

## 鶴見大学大学院歯学研究科博士学位論文

### 内容の要旨および審査の結果の要旨

|             |                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名（本籍）     | 仲 田 豊 生（茨城県）                                                                                                                                                                                                             |
| 博士の専攻分野     | 博 士（歯 学）                                                                                                                                                                                                                 |
| 学 位 記 番 号   | 甲 第 466 号                                                                                                                                                                                                                |
| 学位授与年月日     | 平成 29 年 3 月 14 日                                                                                                                                                                                                         |
| 学位授与の要件     | 学位規則第 4 条第 1 項該当                                                                                                                                                                                                         |
| 研 究 科 専 攻   | 鶴見大学大学院歯学研究科<br>（博士課程）歯学専攻                                                                                                                                                                                               |
| 学 位 論 文 題 目 | Clasp Fabrication Using One-process Molding by Repeated Laser Sintering and High-speed Milling<br>（レーザー焼結積層と切削加工のワンプロセス造形による可撤性支台装置の製作）<br>Journal of Prosthodontic Research 第 61 巻 3 号 276 頁～282 頁掲載 平成 29 年 7 月 26 日発行 |
| 論 文 審 査 委 員 | 主査 教授 小 川 匠<br>副査 教授 早 川 徹 副査 教授 大 久 保 力 廣                                                                                                                                                                               |

### 内 容 の 要 旨

#### 【背 景】

近年、CAD/CAM を用いた補綴装置の製作が行われているが、有床義歯の支台装置やフレームワークに関しては切削加工が困難とされている。一方、金属粉末にレーザーを照射、溶解凝固を繰り返し積層する造形法を適用することにより、アンダーカットを伴う複雑な立体形状も再現可能である。しかし、従来の積層造形法では表面性状が極めて粗造であり、支台歯との適合が不良になりやすいことから臨床応用には至っていない。そこで、可能な限り滑沢な表面性状を得るために積層造形と切削加工のワンプロセス造形法を導入した。本研究は積層造形法により製作された支台装置の臨床応用を目的とし、積層造形と切削加工のワンプロセスにより製作された支台装置の表面粗さ、適合精度、維持力、耐久性に関して実験的な検討を行った。

#### 【材料と方法】

##### 1) 試料の製作

大臼歯を想定した金型支台歯に対して、エーカースクラスプを製作した。試料は鉤先端のアンダーカットを 0.25 mm、鉤腕の長さを 12.0 mm とし、近遠心幅径 1/2 からアンダーカット領域を走行するように設計した。全ての試料に咬合面全面レストを付与し、両腕の鉤先端の間隔は 6.0 mm、鉤体部の幅は 5.0 mm に設定した。①ロストワックス法による鑄造（鑄造法）と、②金型支台歯を複印象して作業模型を製作後、歯科技工用スキャナー（Dental Wings 7series, Dental Wings, カナダ）にてスキャンし、形状データをもとに CAD（DWOS Partial Frameworks, Dental Wings, カナダ）を利用して、エーカースクラスプのデザインを行い、金属光造形複合加工機（LUMEX Avance-25, 松浦製作所社製, 福井）にて積層造形と切削加工のワンプロセス（ワンプロセス法）による製作の 2 条件とした。鑄造法にはコバルトクロム合金（ウィジル M, DENTSPLY 三金, 東京）、と 3 種純チタン（T-アロイ H, GC, 東京）を使用し、ワンプロセス法にはコバルトクロム合金粉末（マツウラコバルトクロム, Sandvik, スウェーデン）を使用した。試料は鑄造法のコバルトクロム合金が 11 個、3 種純チタンが 11 個、積層造形と切削加工のワンプロセス法のコバルトクロム合金粉末が 6 個の計 28 個製作した。

##### 2) 非破壊検査

全ての試料に対して、X 線発生装置（Radnevt 32, 日立メディコ, 東京）を用いて非破壊検査を行った。なお、照射条件は管電圧 60 kV, 100 mA, 焦点フィルム間距離 70 cm, 照射時間 0.005 sec である。現像後、鑄造欠陥の有無を検査し、鉤腕部に鑄巣の認められた試料 3 個（コバルトクロム合金：1 個、3 種純チタン：2 個）を除外した。

### 3) 表面粗さの測定

製作した試料から各条件につき 5 個ずつ選定した。三次元測定装置 (NH-3N, 三鷹光器, 東京) を用いて測定ピッチ 5  $\mu\text{m}$ , 測定距離 2 mm, カットオフ値 0.8  $\mu\text{m}$  の条件下でレスト部の表面粗さを測定した。

### 4) 適合試験

クラスプと金型の適合状態を 2 種類のシリコンラバー印象材を用いて診査した。計測部位は鉤先端から 0.5 mm (鉤尖), 12.0 mm (鉤腕) とレストの 3 部位を選択し, ニコン社製万能試験機 (V-16E, Nikon, 東京) を用いて測定し, その平均値により適合性を評価した。測定部位は, 各部位ともクラスプ幅径の midpoint とした。また計測は初期維持力測定前と繰り返し着脱試験 10,000 回後の 2 回行った。

### 5) 維持力の測定

全てのクラスプ試料に対して, まず初期維持力の測定を行った。万能型引張試験機 (万能引張試験機 EZ-S-200N, 島津製作所, 京都) を用いて, クロスヘッドスピード 50 mm/min にて引張試験を行った。各試料につき 15 回ずつ測定し, クラスプと金型の離脱に要した最大荷重の平均値を各試料の初期維持力とした。初期維持力の測定が終了した試料は 10,000 回まで着脱を繰り返し, 維持力の変化を観察した。繰り返し疲労試験装置 (JM100-T, 日本メック, 東京) を使用し, 37°C に維持された水槽内にてクラスプの着脱を行った。試験台の上部治具に装着されたクラスプを下部に設置された金型に 9.8N の荷重下で装着し, 0.5 秒間のインターバル後, クロスヘッドスピード 950 mm/min にて牽引離脱した。この動作を 1 回の着脱とし, 以降 10,000 回まで繰り返した。試験中の維持力の測定は, 着脱 1,000 回, 以降 1,000 回毎に万能型引張試験機を用いてクロスヘッドスピード 50 mm/min にて引張試験を各試料 15 回ずつ行い, その平均値を維持力とした。

### 6) 統計解析

得られた結果は統計解析ソフト (SPSS Statistics 20, IBM, アメリカ) を用いて, 一元配置分散分析後 Tukey の多重比較検定 ( $\alpha = 0.05$ ) を行った。

## 【結 果】

### 1) 表面粗さ (RA) の測定

ワンプロセス法の内面が 0.6  $\mu\text{m}$  と最もスムーズで鑄造法よりも滑らかな表面を示した。一方, ワンプロセス法の外面すなわち積層造形のみ面は 6.4  $\mu\text{m}$  と最も粗造であった。鑄造法のコバルトクロム合金とワンプロセス法のコバルトクロム合金の間に有意差が認められた。

### 2) 適合試験

初期維持力計測前の全ての試料において鉤腕部, 鉤尖部と比較してレスト部の適合に有意差が認められた。また製作法で比較したところ, ワンプロセス法のレスト部と鑄造法のコバルトクロム合金, 3 種純チタンのレスト部の間に有意差を認めた。鉤腕部, 鉤尖部に関してはワンプロセス法と鑄造法による試料間に適合精度の差はほとんど認められず, ほぼ同等な適合性が確認された。また着脱 10,000 回後においても鉤腕部, 鉤尖部と比べてレスト部の適合に有意差が認められた。積層造形と切削加工のワンプロセス法は着脱 10,000 回後も適合において大きな変化がみられなかったが, 鑄造 3 種純チタンにおいてはクラスプ鉤尖部において適合の低下が確認された。

### 3) 初期維持力

鑄造コバルトクロム合金の初期維持力は 12.9 N と最も大きく, 次にワンプロセスのコバルトクロム合金は 12.3 N, 鑄造 3 種純チタンは 10.9 N となった。また鑄造 3 種純チタンとその他の試料との間に有意差が認められた。

### 4) 維持力の経過

繰り返し試験 10,000 回後の維持力は, ワンプロセス法のコバルトクロム合金が 8.9 N と最も大きく, 次に鑄造法のコバルトクロム合金の 7.6 N, 3 種純チタンの 6.0 N となった。また減衰率は, 鑄造法のコバルトクロム合金は 41.1%, 3 種純チタンは 44.8%, ワンプロセス法のコバルトクロム合金は 27.6% となり, ワンプロセス法は鑄造法より小さい減衰率を示した。

## 【考 察】

積層造形と切削加工のワンプロセスによって製作したクラスプは鑄造法と比較して, 同等な適合精度と初期維持力が得られただけでなく, より良好な表面性状と維持力の安定性を示した。本研究結果より, 十分に臨床応用の可能性が示唆されたことから, 今後は本法により製作したフレームワークの評価とチタン粉末の使用も検討していく所存である。

## 審査の結果の要旨

切削加工を中心とした CAD/CAM 技術では、有床義歯の支台装置やフレームワークの製作は困難である。また、従来の積層造形法では表面性状が粗造であり、支台歯との適合に不良を生じ易いなどの欠点を包含している。そこで、金属粉末にレーザーを照射、溶解凝固を繰り返し積層する造形法の応用を試みた。本研究では積層造形法により製作された支台装置の臨床応用を目的とし、積層造形と切削加工のワンプロセスにより製作された支台装置の表面粗さ、適合精度、維持力、耐久性に関して実験的な検討を行った。

試料は大白歯を想定した金型支台歯に対してエーカースクラスプを、ロストワックスによる鋳造法（コバルトクロム合金、3 種純チタン）または、CAD/CAM 法として金属光造形複合加工によるワンプロセス法（コバルトクロム合金粉末）により製作した。

支台装置の表面粗さについては三次元測定装置を用いてレスト部の表面粗さを、適合精度についてはシリコンラバー印象材にてクラスプと金型の適合試験を行い、万能投影機を用いて計測した。維持力は万能引張試験機を用いて、クラスプと金型の離脱に要した最大荷重とした。耐久性については、繰り返し疲労試験装置を用いて着脱試験 10,000 回を実施し、試験前後の、適合精度、維持力を測定し比較した。得られた結果は、統計解析ソフトを用いて、一元配置分散分析後 Tukey の多重比較検定（ $\alpha = 0.05$ ）を行った。

表面粗さでは、ワンプロセス法の内面が  $0.6 \mu\text{m}$  と最もスムーズで鋳造法よりも滑らかな表面を示し、鋳造法のコバルトクロム合金とワンプロセス法のコバルトクロム合金の間に有意差を認めた。

適合試験において、ワンプロセス法と鋳造法による試料間に差を認めず、同等な適合性が確認された。また、着脱試験 10,000 回後も適合において大きな変化を認めなかった。初期維持力は鋳造コバルトクロム合金 12.9 N と最も大きく、次にワンプロセス法コバルトクロム合金 12.3 N、鋳造 3 種純チタン 10.9 N であった。繰り返し試験後の維持力の減衰率は、鋳造法のコバルトクロム合金は 41.1%、3 種純チタンは 44.8%、ワンプロセス法コバルトクロム合金は 27.6% となり、ワンプロセス法は鋳造法より小さい減衰率を示した。

以上の結果から、積層造形と切削加工のワンプロセスによって製作したクラスプは鋳造法と比較して、同等な適合精度と初期維持力が得られただけでなく、良好な表面性状と維持力の安定性を示した。本研究結果より、十分に臨床応用の可能性が示唆された。

以上、本研究のワンプロセス造形による可撤性支台装置は、材料学的、臨床的見地からも優れており、今後の歯科臨床に大いに寄与するものと考えられる。よって、本論文は博士（歯学）の学位請求論文として十分な価値を有すると判定した。