

コバルトクロム合金金属床のバレル研磨に関する研究

—クラスピの变形と抑制法について—

中山公人 松村奈美 山森徹雄

Barrel Finishing of Cobalt-Chromium Alloy Cast Plate

—Prevention against Clasp Deformation—

Kimihito NAKAYAMA, Nami MATSUMURA and Tetsuo YAMAMORI

The centrifugal barrel finishing is used to improve the surface smoothness of cobalt-chromium framework. However, hard abrasives may hit clasps on the framework during the finishing, which makes the clasps deformed.

The purposes of this study were to examine the deformation of clasps during barrel finishing and to devise a method for preventing clasp deformation. Twenty clasp-shaped cobalt-chromium castings (in premolar shape and molar shape) were fabricated.

In the prevention test, clasp arms were covered with polyethylene tubes and self-curing acrylic resin. Triangular prism-shaped abrasives made of Al_2O_3 and SiO_2 , 6 mm each side, were used in the primary polishing, and similar abrasives, 4 mm each side, were used in the secondary finishing. The durations of the primary and the secondary polishings were 60 minutes and 40 minutes, respectively. The distance between the clasp tips were measured with a measuring microscope before polishing and after primary and secondary polishings.

The results were as follows :

1. Statistical analysis showed that the distance between the clasp tips of the premolar castings had significantly increased after barrel finishing, but such significant increase was not observed in molar castings.
2. The increase of the inter-tip distance during barrel finishing was prevented by connecting clasp arms with polyethylene tubes and self-curing acrylic resin.

The results suggested that the barrel finishing was a useful method for the improvement of surface smoothness of cobalt-chromium framework without deforming clasp arms.

Key words : barrel finishing, clasp deformation, cobalt-chromium, framework

緒 言

コバルトクロム合金は硬度が高く、鑄造時に溶融合金と鑄型材が焼着現象を起こして鑄造体表面が粗糙になるため、鏡面に仕上げるまでには多くの作業工程を必要とする。その研磨方法として、サンドブラस्टィング、回転切削工具による研磨、電解研磨が従来から用いられてきたが³¹⁻⁷⁾、これらの方法は研削された削片や粉塵、あるいは有害物質の揮散により技工室の環境が汚染され、人体への悪影響が危惧される。そこで、粉塵が飛散することなく、効率的に研磨する方法として、バレル研磨装置^{8,9)}や遠心発射型研磨装置¹⁰⁻¹²⁾が開発され、臨床応用されるようになった。

このうちバレル研磨は、研磨槽の中で研磨材と被研磨体の相互摩擦作用により研磨する方法であるため、研磨時の削片や粉塵の発生がなく、技工室の環境を衛生的に保つことが可能である。しかし、コバルトクロム合金は硬度が高いことから、表面粗さを効率的に改善するためには研磨材と研磨時間の関係を明らかにする必要があった。そこで、山森ら¹³⁾はコバルトクロム合金の最適な研磨条件をみいだすべく、各種研磨材と研磨時間を組み合わせて研磨後の表面粗さを調査した。その結果、一次研磨には酸化アルミニウムと二酸化珪素を主成分とする一辺の長さが高さが6 mmの三角柱形セラミック材を用いた60分間の研磨が選択された。また、二次研磨は一次研磨と同一の成分で一辺の長さが高さが4 mmの三角柱形セラミック材を用いた40分間の研磨が最も優れた研磨条件であることを報告した。

バレル研磨は研磨槽中に、研磨材と被研磨体を投入し相対的運動差を利用して研削する方法であるため、被研磨体の物性や研磨条件によっては被研磨体に変形を生じる可能性がある。特に、パーソナルデンチャーにおけるコバルトクロム合金金属床の場合は、クラスプに研磨材が衝突してクラスプを変形させる可能性が高い。

そこで、本研究ではバレル研磨に伴うクラスプの変形とその防止法について検討した。

材料と方法

1. 試料の製作

環状鉤を想定したクラスプと鑄造床を想定した板状の床部をコバルトクロム合金で製作した (Fig. 1)。試料は小白歯と大白歯を想定した2種類とし、小白歯を想定した場合を試料A、大白歯を想定した場合を試料Bとし、鉤腕の形態は山賀¹⁴⁾、奥野ら¹⁵⁾、Henderson and Steffel¹⁶⁾の提唱を参考に次のように設定した。すなわち、試料Aの鉤腕の長さは12mmとし、鉤肩部は幅径2.0mm、厚径1.25mmに、鉤尖部は幅径1.0mm、厚径0.5mmに設定した。試料Bの鉤腕の長さは14mmとし、鉤肩部は幅径2.5mm、厚径1.25mmに、鉤尖部は幅径1.25mm、厚径0.63mmに設定した。床部は両試料とも幅径20mm、長径30mm、厚径1.5mmとした。なお、鉤尖間距離は、試料Aを4mm、試料Bを7.5mmに設定した。

試料の製作に先立ち、陰型をアクリル樹脂で製作し、歯科複模型用ゴム質弾性印象材 (デュプリコーン、松風) で印象し、歯科高温鑄造用模型材 (CD インベストメント、松風) を注入して耐火模型を製作した。耐火模型には耐火模型コーティング材 (CD マルチコート、松風) を塗布して表面の滑沢化をはかった後に蠟型を製作した。蠟型は高温鑄造用リン酸塩系埋没材 (スノーホワイト、松風) で埋没し、コバルトクロム合金 (コバルタン、松風) で鑄造した。鑄造体のスプルーやバリを除去して所定の試料形態に仕上げた後、50 μ mの酸化アルミニウム粉末でサンドブラスト処理を行った。試料数は試料A、試料Bともそれぞれ10個とし、5個をクラスプ変形の実験に、残りの5個をクラスプ変形抑制法の実験に供した。

2. バレル研磨の方法

バレル研磨にはポリッシングエイト SH-3 (宮崎歯科商会) を用い (Fig. 2)、研磨条件は山森ら¹³⁾の報告に準じた。すなわち、回転数は200rpmに設定し、研磨材は、一次研磨が酸化アルミニウムと二酸化ケイ素を主成分とする1辺の長さが高さが6 mmの三角柱形セラミック材、二次研磨が一次研磨と同じ主成分で1辺4 mmの三角柱形セラミック材を用いた (Fig. 3)。一次研磨、

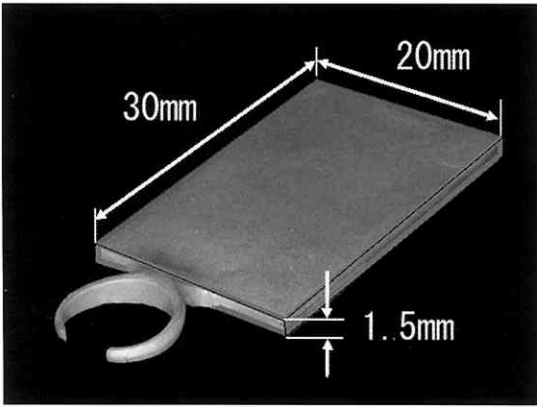


Fig.1 Clasp-shaped cobalt-chromium casting.

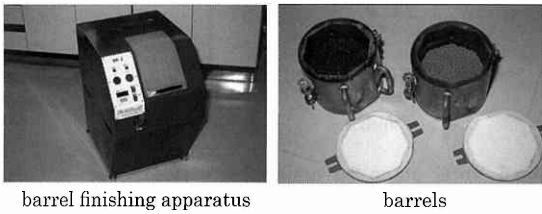


Fig.2 Centrifugal barrel finishing apparatus which was used for experiment.

二次研磨とも、研磨材450mlのほか、コンパウンド材15g、傷取添加剤15g、および水350mlを研磨槽に投入した。研磨時間は一次研磨を60分間、二次研磨を40分間とした。

3. バレル研磨による研削量の測定

バレル研磨によるコバルトクロム合金の研削量を求めるため、まず、アルミナ・サンドブラスト処理を行った試料の床部表面に、露出面が直径3mmの円形になるように周囲をマスキングした。この試料にバレル研磨を施し、基準平面に対する露出面の表面形状を表面粗さ形状測定器 (Surfcom 590A, 東京精密) を用いて測定した。サンドブラストした表面を基準平面とし、バレル研磨面の最深部の値を研削量として表した。なお、試料は5個とした。

4. 鉤尖間距離の測定

バレル研磨によるクラスプの変形を鉤尖間距離に代表させ、バレル研磨前、一次研磨後、二次研磨後の鉤尖間距離を計測した。測定には読み取り顕微鏡 (メジャースコープ：ニコン) を用い、各試料につき3回、計15回の計測を行った。

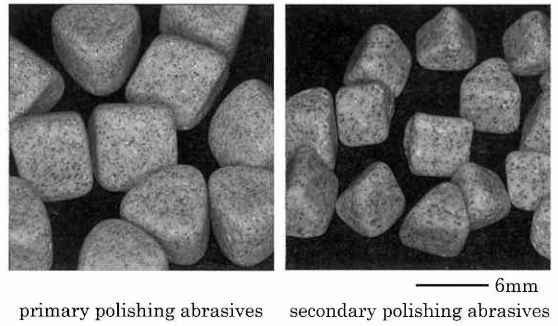


Fig.3 Triangle prism-shaped abrasives, left : primary polishing abrasives, right : secondary polishing abrasives.

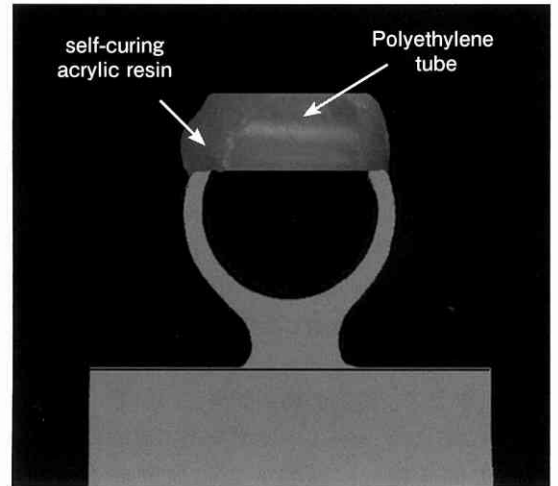


Fig.4 Polyethylene tube and self-curing acrylic resin were used for prevention method of a clasp deformation.

5. バレル研磨によるクラスプ変形の抑制法

クラスプの変形を抑制するためには、研磨材が鉤尖に直接衝突することを防ぐことが求められる。そこで、クラスプ鉤尖部から内径2mm、外径4mmのポリエチレン・チューブを通して両鉤腕を連結するように被覆し、チューブとクラスプの間隙に常温重合レジンを通り流し込み封鎖した (Fig. 4)。その後、バレル研磨を施し、先に述べた方法に準じて鉤尖間距離を計測した。

6. 統計処理法

鉤尖間距離の計測値に対して、一元配置分散分析と Bonferroni の多重比較を用いて平均値の差の検定を行った。

結 果

1. バレル研磨による研削量について

アルミナ・サンドブラスト処理を行った表面を露出面が直径3mmの円形になるように周囲をマスクングしてバレル研磨を二次研磨まで施した結果、研磨面の研削深さは基準面に対して $11.1 \pm 3.9 \mu\text{m}$ であった (Fig. 5)。

2. 鉤尖間距離の測定結果について

試料Aにおける研磨前の鉤尖間距離は $4.13 \pm 0.29\text{mm}$ で、一次研磨後は $4.56 \pm 0.24\text{mm}$ 、二次研磨後は $4.70 \pm 0.23\text{mm}$ であった。それぞれの変化量を算出すると、研磨前に比較して一次研磨後で平均 0.43mm 、二次研磨後で平均 0.57mm 増加し、研磨前に比較して有意差が認められた (Fig. 6)。

試料Bにおける研磨前の計測値は $7.85 \pm 0.3\text{mm}$ で、一次研磨後は $8.10 \pm 0.23\text{mm}$ 、二次研磨後は $8.15 \pm 0.24\text{mm}$ であった。それぞれの変化量を算出すると、一次研磨後で平均 0.26mm 、二次研磨後で平均 0.31mm 増加したが、研磨前に比較して有意差は認められなかった (Fig. 7)。

3. クラスプ変形の抑制効果について

ポリエチレン・チューブで連結・保護した場合の鉤尖間距離は、試料Aでは研磨前が $4.05 \pm 0.16\text{mm}$ 、一次研磨後は $4.04 \pm 0.15\text{mm}$ 、二次研磨後は $4.05 \pm 0.15\text{mm}$ であった。それぞれの変化量を算出すると、研磨前と比較して一次研磨で平均 0.008mm 、二次研磨で平均 0.003mm であり、研磨前に比較して有意な差がなく、本法によるクラスプ変形の抑制効果が認められた (Fig. 8)。

試料Bでは研磨前が $7.48 \pm 0.02\text{mm}$ 、一次研磨後は $7.54 \pm 0.07\text{mm}$ 、二次研磨後は $7.56 \pm 0.15\text{mm}$ であった。それぞれの変化量を算出すると、研磨前と比較して一次研磨で平均 0.06mm 、二次研磨で平均 0.08mm であり、研磨前に比較して有意差が認められなかった (Fig. 9)。

考 察

1. バレル研磨について

コバルトクロム合金は強度、化学的安定性および比重が小さく、鑄造精度が比較的良好なことか

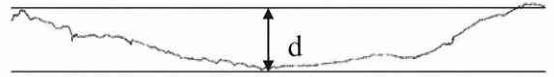


Fig.5 Measurement of cutting depth by barrel finishing (d).

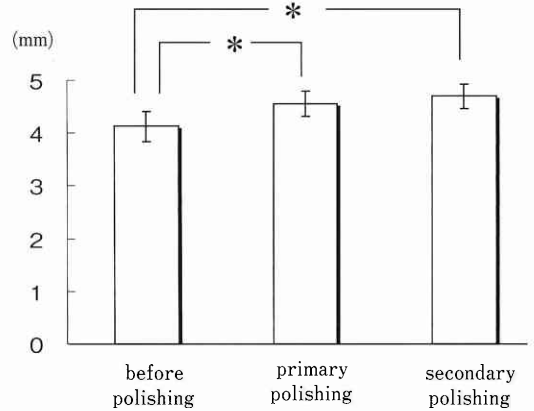


Fig.6 Inter clasp tip dimension of the premolar type specimens. (* : $p < 0.01$)

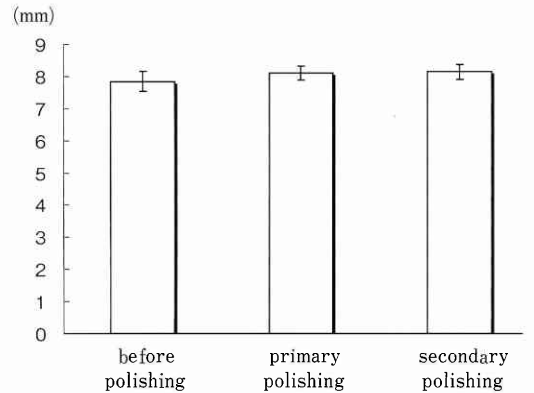


Fig.7 Inter clasp tip dimension of the molar type specimens.

ら、金属床義歯の鑄造用合金として多用されている。一方で、硬度が歯科用合金のなかで最も高い部類であり、鏡面に仕上げ研磨することが困難な合金である¹⁷⁾。そのため、コバルトクロム合金の鑄造法と研磨法は古くから種々考案され、臨床技工に応用されてきた¹⁻⁷⁾。コバルトクロム合金は、鑄造時の溶湯合金と鑄型材との焼着現象により鑄造体の表面が粗糙となり、加えて硬度が高いことから、鏡面に仕上げるためには多くの作業工程を

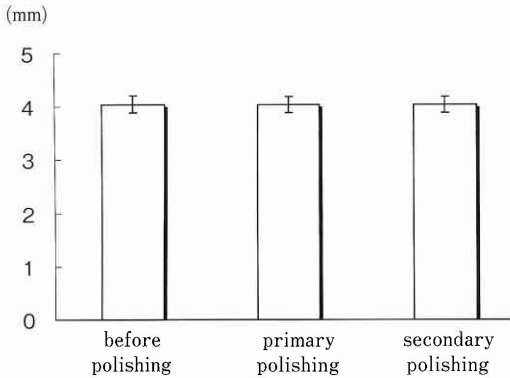


Fig.8 Inter clasp tip dimension of the premolar type specimens on prevention test.

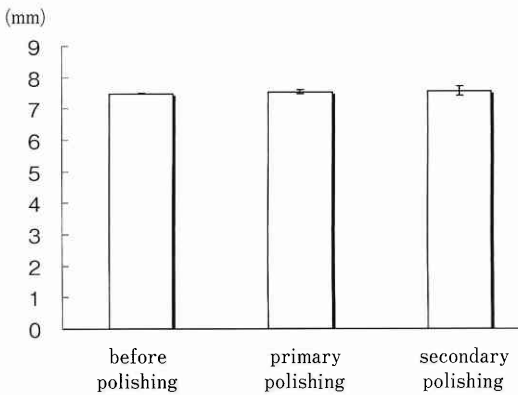


Fig.9 Inter clasp tip dimension of the molar type specimens on prevention test.

踏まなければならない。研磨法について、川原ら²⁾は鋳造体の表面に固着した鋳型材の除去には50～100メッシュのシリコン・カーバイド砥粒によるサンドブラस्टイング、仕上研磨には回転切削工具、電解研磨およびバレル研磨を挙げている。特に、バレル研磨に対しては、ゆるやかな長時間研磨法であり、加工歪が現われにくく、多数個を同時に研磨できることから効率的であるが、鋳造体の変形については今後の研究を待ちたいと述べている。この後、宮崎ら⁹⁾はチタンの研磨にバレル研磨を応用しようと高速自動遠心バレル研磨機による研磨効率と研磨面の性状について検討し、臨床応用の可能性を報告した。そのなかで、バレル研磨の臨床応用には研磨効率のみならず、研磨による粉塵の発生がなく環境衛生面に優れること

や、ミクロンオーダーの精密な加工が可能な点からも推奨している。バレル研磨機はバレルの運動様式により、回転バレル、振動バレル、遠心流動バレル、ジャイロ法に分けられる。さらに、遠心流動バレルは遊星旋回型と8の字全面流動型に分類される¹⁸⁾。今回の実験で使用したバレル研磨機は8の字全面流動型で、バレルの回転と左右のシェーキングにより、メディアとワークが槽内を8の字に流動する様式である。

このバレル研磨を臨床応用するに際し、山森ら¹³⁾は全部床義歯の研磨を想定して床用レジンの表面粗さと研削量を報告し、僅か20 μ mの研削深さでレジン表面の算術平均粗さ(Ra)が0.24 μ mになることを報告した。その後、谷¹⁹⁾、植原²⁰⁾、島崎ら²¹⁾の研究により全部床義歯に対するバレル研磨の臨床応用が可能となった。一方、コバルトクロム合金に対しては、山森ら¹³⁾により研磨材と研磨時間に関する研究が行われた。それによると、回転数を200rpmに設定した時に、一次研磨材は酸化アルミニウムと二酸化ケイ素を主成分とする1辺の長さとしが6mmの三角柱形セラミック材が選択された。また、二次研磨材は同成分で1辺4mmの三角柱形セラミック材が選択され、研磨時間は一次研磨が60分間、二次研磨は40分間が最も優れていた。

しかし、これらの条件は表面性状の改善には効率的であるが、臨床応用に際しては支台装置や連結装置の変形に及ぼす影響を明らかにすることが求められた。

2. バレル研磨によるクラスプ変形の要因について

バレル研磨は研磨槽が回転軸の周りを回りながら左右にシェークされ、8の字を描くように運動する。したがって、研磨材が鉤腕の内外に衝突することによる鉤腕の変形と、研磨材によるコバルトクロム合金の研削により、クラスプには三次元的な変形の生じることが予測される。しかし、今回の実験のような微小な値を三次元的に捉えることは困難なことから、今回はクラスプの変形を、維持に影響を与える鉤尖間距離の変化で代表させた。

クラスプを変形させる要因である研磨材の衝突

と研磨による研削のどちらの影響力が強いのかを検討するため、まず、研削される量を求めてみた。研削量は重量で表現するのが一般的である⁶⁾が、今回の実験ではクラスプの変形に及ぼす要因として捉えるため、研削される深さとして求めた。その結果、研削深さは約0.01 mmであった。この値は今回の実験で得られた鉤尖間距離の変化量、すなわち試料Aでは平均0.57mm、試料Bでは平均0.31mmの値に影響を与える程度ではないことから、バレル研磨による鉤尖間距離の変化は研削量よりも研磨材の衝突による鉤腕の変形にあることが示された。

3. バレル研磨による鉤尖間距離の変化について

クラスプはパーシャルデンチャーの維持、支持、把持に重要な役割を担っており、クラスプの形態や鉤腕の寸法はクラスプの機能に直接的な影響を及ぼす。そのため、古くから多くの形態が提唱され臨床に応用されてきた²²⁻²⁴⁾。なかでもエーカーズ・クラスプは環状クラスプを代表し、最も有効な維持力と把持力を発揮できるクラスプとされている。しかし、使用するアンダーカットや鉤腕の寸法および鉤歯の種類の違いなどによっては、クラスプの機能が異なったものとなり、鉤歯の負担過重や顎堤吸収をもたらす要因となる。したがって、クラスプの適切な寸法についての検討が重ねられてきた。山賀¹⁴⁾は鉤腕の断面形態、鉤腕の長さ、湾曲が維持力に影響することを報告し、奥野ら¹⁵⁾は維持力を求めるための係数と鉤尖部が0.1mmたわむのに必要な荷重を設定し、この係数と曲げ強さにより維持力を求める方程式を提唱している。今回の実験で設定したクラスプは、小白歯と大白歯を想定しているが、三次元的に湾曲する鉤腕を、その長さを維持したまま水平面に伸ばして平坦化している。これは、バレル研磨におけるクラスプの変形を鉤尖間距離に代表させて計測するために、研磨材の衝突と研削の影響を単純化したからである。クラスプの寸法は奥野ら¹⁵⁾、Henderson and Steffel¹⁶⁾の報告に基づいて設定したが、鉤尖間距離については藤田ら²⁵⁾の歯冠計測値を参考に、下顎小白歯と上顎大白歯を想定して設定した。

試料Aのクラスプでは、研磨前に比較して一次研磨後で平均0.43mm、二次研磨後で平均0.57mm増加し、研磨前に比較して有意差が認められた。しかし、試料Bでは一次研磨後、二次研磨後とも試料Aに比較して小さな変化量であり、研磨前に比較して有意差が認められなかった。これは、試料に設定した鉤尖間距離の違いが関与していると考えられる。すなわち、試料Aでは一辺6mmの一次研磨材よりも狭い鉤尖間距離を設定したために、研磨材がクラスプ内を通過する際に、鉤尖部に衝突して外方に広げる力が加わったものと考えられる。これに対して、試料Bでは鉤尖間距離が7.5mmであり、研磨材の寸法よりも広く設定されたことから、鉤尖間への衝突が和らぎ、外力が弱まったためと考えられた。

4. クラスプ変形の抑制効果について

エーカーズ・クラスプの鉤尖を設定するアンダーカット量は、一般的には0.25mmとされている。バレル研磨による二次研磨後の鉤尖間距離は、試料Aで平均0.57mm、試料Bで0.31mmと、エーカーズ・クラスプが必要とするアンダーカット量をはるかに超えている。これらの値はクラスプの維持力、把持力に直接的に影響を与えることから、変形を抑制する方法を検討する必要がある。バレル研磨によるクラスプ変形の原因は、先に述べたように研磨材の衝突である。そこで、まず考えられるのはクラスプ全体を樹脂等で被覆して研磨材の衝突から防護する方法である。この方法はクラスプの変形を防御できたとしても、クラスプの研磨自体が不可能であり、また樹脂を除去する際にクラスプを損傷する可能性もある。次に考えられるのはクラスプの鉤尖のみを弾力のある素材で保護し、研磨材の衝突を和らげることである。この方法では鉤尖は守れても鉤腕全体の変形には対応できないことになる。そこで、鉤尖部を被覆し、かつ両鉤腕を連結する方法を考案した。これは、まずポリエチレン・チューブで鉤腕を被覆し、次に鉤尖間を常温重合レジンで連結する方法である。この方法であれば、研磨材が直接鉤尖に衝突することもなく、研磨材が鉤腕内を通過しようとして衝突しても鉤尖間が拡大することがない。実際、試料A、試料Bともチューブを付与したときの

鉤尖間距離の変化量は微量であり、クラスプの維持力に影響を与える程度ではなかった。

今回の実験から、バレル研磨によるクラスプ変形の原因は研磨材の衝突であり、変形を抑制するためには鉤腕をポリエチレン・チューブで被覆し連結・保護することが有効であることが示された。したがって、パーシャルデンチャー・フレームワークの研磨にバレル研磨を応用することが可能であることが明らかとなった。

結 論

バレル研磨によるクラスプの変形と抑制法について検討した結果、以下の結論が得られた。

1) バレル研磨により鉤尖間距離は、試料 A の一次研磨で平均0.43mm、二次研磨で平均0.57mm 増大し研磨前と比較して有意差が認められた。一方、試料 B では一次研磨後で平均0.26mm、二次研磨後で平均0.31mm と増加したが研磨前と比較して有意差は認められなかった。

2) 鉤尖間をポリエチレン・チューブで連結・保護することにより、鉤尖間距離の変化量を試料 A で0.01mm 以内、試料 B で0.08mm 以内に抑制できた。

以上のことから、パーシャルデンチャーのフレームワークの研磨にバレル研磨を応用してもクラスプに変形を与えることなく表面粗さの改善が可能であることが示された。

謝 辞

稿を終えるに臨み、ご懇篤なるご指導とご高閲を賜りました奥羽大学歯学部歯科補綴学講座清野和夫教授に深甚なる感謝の意を表します。また、本研究にご協力をいただきました歯科補綴学講座、生体材料学講座の皆様にご感謝いたします。

本論文の一部は、平成21年度日本補綴歯科学会東北・北海道支部学術大会(2009年10月25日 盛岡市)において、要旨は第48回奥羽大学歯学会(2009年11月14日 郡山市)において発表した。

文 献

1) 吉田隆一, 荒井敏夫: サンドブラスト. DE **32**; 30-40 1975.

- 2) 川原春幸, 石崎順啓: 鑄造床の研磨と適合性. 歯科技工別冊 研磨; 88-106 医歯薬 東京 1979.
- 3) Aydin A. K.: Evaluation of finishing and polishing techniques on surface roughness of chromium-cobalt castings. J. Prosthet. Dent. **65**; 763-767 1991.
- 4) Sinclair G. F., Radford D. R., Sherriff M., Walter J. D.: Effects of electrobrightening on the fit surface of cobalt-chromium RPD frameworks. Int. J. Prosthodont. **13**; 232-237 2000.
- 5) Taga Y., Kawai K., Nokubi T.: New method for debesting cobalt-chromium alloy castings: sandblasting with a mixed abrasive powder. J. Prosthet. Dent. **85**; 357-362 2001.
- 6) Ponnanna A. A., Joshi S. M., Bhat S., Shetty P.: Evaluation of the polished surface characteristic of cobalt-chrome castings subsequent to various finishing and polishing techniques. Indian J. Dent. Res. **12**; 222-228 2001.
- 7) Bezzon O. L., Pedrazzi H., Zaniquelli O., da Sliva T. B.: Effect of casting technique on surface roughness and consequent mass loss after polishing of NiCr and CoCr base metal alloys: a comparative study with titanium. J. Prosthet. Dent. **92**; 274-277 2004.
- 8) 加藤一男, 酒井彬博, 柴 満生: バレル研磨の歯科的応用に関する検討. 医材研報 **6**; 62-69 1972.
- 9) 宮崎 隆, 玉置幸道, 鈴木 暎, 宮治俊幸: タタン補綴物の研磨に関する研究(第3報)バレル研磨. 歯科材料・器械 **7**; 131-137 1988.
- 10) 石川 香: 遠心発射型研磨装置を用いたコバルトクロム合金の研磨法の開発. 阪大歯学誌 **44**; 1-19 2000.
- 11) Ono T., Ishikawa K., Yamada O., Nokubi T.: Influence of shooting angle of polishing particle on surface roughness of a cobalt-chromium alloy using a centrifugal shooting type polishing machine. Dent. Mater. J. **23**; 638-643 2004.
- 12) Ono T., Ishikawa K., Yamada O., Nokubi T.: Effect of texture of polishing particle on the surface roughness of a cobalt-chromium alloy using a centrifugal shooting type polishing machine. Dent. Mater. J. **24**; 487-493 2005.
- 13) 山森徹雄, 古澤正克, 島崎政人, 中山公人, 和栗範幸, 佐藤克彦, 清野和夫: コバルトクロム合金鑄造床のバレル研磨—研磨材と研磨時間に関する基礎的研究—. 補綴誌 **50**; 228-237 2006.
- 14) 山賀 保: 鑄造鉤に関する力学的研究—鉤腕の力学的性質ならびに維持力に影響する因子について—. 補綴誌 **23**; 271-287 1979.
- 15) 奥野善彦, 野首孝詞: 形態と機能. 歯界展望別冊 パーシャルデンチャーの設計と臨床例;

- 29-39 医歯薬 東京 1985.
- 16) Henderson D., and Steffel V. L. : McCracken's Removable Partial Prosthodontics 5 ed. ; 65 Mosby Saint Louis 1977.
- 17) 金竹哲也 : 歯科理工学通論 ; 219-222 永末出版 東京 1978.
- 18) 玉置幸道, 青山訓康, 鈴木 暎, 宮崎 隆 : 歯科用バレル研磨機をテストする. DE **104** ; 27-38 1993.
- 19) 谷 信幸 : 義歯床粘膜面のバレル研磨に関する基礎的研究. 奥羽大歯学誌 **24** ; 1-13 1997.
- 20) 植原典子 : 床用レジンのバレル研磨面に対する細菌の付着性に関する研究. 奥羽大歯学誌 **25** ; 77-85 1998.
- 21) 島崎政人, 阿久津三幸, 山森徹雄, 植原典子, 高橋秀美, 谷 信幸, 清野和夫, 長山克也 : 全部床義歯のバレル研磨に関する研究 研磨条件が各種人工歯表面性状に及ぼす影響. 補綴誌 **42** ; 342-348 1998.
- 22) Kratochivil F. J. : Influence of occlusal rest position and clasp design on movement of abutment teeth. J. Prosthet. Dent. **13** ; 114-124 1963.
- 23) Miller E. L. : Removable partial prosthodontics ; 154-170 Williams & Wilkins Baltimore 1972.
- 24) Krol A. J. : RPI(rest, proximal plate, I bar) clasp retainer and its modifications. Dental Clinics of North America **17** ; 631-649 1973.
- 25) 藤田恒太郎, 桐野忠太 : 歯の解剖学 第21版 ; 47-88 金原出版 東京 1981.
- 著者への連絡先 : 山森徹雄, (〒963-8611) 郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部歯科補綴学講座
Reprint requests : Tetsuo YAMAMORI, Department of Prosthetic Dentistry, Ohu University School of Dentistry 31-1, Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan