コバルト・クロム合金鑄造体の表面あらさに関する研究

野首 孝祠 川畑 直嗣 山田 隆司 奥野 善彦

Studies on Surface Roughness of Chromium-Cobalt Castings

Takashi Nokubi, Naotsugu Kawahata, Takashi Yamada, Yoshihiko Okuno

緒 言

近年、高温鑄造法の発達にともない、コバルト・クロム合金を使用した鑄造床が広く臨床で用いられるようになった。この種の合金は機械的性質がすぐれ、化学的にも安定であり、また比重が金合金の約 1/2 であり、さらに生体組織に対する親和性にもすぐれているなどの多くの特徴¹⁻³⁾を有している。また、この合金の熔融温度は 1,300~1,500°C と高いため、その鑄造には高温鑄造用埋没材が必要であり、リン酸塩系埋没材、エチルシリケート系埋没材、コロイダルシリカ系埋没材、石膏系埋没材などが用いられている。この中でリン酸塩系埋没材は、すぐれた耐熱性を有し、保存性にもすぐれ、使用法が簡便であり、さらに圧縮強度が大きく模型が強固であるなどの利点を有しているため、現在最も多く使用されている。しかし、この種の埋没鑄造材は、時にコバルト・クロム合金と反応して緑色の反応生成物を形成し、鑄造体表面が粗糙になるという欠点が指摘されている^{4,5)}。このような鑄造体の表面あらさは、各種補綴物の適合性に対して大きな影響を及ぼすのみならず、齲蝕の発生あるいは粘膜の炎症などにも影響するものと考えられる。しかし、これまで中熔合金の鑄造体における表面あらさに関しては、種々の報告がみられる⁶⁻¹²⁾が、高熔合金の鑄造体の表面あらさに関する研究は少なく、とくにサンドブラスト処理、電解研磨処理が鑄造体の表面あらさに及ぼす影響について検討したものは、ほとんどみられない。

そこで本研究は、コバルト・クロム合金による鑄造床の粘膜面や鑄造鉤の内面を想定し、その製作過程にお

ける各種操作が、鑄造体の表面あらさに及ぼす影響を知るために行ったものである。まず、触針式あらさ測定機を用いて、鑄造、サンドブラスト処理、電解研磨処理などの各種操作後における表面あらさを測定し、さらに走査型電子顕微鏡を用いてその表面性状を詳細に観察し、また各種操作時における鑄造体の厚さの変化などについても測定を行い、これらを比較検討した結果、いくつかの知見を得たので報告する。

実験材料ならびに方法

1. 試料の製作

まず、寒天印象材（大成社製、タイゲル）を用いて平滑なガラス面を印象し、その印象面にリン酸塩系埋没材（松風社製、ハイベスト D、混液比：0.14）を注入して埋没材模型板（厚さ：2 mm）を製作した。なお、対照として同じ平滑なガラス板上に直接埋没材を注入して、同様の模型板を製作した。

次いで、この 2 種類の埋没材模型板上に、縦 30 mm、横 20 mm、厚さ 0.7 mm のワックスパターンを製作した後、このパターンの長軸方向に平行となるように直径 2.5 mm のスプルーを植立した（図 1、2）。これを水中

図 1 ワックスパターンの圧接とスプルー付着

大阪大学歯学部歯科補綴学第 2 講座（主任：河合庄治郎教授）

The 2nd Department of Prosthetic Dentistry, Osaka University Dental School (Chief: Prof. Shojiro Kawai)
昭和 53 年 7 月 22 日受付

図2 ワックスパターンの埋没方向

に3分間浸漬した後、同一埋没材（混水比：0.14）を用いてリングレス埋没を行った。なお、本実験では、埋没材模型板のワックスコーティングは行わなかった。

埋没24時間経過後、鋳型を室温から800°Cまで4時間で上昇させ、さらに800°Cで1時間保留した後、アルゴンアーク加圧鋳造機（松風社製、アルゴンキャスト）を用いて鋳造を行った。使用金属は、コバルト・クロム合金の1種であるスマロイコバルト（松風社製）とした。鋳造後、リングを室温まで放冷し、注意深く鋳造体を取り出した。次に、鋳造体に付着した埋没材および酸化膜を除去するため、鋳造体を50% NaOH 沸騰溶液中に30分間浸漬し、次いで沸騰水中に5分間浸漬した。後、さらに、水中で10分間超音波洗浄を行い、測定試料とした。なお、寒天印象を行って製作した鋳造体試料（実験群）とガラス面上に埋没材を注入して製作した鋳造体試料（対照群）の試料数はそれぞれ12個ずつとした。

次に、サンドブラスト処理の影響を検討するために、各試料群をさらに2群（各6個）に分けて、小型サンドブラスト（大栄歯科産業社製、サンドブラストE型）と大型サンドブラスト（厚地鉄鋼社製、キャビネットタイプB-1型）で処理を行った。小型サンドブラスト処理では空気圧を4 kg/cm²とし、各試料をノズル先端より5 cmの位置で保持して1分間処理を行い、各種の測定や観察を行った後、さらに2分間処理を行い、3分間処理の試料とした。一方、大型サンドブラスト処理では、空気圧を4 kg/cm²とし、各試料をノズルの先端より10 cmの位置で保持して15秒間処理を行った。

次に、埋没材模型面に接した鋳造体試料の被検面のみが電解研磨されるようにその裏面をコーティングし、被検面をエチルアルコールで脱脂した後、電解研磨器（松風社製）の使用電流を4 Aとして1分間電解研磨を行

図3 鋳造体試料における厚さの計測部位（単位：mm）

った。測定ならびに観察の後、さらに2分間電解研磨を行い、3分間処理の試料とした。なお、電解研磨液の温度は15~30°Cの範囲内とした。

2. 表面あらさの測定

被検面のスプルー付着部に近い1/2の部分（以下スプルー近接部とする）と離れた1/2の部分（以下スプルー遠隔部とする）において、測定部位をそれぞれ5カ所ずつ選択し、小坂式SE-4型あらさ測定機を用いて、各処理前後における表面あらさの測定を行った。測定条件は、測定距離5 mm、縦倍率1,000倍、横倍率100倍とし、表面あらさの表示には中心線平均あらさ（ R_a ）と最大あらさ（ R_{max} ）を用いた。

3. 鋳造体試料の厚さの変化の測定

鋳造体試料のサンドブラスト処理および電解研磨処理による厚さの変化を知るために、図3に示したように9カ所の測定部位を設定し、各処理前後における厚さを1/1,000 mm精度のマикроメーター（三豊社製）を用いて測定した。なお、その平均値の小数点以下第1位を四捨五入した値をその試料の厚さとした。

4. 走査型電子顕微鏡による観察

各試料の処理前後における表面性状を詳細に観察するために、導電性樹脂（藤倉化成社製、ドータイト）を用いて各試料を試料台に固定した後、EIKO イオンコーター IB-3（エイコー社製）を用いて試料表面に金蒸着を行い、走査型電子顕微鏡（日立明石社製、MINISEM-4T 型）により、2 次電子線像の観察を行った。なお、倍率は 100 倍と 1,000 倍の 2 種とした。

実験結果

1. 鑄造直後の表面あらさ

鑄造直後の鑄造体試料の中心線平均あらさおよび最大あらさの測定結果は、図 4、表 1 に示すとおりである。

中心線平均あらさにおいて、対照群ではスプルー近接部が約 2.4 μ 、スプルー遠隔部が約 2.0 μ を示し、測定部位による差が認められた。また、実験群ではスプルー近接部が約 3.5 μ 、スプルー遠隔部が約 3.3 μ を示し、測定部位による差はほとんどみられなかった。

一方、最大あらさにおいて、対照群、実験群ともに、スプルー近接部と遠隔部との間に有意差は認められず、対照群で約 7.8 μ 、実験群で約 11.3 μ を示した。

次に、対照群と実験群との間には、中心線平均あらさおよび最大あらさともに明らかに差が認められ、実験群の方が大きい値を示した。

2. サンドブラスト処理後の表面あらさ

1) 小型サンドブラスト処理後の表面あらさ

小型サンドブラストで 1 分間および 3 分間処理した鑄造体試料の表面あらさの測定結果は、図 4、表 1 に示すとおりである。なお、サンドブラスト処理後の表面あらさにおいて、スプルー近接部と遠隔部との間に有意の差が認められなくなったので、以後各試料における 10 カ所の測定値を平均してその試料のあらさ値とした。

図 4 小型サンドブラスト処理と電解研磨による表面あらさの変化

表 1 各種研磨操作による中心線平均あらさ (Ra) と最大あらさ (Rmax) (Unit: μ)

		対 照 群				実 験 群			
		Ra Mean(S.D.)		Rmax Mean(S.D.)		Ra Mean(S.D.)		Rmax Mean(S.D.)	
鑄直 造後	近接部	2.4(0.2)		7.8(0.9)		3.5(0.3)		11.3(1.4)	
	遠隔部	2.0(0.2)				3.3(0.2)			
サ ン ド ブ ラ ス ト 処 理	時間機種	小型	大型	小型	大型	小型	大型	小型	大型
	15 秒	—	1.4 (0.1)	—	4.3 (0.8)	—	1.8 (0.1)	—	5.1 (1.2)
	1 分	1.3 (0.1)	—	2.9 (0.9)	—	2.5 (0.1)	—	7.3 (1.0)	—
	3 分	1.2 (0.1)	—	2.2 (0.3)	—	2.3 (0.1)	—	6.2 (1.4)	—
電 解 研 磨	1 分	1.1 (0.1)	1.5 (0.0)	2.3 (0.3)	4.2 (0.5)	2.1 (0.1)	1.7 (0.1)	6.1 (0.9)	4.6 (0.5)
	3 分	0.9 (0.1)	1.4 (0.1)	2.0 (0.3)	4.2 (0.4)	2.0 (0.2)	1.8 (0.1)	4.8 (1.0)	4.2 (0.3)

1 分間処理後の中心線平均あらさは、対照群で約 1.3μ 、実験群で約 2.5μ となり、それぞれ鋳造直後より約 1μ 小さくなった。また、1 分間処理後の最大あらさは、対照群で約 2.9μ 、実験群で約 7.3μ となり、鋳造直後よりそれぞれ約 4.9μ 、約 4μ 小さくなり、いずれの場合でも実験群の方が対照群よりも明らかに大きな値を示した。

3 分間処理後における中心線平均あらさと最大あらさは、対照群、実験群ともに 1 分間処理後の値よりもわずかに小さくなる傾向を示したが、いずれも有意の差は認められなかった。また、対照群と実験群とを比較すると、1 分間処理後と同様に明らかに差が認められ、実験群の方が中心線平均あらさで約 1μ 、最大あらさで約 4μ 大きい値を示した。

2) 大型サンドブラスト処理後の表面あらさ

大型サンドブラストで 15 秒間処理した鋳造体の表面あらさの測定結果は、図 5、表 1 に示すとおりである。

中心線平均あらさは、対照群で約 1.4μ となり、鋳造直後より約 1μ 小さくなったが、対照群の小型サンドブラスト処理の値よりもわずかに大きくなる傾向を示した。また、実験群の中心線平均あらさは約 1.8μ で、鋳造直後より約 1.5μ 小さくなり、実験群の小型サンドブ

ラスト 3 分間処理後の中心線平均あらさより有意に小さな値を示した。また、実験群の方が対照群よりやや大きな値を示したが、小型サンドブラスト処理の値よりもその差は、明らかに小さくなった。

最大あらさについては、対照群で約 4.3μ 、実験群で約 5.1μ となり、鋳造直後よりそれぞれ約 3.5μ 、約 6.2μ 小さくなった。しかし、この処理時における対照群と実験群との差は、鋳造直後よりも小さくなった。

3. 電解研磨処理後の表面あらさ

電解研磨処理後の鋳造体の表面あらさの測定結果は、図 4、5、表 1 に示すとおりである。

中心線平均あらさでは、すべての試料群において、サンドブラスト処理後の値と 1 分間電解研磨後の値との間に有意の差が認められなかった。また、3 分間電解研磨後では、小型サンドブラストで処理した対照群と実験群は、それぞれ約 0.9μ 、約 2.0μ となり、サンドブラスト処理後の値より有意に小さくなった。しかし、大型サンドブラスト処理を行った試料群では、電解研磨の処理時間による影響はほとんど認められなかった。

最大あらさについては、すべての試料群において電解研磨によるあらさ値の変化は認められず、サンドブラスト処理後の値と 3 分間電解研磨後の値との間に有意の差は認められなかった。

また、対照群と実験群のあらさ値の差は、サンドブラスト処理後とほとんど同様であった。すなわち、小型サンドブラスト処理群では、中心線平均あらさおよび最大あらさにおいて、明らかに実験群の方が大きい値を示した。一方、大型サンドブラスト処理群では、中心線平均あらさでは実験群の方がやや大きくなる傾向を示したが、最大あらさではほとんどその差は認められなかった。

4. 鋳造体試料の厚さの変化について

サンドブラスト処理ならびに電解研磨における鋳造体の厚さの減少量の測定結果は、図 6、7、表 2 に示すとおりである。

小型サンドブラスト処理による鋳造体試料の厚さの減少量は、1 分間処理後では対照群、実験群ともに約 2μ となった。さらに、2 分間処理後では、対照群で約 4μ 、実験群で約 3μ の減少がみられたが、両者に有意の差は認められなかった。

一方、大型サンドブラスト処理による厚さの減少量は、対照群で約 11μ 、実験群で約 12μ となり、両者に

図 5 大型サンドブラスト処理と電解研磨による表面あらさの変化

図 6 小型サンドブラスト処理と電解研磨による厚さの減少量

図 7 大型サンドブラスト処理と電解研磨による厚さの減少量

有意の差は認められなかった。

また、1 分間の電解研磨処理による厚さの減少量は、ほとんどの試料群において約 3 μ を示したが、大型サンドブラスト処理を行った実験群では約 4 μ 減少し、他の試料群よりもやや大きな値を示した。さらに、2 分間電解研磨した 3 分後では、対照群、実験群ともに 1 分後の

表 2 各種研磨操作による厚さの減少量における平均値と標準偏差

(Unit: μ)

		小型サンドブラスト処理		大型サンドブラスト処理	
		対照群	実験群	対照群	実験群
サンドブラスト処理 (分)	15秒	—	—	11(2)	12(2)
	0→1	2(0)	2(1)	—	—
	1→3	4(1)	3(1)		
電解研磨 (分)	0→1	3(1)	3(0)	3(1)	4(0)
	1→3	3(1)	3(1)	3(1)	4(2)

厚さに比べて 3~4 μ の厚さの減少がみられ、各試料間において有意の差はほとんど認められなかった。

5. 走査型電子顕微鏡による 2 次電子線像の観察

対照群および実験群の鋳造体試料被検面の走査型電子顕微鏡写真を図 8~15 に示した。

鋳造直後の鋳造体試料被検面を対照群と実験群とで比較すると、100 倍拡大像では、対照群 (図 8-a) より実験群 (図 8-b) の方がやや粗雑な像を呈していることが観察される。また、1,000 倍拡大像では、対照群 (図 8-c) より実験群 (図 8-d) の方が凹凸がやや大きく、個々の凹部、凸部の面積も実験群の方が大きいことが観察される。

小型サンドブラストで 1 分間処理後の鋳造体試料被検面の状態を比較すると、100 倍拡大像では、対照群 (図 9-a) の方が実験群 (図 9-b) より均等な像を呈しており、実験群の方が小孔がより多く認められた。また、1,000 倍拡大像では、実験群 (図 9-d) において大きな凹部が認められたのに対し、対照群 (図 9-c) では凹部はやや小さく、板状構造の像を呈する部分が多く観察された。

さらに、小型サンドブラストで 3 分間処理後の鋳造体試料被検面を比較すると、100 倍拡大像では、対照群 (図 10-a) も実験群 (図 10-b) も不規則な境界をもつ小さな板状構造の像を呈しているが、実験群の方に小孔がやや多く認められ、また 1 分間処理後よりも平坦な板状構造を呈することがより明確となった。一方、1,000 倍拡大像では、対照群 (図 10-c) と実験群 (図 10-d) との間で粒子の大きさに著明な差は認められないが、対照群の方がより平坦な像を呈し、1 分間処理後の像と比べると明らかに凹凸の程度は少なくなった。

大型サンドブラストで 15 秒間処理後の鋳造体試料被検面を比較すると、100 倍拡大像では、対照群 (図 11-a)、

図 8 鋳造直後の走査型電顕写真像

a : 対照群 (×100) b : 実験群 (×100) c : 対照群 (×1,000) d : 実験群 (×1,000)

図 9 小型サンドブラスト 1 分間処理後の走査型電顕写真像

a : 対照群 (×100) b : 実験群 (×100) c : 対照群 (×1,000) d : 実験群 (×1,000)

図 10 小型サンドブラスト 3 分間処理後の走査型電顕写真像
a : 対照群 (×100) b : 実験群 (×100) c : 対照群 (×1,000) d : 実験群 (×1,000)

図 11 大型サンドブラスト 15 秒間処理後の走査型電顕写真像
a : 対照群 (×100) b : 実験群 (×100) c : 対照群 (×1,000) d : 実験群 (×1,000)

図 12 電解研磨 1 分間処理後の走査型電顕写真像 (小型サンドブラスト処理)
a : 対照群 (×100) b : 実験群 (×100) c : 対照群 (×1,000) d : 実験群 (×1,000)

図 13 電解研磨 1 分間処理後の走査型電顕写真像 (大型サンドブラスト処理)
a : 対照群 (×100) b : 実験群 (×100) c : 対照群 (×1,000) d : 実験群 (×1,000)

図 14 電解研磨 3 分間処理後の走査型電顕写真像 (小型サンドブラスト処理)
a : 対照群 (×100) b : 実験群 (×100) c : 対照群 (×1,000) d : 実験群 (×1,000)

図 15 電解研磨 3 分間処理後の走査型電顕写真像 (大型サンドブラスト処理)
a : 対照群 (×100) b : 実験群 (×100) c : 対照群 (×1,000) d : 実験群 (×1,000)

実験群（図 11-b）ともに細糸状の像を呈しているが、対照群の方がやや均質な像が見られた。また、1,000 倍拡大像では、対照群（図 11-c）より実験群（図 11-d）の方が大きな凹部が認められた。

サンドブラスト処理後、さらに電解研磨を 1 分間行った試料の走査型電子顕微鏡写真は図 12, 13 に示したとおり、各処理方法でやや異なる像を呈した。小型サンドブラスト処理後に電解研磨を行った試料の対照群（図 12-a, c）では表面の凹凸が最も少なかったが、実験群（図 12-b, d）ではその周囲が平坦で凹部が非常に深い像がみられた。一方、大型サンドブラスト処理後に電解研磨を行った試料の対照群（図 13-a, c）と実験群（図 13-b, d）との間には著明な差は認められなかった。また、サンドブラスト処理後と電解研磨 1 分間処理後の写真像を比較すると、前者では、各粒子の辺縁が鋸歯状であるのに対し、後者では、丸味を帯びた像が認められた。

さらに、電解研磨を 3 分間行った試料の走査型電子顕微鏡写真は図 14, 15 に示すとおりである。いずれの拡大写真においても表面の凹凸を比較することは困難であるが、小型サンドブラスト処理後に電解研磨を行った試料の対照群（図 14-a, c）と実験群（図 14-b, d）では類円形の孔が散在しており、大型サンドブラスト処理後に電解研磨を行った試料の対照群（図 15-a, c）と実験群（図 15-b, d）では鱗片の像を呈した。また、粒子の辺縁は、いずれの試料においてもさらに丸味を帯びていることが観察された。

考 察

臨床においてコバルト・クロム合金の鑄造床を製作する際に主として用いられているリン酸塩系埋没材は、他の高温鑄造用埋没材と比べて操作性、保存性、耐熱性などの点で優れているが¹⁻³⁾、反面、融解したコバルト・クロム合金と反応して鑄造体表面を粗糙にするともいわれている^{4,5)}。

一般に鑄造体の表面あらさに影響を及ぼす要因としては、石膏、印象材、埋没材などの種類ならびにそれぞれの操作条件、それにスプルーの太さおよび植立方向などの埋没条件、さらに鑄造リングの加熱速度や係留時間、鑄型温度、鑄込温度、金属の種類、鑄造方法などの鑄造条件、ならびに鑄造体の洗浄方法などがあげられる。しかし、熔融温度が 1,300~1,500°C と高い高熔合金は 1,000°C 前後の中熔合金の場合と比較して、主に次のよ

うな点で異なっている。

まず、複模型を製作する場合、主として寒天印象材とリン酸塩系埋没材が使用されており、そのリン酸塩系埋没材が寒天印象材中で硬化する際、寒天印象材中の水分が埋没材模型の表面性状に影響を与えることが考えられる¹⁰⁾。次に鑄込まれた高熔合金と埋没材との焼着によって鑄造体表面に肌荒れが生じる。これに関して、福井⁵⁾は鑄型温度が高いほど埋没材中の遊離の MgO と合金中のクロム酸化物である Cr₂O₃ との反応が促進され、化学的焼着物 Picrochromite s.s. の生成が促進されると報告している。また、この Picrochromite s.s. の生成は鑄造時の酸素圧に影響され、真空融解および鑄造によって減少するが、高真空下での融解は合金成分の蒸発が問題となり、このような欠点のないアルゴン、ヘリウムなどの不活性ガス雰囲気下にて鑄造操作を行うことを最良としている。したがって本実験では、金属の融解がすべてアルゴン雰囲気下で行えるアルゴンアーク加圧鑄造機（松風社製、アルゴンキャスター）を使用して鑄造を行った。また、高熔合金の場合、前述のように埋没材の粒子や酸化膜などの焼着が著しいため、鑄造体表面を正確に観察するためには、各試料に対する十分な清掃は重要な操作である。これについて野手⁹⁾は、ニッケル・クロム合金を使用して 50% NaOH 溶液中で 30 分間沸騰させる方法が、鑄造体を腐食せず付着した埋没材および酸化膜を除去するのに最適であると報告しており、本実験でもこの方法に準じて鑄造体の清掃を十分にを行った。

さらに、臨床では鑄造後、サンドブラスト処理および電解研磨処理が行われている。本実験では、鑄造床のような大きな補綴物の研磨に主として使用されている大型のサンドブラストと、クラウンなどの研磨に使用されている小型のサンドブラストとについて比較検討した。さらに電解研磨については、研磨液の温度を 15~30°C の範囲内とし、研磨処理に要する時間などが鑄造体の表面あらさに及ぼす影響と、それぞれの処理による鑄造体の厚さの変化について検討した。

次に、表面あらさの測定や表面性状の観察に対しては従来の実験方法と同様に、本実験においても各処理後において、触針式あらさ測定機を用いて中心線平均あらさ (R_a) と最大あらさ (R_{max}) を測定し、同時に走査型電子顕微鏡を用いて 100 倍と 1,000 倍に拡大した写真像から各試料における表面性状の観察を行い、鑄造体試料の表面あらさに対する複印象の操作やサンドブラスト処理、電解研磨処理などの影響について比較検討した。

本実験において、鑄造直後における中心線平均あらさ

と最大あらさについては、ともに実験群の方が対照群よりも明らかに大きい値を示し、図 8 の顕微鏡写真の観察結果と一致した。これは、寒天印象材による複印象操作が鑄造体試料表面に大きく影響を及ぼしており、寒天の離漿がその原因であると考えられる。この点については大沢ら¹³⁾も、石膏の表面あらさについて検討したところガラス板面上で硬化させたときより、金属原型を寒天印象材で印象し、その印象面上で硬化させたときの方が大きいと報告している。

また、鑄造直後において鑄造体試料のスプルー近接部と遠隔部との表面あらさを比較すると、対照群の中心線平均あらさにおいてのみ有意差が認められ、実験群の中心線平均あらさおよび最大あらさと対照群の最大あらさにおいては、両者の間に有意差は認められなかった。したがって、本実験のようなスプルーの植立方向では、試料の表面あらさに対して、スプルーからの距離による影響よりも印象操作による影響の方が明らかに大きく作用しているものと考えられる。一方、鑄造体試料の表面あらさ曲線を観察すると、すべての試料においてほぼ同程度の細かい凹凸と、大きな凹凸との 2 つの型が見られた。前者は埋没材模型壁のあらさによるもの、後者はコバルト・クロム合金の凝固時の収縮による陥没と推定され、この凝固収縮による陥没は最大あらさに大きな影響を及ぼしているものと考えられる。また、鑄造直後の鑄造体試料のスプルー近接部と遠隔部における最大あらさについて、対照群においてもまた実験群においても有意差が認められなかったことから、コバルト・クロム合金の凝固収縮が鑄造体試料の全面にわたって均等に起こったものと考えられる。以上のことから、スプルーからの位置関係によるちがいが鑄造体試料の表面あらさに及ぼす影響より、鑄造収縮による影響あるいは寒天印象材による複印象の影響の方が大きい効果をあらわしたものと考えられる。

これらの試料を小型サンドブラストで 1 分間処理すると、対照群および実験群ともにスプルー近接部と遠隔部との間における表面あらさの有意差はなくなり、また、鑄造直後に比べて中心線平均あらさおよび最大あらさはともに小さくなった。このことは、電子顕微鏡写真の図 8-a, b および図 9-a, b から明らかなように、サンドブラスト処理後の方が細かい像を呈していたことからわかる。一方、鑄造体試料の厚さは対照群および実験群とともに約 2μ 減少した。なお本実験において、最大あらさの減少量の方が厚さの減少量よりわずかに大きくなったが、これは最大あらさおよび厚さの計測部位を

各試料で同一にできなかったためと考えられる。

さらに、小型サンドブラスト処理 3 分後の表面あらさにおいては、同じ 1 分後のときに比べてわずかに小さくなる傾向を示した。走査型電子顕微鏡による観察結果から検討すると、図 10-a, b における板状構造が図 9-a, b よりはっきりしており、これをさらに 1,000 倍の拡大で観察すると、図 10-c, d では対照群も実験群もほぼ同じ大きさの粒子が見られ、図 9-c, d よりも凹凸の程度が小さくなっていることから明かである。一方、厚さの減少量は、さらに追加した 2 分間で約 4μ 、約 3μ となり、鑄造直後から小型サンドブラスト処理 1 分後までの間の減少量より、単位時間あたりに換算したときの減少量はやや小さくなる傾向を示した。これは、表面の凸部が研磨されやすく、研磨がすすむにつれて凸部の鋭角的なものより鈍角的なものの占める面積が増加し、試料を同量の厚さだけ減少させるのに要する時間が増加したものと考えられる。

大型サンドブラスト処理後では、対照群および実験群の厚さの減少がそれぞれ約 11μ 、約 12μ であり、また両者の最大あらさの変化量は約 4μ 、約 6μ であった。したがって、大型サンドブラストの 15 秒間処理により鑄造体試料の表面が一層削られて新しい面があらわれ、その面のあらさが測定されたものと考えられる。すなわち、鑄造面というより“サンドブラスト処理面”となり、サンドブラスト処理を行う条件に影響されるものと考えられる。走査型電子顕微鏡による観察結果でも、鑄造直後の像(図 8-a, b)と、大型サンドブラスト処理後の像(図 11-a, b)との間には明らかにちがいが認められたことからわかる。すなわち、前者は鋪石状で凹部が認められたのに対し、後者は細糸状で凹部はほとんどみられなかった。これは鑄造直後の広くかつ起伏の大きい台地状部と考えられる部分が、サンドブラスト処理によってほぼ平坦な状態にまで削除され、細かくかつ小さな起伏の台地状部となり、その台地状部の境界が白く細糸状に観察されたものと考えられる。大型サンドブラスト処理後の 100 倍拡大像での観察の結果、図 9-a, b (小型サンドブラスト処理 1 分後)の細糸状の像と類似しており、また、図 10-a, b (小型サンドブラスト処理 3 分後)にも細糸状の像が認められ、試料の表面性状はいずれのサンドブラスト処理においてもほぼ同様の結果となることがわかった。

さらに、大型サンドブラスト処理による表面あらさは小型サンドブラスト処理よりも複印象による影響がきわめて小さくなり、よりサンドブラスト処理効果が強いこ

とが考えられる。このことは、前者における試料の厚さの減少量が後者と比較して2~3倍となったことから裏付けられる。これは、今回使用した2種のサンドブラストにおける処理条件の差異によるものと考えられる。

次に、電解研磨処理を1分間行った場合、走査型電子顕微鏡による観察結果では各粒子の辺縁が丸味を帯びてきたが、これはサンドブラスト処理後の細糸状の像とは異なるものであった。また、表面あらさについて比較すると、いずれの試料においても電解研磨1分後では、サンドブラスト処理後の値との間に有意差はなく、表面あらさはほとんど変化しなかったが、試料の厚さについては3~4 μ の減少がみられた。また、走査型電子顕微鏡で観察されたように各粒子が丸味を帯びた像については、本実験で用いた触針式あらさ測定機では測定できないような表面の小さな性状変化（光沢化）であると考えられる。電解研磨の効果とくにこの光沢化を判定する場合、より高精度の触針式あらさ測定機を使用したり、その他の測定方法を併用する必要があるものと考えられる。

次に電解研磨を計3分間行った場合、小型サンドブラスト処理した試料の中心線平均あらさを比較すると、対照群および実験群ともに約0.3 μ とわずかに小さくなる傾向を示したが、電解研磨における厚さの減少量は両者ともに計6 μ となり、試料表面の凹凸の変化より厚さの減少量の方が大きくなっていた。一方、大型サンドブラスト処理した試料においても、対照群ならびに実験群における表面あらさは電解研磨によってはほとんど差が認められず、厚さのみが対照群で計6 μ 、実験群で計8 μ 減少しており、小型サンドブラスト処理の場合と同様に試料表面の凹凸の変化より厚さの減少量の方が大きくなっていた。次に図6および図7に示したように、1分間電解研磨を行った場合と、さらに2分間電解研磨を追加した場合とにおいて、各試料群の厚さの減少量が等しいことから、単位時間での厚さの減少量は2分追加の場合の方が少なかった。この理由としては、試料表面の凸部から順次電解研磨され、鋭角的な凸部が鈍角的な凸部へと変わり、それにつれて研磨される凸部の面積が増加し、同じ厚さだけ減少するのにより多くの電解研磨時間を要したものと考えられる。なお本実験では電解研磨を同一試料で1分間と2分間とに分けて行っており、連続して3分間行った場合については不明である。電解研磨を計3分間行った試料を走査型電子顕微鏡により観察した結果では、電解研磨により各粒子の辺縁が丸味を帯びた像が認められた。大谷¹⁰⁾は、金属を陽極として特殊な電解

液のなかで電解すると、表面が溶解するにつれて平滑化と光沢化が起こって研磨面が得られると述べている。本実験においても、走査型電子顕微鏡による観察結果から明らかに光沢現象の現われたことが考えられる。また、電解研磨後とサンドブラスト処理後との試料表面の走査型電子顕微鏡による観察結果では、両者が明らかに異なる像を呈していることがわかった。

本実験では、2機種のサンドブラストおよび処理時間について検討したが、コバルト・クロム合金の表面あらさや試料の厚さに影響を与えると考えられる要因は、既に述べたように数多く存在し、また電解研磨による表面あらさの変化についてはその測定方法について考慮する必要がある、今後これらの問題について詳細に検討していくつもりである。

総括および結論

本研究は、コバルト・クロム合金鑄造床の粘膜面と鑄造鉤の内面に相当する鑄造体表面のあらさが、サンドブラストおよび電解研磨処理によって、どのように変化するかを検討するために行ったものである。すなわち、ガラス面に注型して得た埋没材模型による鑄造体試料を対照群とし、ガラス面を複印象して得た模型上で製作した鑄造体試料を実験群として、これら試料表面の中心線平均あらさおよび最大あらさを測定し、さらに走査型電子顕微鏡により表面性状を観察した。そこで、これらの処理によって鑄造体試料の厚さがどのように変化するかを検討した結果、次のような結論を得た。

1) 鑄造体試料の表面あらさは、スプルー近接部と遠隔部におけるちがいよりも、鑄造収縮や寒天印象材による複印象などの影響の方が明らかに大きかった。

2) 小型サンドブラスト処理においては、対照群、実験群ともにスプルー近接部と遠隔部との部位による表面あらさの差は見られなくなった。一方、対照群と実験群との間においては明らかに差はみられ、依然として複印象による影響がみられた。また、研磨時間を長くした場合、単位時間における厚さの減少量はやや小さくなる傾向を示したが、表面あらさに対してはほとんど変化は認められなかった。

3) 大型サンドブラスト処理において、複印象による影響が、鑄造操作や小型サンドブラスト処理に比較して明らかに小さくなった。しかし、試料の厚さについては小型サンドブラスト処理の2~3倍の減少量を示したことから、サンドブラストの機種あるいは処理条件によっ

て鑄造体試料の表面性状が異なることが明らかとなった。

4) 電解研磨において、複印象の影響はわずかに認められるが、その影響は各サンドブラスト処理よりもやや小さくなる傾向を示した。また、小型サンドブラスト処理後の電解研磨により表面あらさはわずかに小さくなったが、大型サンドブラスト処理後の電解研磨においてはほとんど変化がみられなかった。一方、単位時間における厚さの減少量は、時間の経過に伴って小さくなる傾向にあり、試料表面における各粒子の辺縁が徐々に丸味を帯び、これが表面の光沢に関与していることが明らかとなった。

稿を終えるに臨み、本研究に際し、終始御便宜と御協力を賜わった昭和歯研株式会社社長森田一人氏ほか従業員各位に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 三浦維四, 川上道夫, 林 一郎, 塩川延洋共訳: スキンナー歯科材料科学, 493~505, 医歯薬出版株式会社, 東京, 昭和44.
- 2) 中村健吾, 仲居 明: 鑄造用コバルト・クロム合金について, 歯界展望, 47: 40~48, 昭51 (1976).
- 3) 東 節男, 山賀禮一編: 最新歯科材料科学, 156~159, 学建書院, 東京, 昭和53.
- 4) Allan, F. C. and Asgar, K.: Reaction of Cobalt-Chromium Casting Alloy with Investment, J. Dent. Res., 45: 1516~1528, 1966.
- 5) 福井寿男: 鑄造用コバルト・クロム合金とリン酸塩系鑄型材との界面反応物に関する研究, 愛院大歯誌, 12: 31~51, 昭49 (1974).
- 6) 小貫伸一: 歯科補綴物の仕上加工に関する研究—歯科用金属の仕上加工—, 補綴誌, 12(2): 215~239, 昭43 (1968).
- 7) 奥田礼一: 鑄型温の鑄造体面アラサに及ぼす影響, 口病誌, 35(3): 465~477, 昭43 (1968).
- 8) 林 弘之: アルゴンアーク鑄造機による歯科用ニッケルクロム合金の鑄造について, 第一報 鑄造体の表面粗さ, 口病誌, 44(4): 293~302, 昭52 (1977).
- 9) 野手久史: 歯科用ニッケルクロム合金の埋没法と鑄造体の表面アラサについて, 口病誌, 40(4): 316~337, 昭48 (1973).
- 10) 佐野敬一, 野首孝祠, 奥野善彦: 型ごと埋没法による鑄造体の表面あらさについて, 補綴誌, 19: 627~631, 昭51 (1976).
- 11) 山根通裕: 各種鑄造機による金合金鑄造体の面アラサ, 歯材器誌, 23: 23~28, 昭45 (1970).
- 12) 森 淑子, 稲井 徹, 久保光弘, 自見 忠: 歯科鑄造体の表面あらさに関する研究, 第1報 鑄造体の清掃効果について, 補綴誌, 15: 107~116, 昭46 (1971).
- 13) 大沢 誠, 近藤豊一, 石岡 靖: 寒天印象材に関する研究, 第3報 寒天印象材による石膏表面への影響について, 補綴誌, 19(2): 266~276, 昭50 (1975).
- 14) 大谷南海男: 金属表面加工理論, 金属表面工業全書2, 167, 槇書店, 東京, 昭和43.