

純チタンに対するダイヤモンド配合砥粒の研磨効果

嶋倉道郎 角谷三郎 竹内 操 池山丈二

Polishing Effect of Diamond Contained Abrasive Grain on Pure Titanium

Michio SHIMAKURA, Saburo KAKUTANI, Misao TAKEUCHI and Johji IKEYAMA

The purpose of this study was to evaluate the polishing effect on pure titanium of abrasive grain that contained diamond powder. Casting pure titanium specimen was polished using a centrifugal shooting type polishing system for various lengths of time. Three different abrasive grains were used for polishing, that is, green carborundum (GC), green carborundum containing 20wt% diamond powder (D20%) and green carborundum containing 40wt% diamond powder (D40%). After polishing the arithmetical mean roughness (Ra) of each specimen was measured with surface roughness measuring apparatus. The result was that, in the same polishing time, the value of Ra using D20% or D40% was lower than that using GC. However, the difference between D20% and D40% was not recognized.

Key words : Pure titanium, Surface roughness, Abrasive grain, Diamond powder

緒 言

チタンは耐食性や生体親和性に優れ、安価でもあることから従来の貴金属合金に代わる歯科用金属として期待されている。しかし、これまでは加工性に難点があったため、なかなか臨床に普及するまでには至らなかった。近年チタン専用の埋没材や鋳造機が開発され、さらにCAD/CAM装置の精度が向上したことにより、加工性の問題は解消されつつある。ただチタンは難削性の金属であるため研磨が困難で、従来の回転ホイール等を用いた機械研磨では研磨材の磨耗が激しく、長時間を要することが問題点として残されている¹⁾。

我々は義歯の研磨を目的に開発された遠心発射型研磨装置「Grain-Slider NK」をチタンの研磨に応用できないかと考え、一連の実験を行った結果、チタン表面を短時間で仕上げ研磨に移る前の状態にまで研磨することが可能であり、中研磨と

しての効果が大きいことを確認した^{2,3)}。今回はさらに研磨効果の向上を目指し、遠心発射型研磨装置の研磨用コアに付着させる研磨砥粒に、ダイヤモンドの微粉末を配合した場合の研磨効果について検討した。

実験方法

1. 試料の作製

実験材料には、JIS第2種純チタン(チタン100, 松風)を使用した。試料の作製にあたっては、まず20×25×1mmのプラスチックパターンを準備し、アルミナマグネシア系埋没材(チタベストCB, モリタ)にて埋没した。埋没したリングをメーカー指示のスケジュールに従って加熱、冷却した後、遠心加圧吸引鋳造機(ヴァルカン-T, 松風)を用いて純チタンを鋳造した。

鋳造後、埋没材から取り出した鋳造体は、ガラスビーズによるサンドブラスト処理および超音波

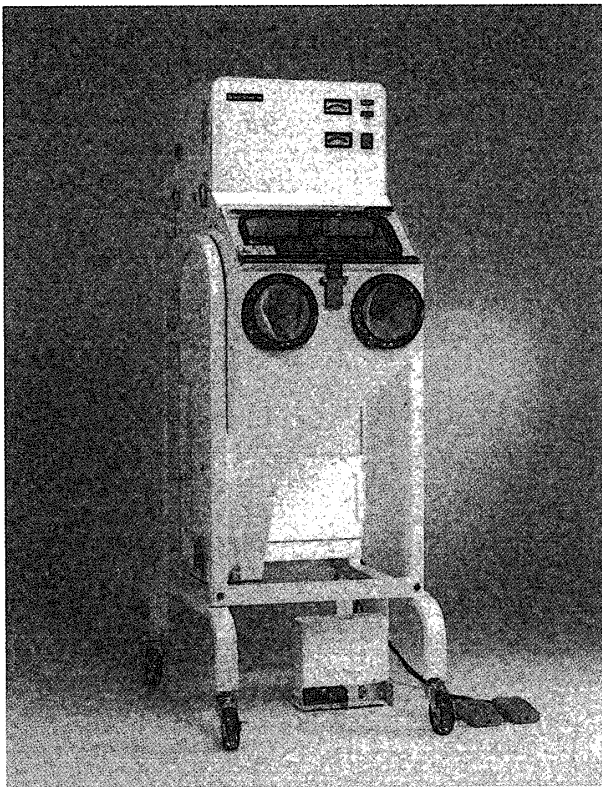


Fig. 1 Centrifugal Shooting Type Polishing System (Grain-Slider NK)

洗浄を行って、付着した埋没材を除去し研磨用の試料とした。なお試料は各研磨条件につき5個ずつ作製した。

2. 研磨方法

試料の研磨にはFig. 1に示す遠心発射型研磨装置(Grain-Slider NK パナソニックデンタル)を使用した。研磨にあたっては、まず研磨槽内に設置した衝射角度固定装置により、発射ノズルから試料研磨面までの距離が50mm、研磨面に対する研磨材の衝射角度は45度となるように調整した。また研磨材の衝射密度は200 g/秒に固定した。Fig. 2に研磨槽内に設置した衝射角度固定装置を示す。

衝射時間は10, 20, 30, 40, 50, 60秒の6条件とし、研磨用コアに付着させる研磨砥粒として、オリジナルである平均粒径 $7\mu\text{m}$ のグリーンカーボランダム(以下GCと略記)、これに平均粒径 $4.5\mu\text{m}$ のダイヤモンド粉末を20wt%加えたもの(以下D20%と略記)、同じく40wt%加えたもの(以下D40%と略記)の3種類を使用した。

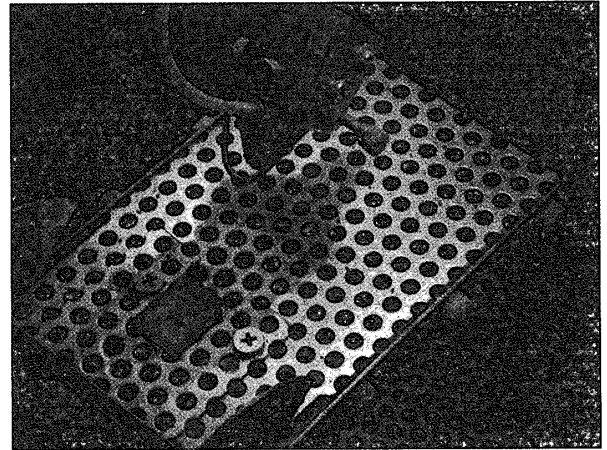


Fig. 2 Apparatus for Setting the Shooting Angle

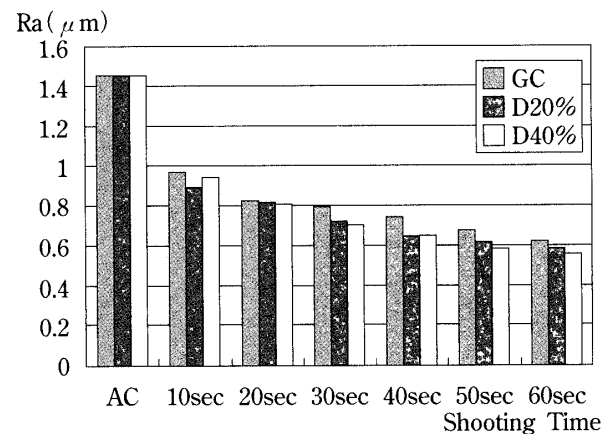


Fig. 3 Arithmetical Mean Roughness for Various Shooting Condition

3. 表面粗さの測定

研磨後の試料は超音波洗浄を行った後、表面粗さ測定機(サーフコム590A, 東京精密)を用いて表面粗さを測定した。測定条件は測定長5.0mm, 測定速度0.3mm/秒, カットオフ値0.8mmとし、算術平均粗さ(Ra)を算定した。なお測定は1試料につき4か所ずつ行い、平均値を求めた。統計処理は二元配置分散分析を行った後、Tukeyの多重比較により条件間の差を検定した。

結 果

各研磨条件における算術平均粗さ(Ra)の値をFig. 3に示す。As Castの状態では $1.46 \pm 0.23\mu\text{m}$ であったが、どの研磨砥粒を使用した場合でも衝射時間が長くなるに従って値は低下し、D40%

Table 1 Result of Tukeys Multiple Comparison Test (Shooting Time)

Shooting Time	20sec	30sec	40sec	50sec	60sec
10sec	**	**	**	**	**
20sec		*	**	**	**
30sec			NS	**	**
40sec				NS	**
50sec					NS

** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$, NS : No Significance

60秒の衝射で $0.55 \pm 0.08 \mu\text{m}$ と最も良好な値を示した。また同じ衝射時間で比較するとGCよりもD20%およびD40%の方がやや小さな値を示した。

二元配置分散分析を行った結果、衝射時間および研磨砥粒の種類の間因子について1%の危険率で有意性が認められたが、交互作用は認められなかった。各研磨条件間でのTukeyの多重比較の検定結果をTable 1, 2に示す。衝射時間については、30秒と40秒、40秒と50秒、50秒と60秒の間を除くと全ての条件間で有意差が認められ、衝射時間が長くなるに従ってRaの値が小さくなることが確認できた。一方研磨砥粒の種類については、GCとD20%、GCとD40%の間では1%の危険率で有意差が認められたが、D20%とD40%の間では有意差は認められなかった。

考 察

1. 実験方法について

チタンの研磨が困難な理由として、化学的活性が高い上に熱伝導率が低い金属であることが挙げられる。そのため従来の回転ホイールを使用した研磨では、研磨面が発熱して研磨材が磨耗しやすく、また目詰まりを起こしやすいことが、チタンの機械研磨を困難にしている理由の一つとされている¹⁾。そこで従来の機械研磨法に代わり化学研磨法⁴⁾、パレル研磨法⁵⁾、電解複合研磨法⁶⁾、コロイダルシリカを研磨材として用いる方法⁷⁾などが試みられている。その中で化学研磨法やパレル研磨法は研削量のコントロールが難しく、またクラウンの辺縁など細かな部分を欠いてしまう恐れがある。また電解複合研磨法は平面に対しては効果が大きく、チタン表面を滑沢にできることが確認

Table 2 Result of Tukeys Multiple Comparison Test (Abrasive Grain)

Abrasive Grain	D20%	D40%
GC	**	**
D20%		NS

** : $P < 0.01$, NS : No Significance

されているが、クラウンの咬合面など複雑な形態の部分に用いるには、さらに装置を工夫する必要がある。

遠心発射型研磨装置は、ノズルから発射される研磨砥粒を付着した研磨用コアが、被研磨体表面を滑走することにより効果が発揮される機構になっているため、従来の機械研磨と比較して研磨面の発熱は少なく、研磨材の磨耗も少ないものと思われる。実際に我々が行った実験でも、CAD/CAMで加工された純チタン表面を遠心発射型研磨装置で研磨したところ、約50秒の研磨で算術平均粗さ(Ra)を $0.6 \mu\text{m}$ 以下にまで低下させることができた²⁾。したがってこの装置は、仕上げ研磨に移る前の中研磨用に使用すると、効果が大きいものと言える。

ただ遠心発射型研磨装置はもともと義歯の研磨を目的として開発されたものであり、研磨砥粒にもグリーンカーボランダムが使用されている。研磨砥粒を考えた場合、ダイヤモンドが硬くて熱伝導率も高いため、チタンの研削材としては適しているものと考えられる。そこで遠心発射型研磨装置の研磨砥粒にダイヤモンド微粉末を配合することにより、チタンの研磨効果をより向上させることができるのではないかと考えて実験を行った。

2. 実験結果について

どの研磨砥粒を使用した場合でも、研磨時間が長くなるに従って、試料表面の算術平均粗さ(Ra)の値は減少したが、研磨時間30秒と40秒の間、40秒と50秒の間、50秒と60秒の間では有意差は認められず、その減少カーブは次第に緩やかになる傾向を示した。これは我々がこれまでに行ってきた実験と同様の結果であり、やはり純チタンの研磨に遠心発射型研磨装置を使用した場合には、50~60秒程度の研磨時間で表面粗さはほぼ一定の値に

なるものと推定できる。

また研磨砥粒にダイヤモンド微粉末を配合することにより、オリジナルの研磨砥粒を使用した場合より算術平均粗さの値は小さくなった。横堀は同じダイヤモンドの微粉末を35wt%配合した研磨砥粒で研磨を行った結果、40秒の研磨で算術平均粗さの値を0.43 μ m程度にまで小さくできたと報告している³⁾。今回の実験でも表面粗さの絶対値はやや大きいものの同じ傾向を示し、ダイヤモンド微粉末を研磨砥粒に配合する効果は確認できた。

ただD20%とD40%の間、すなわちダイヤモンド微粉末の配合率の違いによる差は認められなかった。オリジナルの研磨砥粒であるグリーンカーボランダムに比較すると、ダイヤモンドは比重が大きい。したがって体積に換算した場合、D20%とD40%の配合率の差は僅かになってしまうため、研磨効果に差が現れにくかったのではないかと考えられる。

体積で20%、40%のダイヤモンド微粉末を配合するとなると、研磨砥粒の価格が極端に高くなってしまう。今回の実験で確かにダイヤモンド微粉末を研磨砥粒に配合する効果は認められたが、オリジナル研磨砥粒との差はわずかであった。従って、臨床的に対価格比での効果を考えると、判断は難しいところである。今後はダイヤモンドに代わる、より安価な研磨材を開発することも必要であろう。

結 論

遠心発射型研磨装置に用いる研磨砥粒に、ダイヤモンド微粉末を配合した場合の効果を確かめるため、配合率を変えて純チタン鑄造体の研磨を行

い、以下の結論を得た。

1. オリジナルの研磨砥粒に比較すると、ダイヤモンド微粉末を配合した研磨砥粒は、研磨効果が大きいものの、その差はわずかであった。

2. ダイヤモンド微粉末の配合率が20wt%と40wt%の研磨砥粒では、研磨効果に差は認められなかった。

文 献

- 1) 宮川 修：チタンの砥粒反応と研磨. 補綴誌 **42**; 540-546 1998.
- 2) Shimakura, M., Yamamoto, M., Nakajima, K. and Yoshida, N.: Application of a Centrifugal Shooting Type Polishing System to Polish Pure Titanium. Dent Mater **J** **19**; 405-412 2000.
- 3) 横堀雅義：遠心発射型研磨装置による純チタン鑄造体の研磨効果. 奥羽大歯学誌 **29**; 248-260 2002.
- 4) 宮崎 隆, 玉置幸道, 鈴木 暎, 宮治俊幸：チタン補綴物の研磨に関する研究 (第3報) パレル研磨. 歯材器 **7**; 131-137 1987.
- 5) 玉置幸道, 宮崎 隆, 鈴木 暎, 宮治俊幸：チタン補綴物の研磨に関する研究 (第4報) 化学研磨. 歯材器 **7**; 786-791 1988.
- 6) 大川成剛, 金谷 貢, 渡辺孝一, 中野周二ほか：チタンの電解複合研磨(ECB)について 一研磨条件の違いによる仕上げ面粗さ一. 歯材器 **15** (特別号27); 226-227 1996.
- 7) 平田哲也, 中村隆志, 高島史男, 丸山剛郎ほか：チェアーサイドにおける歯科補綴物の研削研磨に関する研究 第三報 チタンの鏡面研磨について. 歯材器 **17** (特別号31); 149 1998.

著者への連絡先：嶋倉道郎, (〒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第I講座

Reprint requests: Michio SHIMAKURA, The First Department of Prosthodontics, Ohu University, School of Dentistry

31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan