術者の経験や技術により製作精度が補われている現状があり、CAD/CAM による補綴装置製作について学術的根拠に基づいた精度とそれらを制御するパラメータを明らかにすることは安定した補綴装置を供給するためにも重要である。

2. 研究の目的

本研究では、高性能高さ測定器を用いて CAD/CAM システムによって製作された補綴装置の咬合の高さを計測することを通じて、最適な歯科治療を提供する次世代の CAD/CAM システムにおける精度の高い補綴装置を製作するための最適な設計製造パラメータを確立することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1)対象

対象の歯列模型は顎模型 (D51D-500A-QF, ニッシン) を印象した歯列石膏模型とし、支台歯は下顎左側第一大臼歯部 (A55AN-362, ニッシン) とした。シリコン印象材と超硬石膏を使用して製作した歯列石膏模型を平均値咬合器 (Artex BN, Amangjirrbach) に装着した (図 1) 。

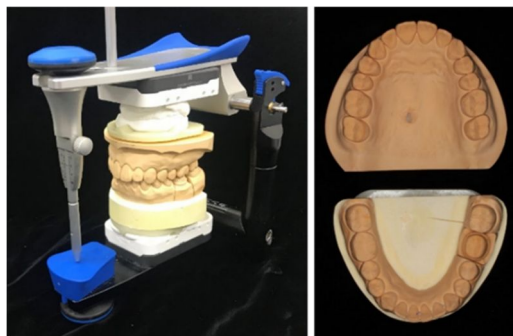


図 1: 平均値咬合器に装着した歯列石膏模型

(2)全部金属冠と CAD/CAM 冠の咬合の高さの計測

歯列石膏模型を用いて CAD/CAM 冠を製作し、従来法で製作した全部金属冠との比較を行った。ロストワックス法による全部金属冠の製作は経験年数の異なる歯科技工士 3 名 (経験年数 1 年、経験年数 7 年、経験年数 20 年) が通法に従って行った。ワックスアップにおいては対合歯の印記として、咬合接触付与後、インサイザルピンの浮き上がりがないことを確認した。咬合接触部位は各試料で統一して第一大臼歯の咬頭や辺縁隆線部に ABC コンタクトとなるよう付与した。隣接歯との接触による浮き上がりを防止するため、コンタクトポイントは接触させないようにした。スプルー植立、埋没、鋳造を行い、スプルー切断後、内面の適合を確認した。本研究では研磨は行わなかった。繰り返し作業を行い全部金属冠は 6 個製作した。

CAD/CAM 冠の製作は、歯列石膏模型を模型スキャナーにより三次元形状計測し、デジタル作業用模型上でクラウンの設計を行い、加工を行った。まず、模型スキャナー (D900 , 3Shape) を用いて上下顎歯列石膏模型の三次元形状計測を行い、頬側面のスキャンデータにて上下顎歯列のレジストレーションを行った。CAD ソフトを用いて、クラウンの挿入方向、フィニッシュライン、支台歯のセメントスペースを設定した。クラウン形態のデザインングでは、隣接歯とのコンタクトは除去した。咬合接触点は ABC コンタクトになるよう設定し、クラウンと対合歯の距離が 0 mm になるようソフトウェアの機能を用いて調節した。

CAD/CAM 冠に関して材料形状による製作精度の比較を行うため、ハイブリッド型コンポジットレジンブロック形状とディスク形状を使用することとした。CAM ソフトウェア (Go2dental , 松風) を用いて加工パスを生成した。加工機 (DWX-50 , DG Shape) を用いて切削加工を行った。ミリングバーは 2.0 mm , 1.0 mm , 0.6 mm を使用して、ブロック形状のハイブリッド型コンポジットレジン (松風ブロック HC , 松風) を加工した。ディスク形状のハイブリッド型コンポジットレジン (松風ブロック HC , 松風) も同じ条件で加工し、CAD/CAM 冠を製作した。

また、切削加工機の種類による影響について検討するため、DWX-50 (DGSHAPE , 以下 DW) , DWX-52DCi (DGSHAPE , 以下 DD) , CORiTEC350iPro (imes-icore , 以下 IP) を用いてブロック形状のハイブリッド型コンポジットレジン (松風ブロック HC , 松風) を加工して CAD/CAM 冠を製作した。CAD/CAM 冠も繰り返し作業を行い 6 個製作した。

全部金属冠と CAD/CAM 冠の咬合の高さは高性能高さ測定咬合器を用いて計測した (図 2) 。歯列石膏模型を装着して咬合させた状態で 0 μm に補正した後、支台歯にクラウンを装着した。上弓を下方に動かして咬合接触した状態で高性能高さ測定咬合器の数値を記録した。評価は左側高さと右側高さの平均である、平均高さとした。

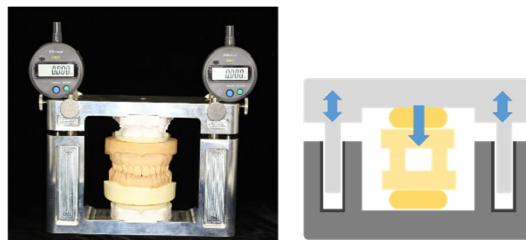


図 2: 高性能高さ測定咬合器の外観と模式図

(3)統計処理

全部金属冠と CAD/CAM 冠の咬合の高さについて、一元配置分散分析および Tukey の多重比較で行い、危険率 $p=0.05$ とした。統計処理ソフトは SPSS Statistics 22 (IBM) を使用した。

4. 研究成果

全部金属冠と CAD/CAM 冠の外観の 1 例を図 3 に示す。全部金属冠の咬合の高さは、経験年数 1 年が $-29 \pm 46 \mu\text{m}$ 、経験年数 7 年が $-140 \pm 26 \mu\text{m}$ 、経験年数 20 年が $-59 \pm 6 \mu\text{m}$ であった (図 4)。経験年数が長くなるほど標準偏差は小さい結果となった。

CAD/CAM 冠の咬合の高さは、HR ディスクが $130 \pm 49 \mu\text{m}$ 、HR ブロックが $125 \pm 18 \mu\text{m}$ であった。ブロック形状の標準偏差はディスク形状よりも小さい結果となった。

本研究条件下では、CAD/CAM 冠の咬合の高さは、全部金属冠の咬合の高さよりもすべて有意に高いことが明らかとなった ($p<0.05$)。全部金属冠の咬合の高さにおいて、経験年数 7 年の製作者は他の製作者よりも咬合の高さが有意に低いことが認められた ($p<0.05$)。CAD/CAM 冠の咬合の高さが高くなった理由には、スキャンによる上下歯列模型のレジストレーションに伴う誤差、加工精度が影響している可能性があると考えられた。上下歯列模型のレジストレーションに伴う誤差は、過去の研究において支台歯部の上下歯列間距離がコントロールと比較して平均 $76.7 \sim 183.9 \mu\text{m}$ 増加したと報告されており、咬合が高く製作される要因のひとつであると考えられた¹⁾。

加工材料の形状について検討をした結果、ブロックを用いて製作した CAD/CAM 冠の咬合の高さは、ディスクと同等であった。しかし、標準偏差はブロックで $17.7 \mu\text{m}$ 、ディスクで $48.55 \mu\text{m}$ であり、ブロックの方が少ない傾向が認められた。これらの材料は材質が同じで、かつ同じ切削加工機で加工をしており、異なる点は加工位置であると考えられた。

切削加工機の種類において、CAD/CAM 冠の咬合高さは、DW で $126 \pm 18 \mu\text{m}$ 、DD で $106 \pm 11 \mu\text{m}$ 、IP で $129 \pm 8 \mu\text{m}$ であった。切削加工機間における咬合高さの有意差は認められなかったが、DW が若干高く、標準偏差が大きい傾向が見られた。DD と IP の軸制御原理であるボールネジは、DW の軸制御原理であるルールとワイヤーに比較して剛性が高く、切削加工時に安定して加工を行うことができることが関係していると考えられた。IP の標準偏差は他の切削加工機よりも小さい傾向が見られた。DD と IP は軸駆動モータが異なり、IP のサーボモータは DD のステッピングモータに比べ細かな制御が行え、回転数が変化した場合においても常時高いトルクを維持できることが影響していると考えられた。

CAD/CAM 冠と全部金属冠の咬合の高さを計測した結果、CAD/CAM 冠の咬合高さは全部金属冠に比較して大きくなるが、安定した補綴装置の製作が可能であることが明らかとなった。加工材料のディスクとブロックにより標準偏差が異なり、加工位置が CAD/CAM 冠の繰り返し製作精度に影響していると考えられた。CAD/CAM 冠の製作において切削加工機間で差は見られなかったが、切削加工機の要素によって補綴装置の繰り返し製作の誤差が異なる可能性が示唆された。

本研究の成果により、CAD/CAM システムによって製作された補綴装置の咬合の高さが明らかとなり、製作過程であるスキャンや設計、加工による影響が工程ごとに数値化することができた。客観的指標を持って CAD/CAM システムの設計製造パラメータを制御し、精度の高い補綴装置を製作することの一助になる可能性が示唆された。また今後、CAD/CAM システムで製作する補綴装置の咬合の高さが $0 \mu\text{m}$ になるパラメータを探ることにより、適切な咬合面形態や咬合接触を付与した補綴装置の製作に寄与する可能性が示唆された。

<引用文献>

1) Yee SHX, Esguerra RJ, Chew AAQ, Wong KM, Tan KBC. Three-Dimensional Static Articulation Accuracy of Virtual Models - Part I: System Trueness and Precision. J Prosthodont. 2018; 27: 129-136.

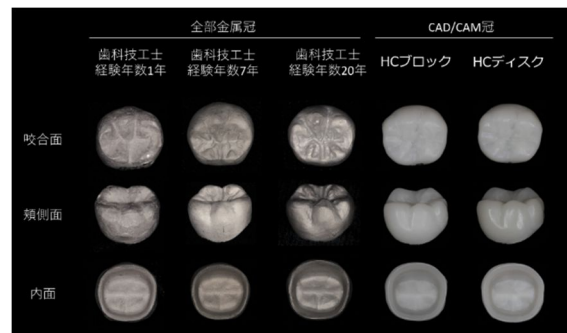


図 3 : 全部金属冠と CAD/CAM 冠の製作例

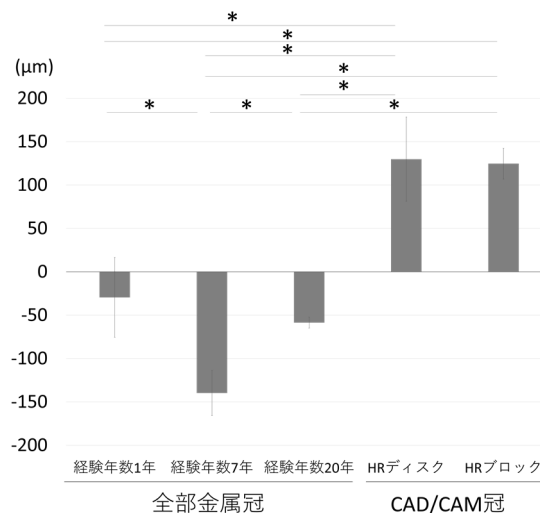


図 4: 全部金属冠と CAD/CAM 冠の咬合の高さ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 小川 匠	4. 巻 42
2. 論文標題 CAD/CAM冠の製作精度について ロストワックス法との比較	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本歯科技工学会雑誌	6. 最初と最後の頁 61-65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 林 邦彦, 木原琢也, 井川知子, 平井真也, 重田優子, 重本修伺, 小川 匠	4. 巻 15
2. 論文標題 歯科用CAD/CAMを用いて製作したレジンジャケットクラウンの咬合の高さの検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本補綴歯科学会誌	6. 最初と最後の頁 202-210
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2186/ajps.15.202	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5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 木原琢也, 井川知子, 林 邦彦, 渡邊健一, 伊原啓祐, 平井真也, 重田優子, 重本修伺, 小川 匠
2. 発表標題 CAD/CAM冠と全部金属冠の咬合高さの検討 - 切削加工機について -
3. 学会等名 一般社団法人日本デジタル歯科学会第12回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平井真也, 木原琢也, 井川知子, 重本修伺, 重田優子, 小川 匠
2. 発表標題 変形性顎関節症患者の機能的評価を行った2症例
3. 学会等名 第34回一般社団法人日本顎関節学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木原琢也, 井川知子, 林 邦彦, 重田優子, 重本修伺, 河村 昇, 伊原啓祐, 渡邊健一, パク・ジユン, 伊藤崇弘, 小川 匠
2. 発表標題 口ストワックス法とCAD/CAMを用いた補綴装置の咬合高さの比較
3. 学会等名 令和2年度日本補綴歯科学会西関東支部学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木原琢也, 井川知子, 伊原啓祐, 重田優子, 重本修伺, 小川 匠
2. 発表標題 全部金属冠とCAD/CAM冠の咬合高さの検討 経験年数と加工材料形状について
3. 学会等名 一般社団法人日本歯科技工学会第42回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平井真也, 重本修伺, 藤田和彦, 鈴木俊貴, 木原琢也, 井川知子, 重田優子, 小川 匠
2. 発表標題 咬合接触部位の変更により咬合違和感を改善した症例
3. 学会等名 令和4年度日本補綴歯科学会西関東支部・東関東支部合同学術大会
4. 発表年 2023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	小川 匠 (Ogawa Takumi) (20267537)	鶴見大学・歯学部・教授 (32710)	

6. 研究組織（つづき）

	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	木原 琢也 (Kihara Takuya) (50796399)	鶴見大学・歯学部・学部助手 (32710)	
研究分担者	井川 知子 (Ikawa Tomoko) (70552389)	鶴見大学・歯学部・助教 (32710)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関