ポーセレン・ジャケット・クラウンの寸法変化について

大 杉 尚 之

Shrinkage of Porcelain Jacket Crown

Takashi Ohsugi

I. 緒 言

陶材を歯科に応用する試みは18世紀後半に陶歯として行なわれ、ポーセレン・ジャケット・クラウンは1889年 C.H. Land¹⁾ によつて現在の基本型が作られた。

以来、ポーセレン・ジャケット・クラウンは材料、製作法について種々の改良が加えられ、現在では色調、形態とも天然歯にきわめて近く再現しうるに至つた²⁾。

陶材の長所は物理的、化学的に安定で歯肉に対しての為害作用がないという点にある^{3),4),5)}。しかし反面、焼成収縮が大きく、正しい形態の再現、辺縁の適合が得られにくいという欠点がある。

そこで古くから、ジャケット・クラウンで良好な適合をうるため盛上げ焼成法にいろいろと工夫が加えられ、その歯頸部辺縁や冠内面の適合度についての実験は、かなり多く行なわれて来た⁶⁻¹⁰⁾。

しかし、ジャケット・クラウンを作る上で非常に重要な要素となる形態について、どのように盛上げれば所要の形態に近いものができるかについては、陶材の体積収縮が40~50%¹¹⁾ 線収縮で10~20%であることから推測して切端部で1~2 mm^{12),13)} 長くする必要がある等の記載があるのみで、あとは各術者の経験にもとづいて、ジャケット・クラウンが製作されているのが現状である。

そこで私は、ジャケット・クラウンの外形をどの程度に盛上げたならば、望む形をもとめることができるかについて検討するため、1：実験用陶材4種の焼成時寸法変化、2：歯型のちがいによる寸法変化、3：陶材の種類

と寸法変化、4：陶材の盛上げ方法と寸法変化、5：陶材の盛上げ方法と歯頸部の適合度、6：グレーシングの際の寸法変化の6項目にわたつて研究検討を行なつたので報告する。

II. 研究方法

実験は次に示す6種類について行なつた。

1. 実験に使用する陶材の焼成収縮を比較するため、中溶陶材2種、低溶陶材およびアルミナス陶材の4種の陶材を使用して、陶材ブロックを焼成し、その寸法変化を測定した。

2. 平均的な大きさを与えた上顎中切歯、側切歯、犬歯の歯型で中溶陶材を用いジャケット・クラウンを焼成し、歯冠寸法による影響を観察した。

3. 上顎中切歯の歯型で4種類の陶材を用いジャケット・クラウンを製作し、その焼成収縮を測定した。

4. 陶材の盛上げ焼成法が焼成収縮に及ぼす影響を観察するため、上顎中切歯の歯型で中溶陶材を用い、5種類の焼成法でジャケット・クラウンを製作し、その焼成収縮を測定した。

5. 上記の5種類の焼成法で製作したジャケット・クラウンを歯型にセメント合着後、ショルダー部のセメント層の厚みを測定し、ジャケット・クラウンの適合度を観察した。

6. 上顎中切歯の歯型で、4種類の陶材を用いて製作したジャケット・クラウンを、形態修正し各陶材の指示条件でグレーシングし、接触点部の寸法変化を測定した。

1. 実験材料

1) 実験用陶材

本実験に用いた陶材は以下に示す4種類のもので、その焼成条件は次のようである。

・中溶陶材（大気焼成用）S.S. White 社製

Dept. of Prosthodontics II, School of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University (Director: Prof. Dr. Tsuneo Tabata)

東京医科歯科大学歯学部第2歯科補綴学教室（指導：田端恒雄教授）

昭和47年8月5日受付

図 1 実験に使用した陶材

図 2 真空焼成炉

色 M-47 焼成指定温度 1,260°C

- ・中溶陶材（真空焼成用）Dentists' Supply 社製

色 B-81 焼成指定温度 1,148°C

- ・低溶陶材（大気焼成用）松風社製

色-4 焼成指定温度 900°C

- ・アルミナス陶材（大気焼成用）Columbus 社製

色 S-AE2 焼成指定温度 900°C

2) 焼成条件

陶材焼成にあたっては松風社製の真空電気焼成炉を使用した。焼成の際の昇温速度は、800°C 迄は毎分約 30°C、800°C 以上は毎分約 20°C とし、それぞれ指定の温度、係留時間により焼成を行なった。

2. 実験方法

実験 1：実験用陶材 4 種の焼成時寸法変化

本実験に使用する 4 種類の陶材の焼成時寸法変化を知るため、図 3 に示す長さ 20 mm×幅 10 mm×厚さ 4 mm の金属枠に陶材泥を注入しブロックを作り焼成後測定、

図 3 陶材ブロック

左：陶材ブロック製作用の金属枠

中：焼成前の陶材ブロック

右：焼成後の陶材ブロック

体積変化率を算出した。

陶材ブロックの製作は、シリコンオイルを塗布した金属枠に陶材泥を流し込み、パイプレーターとスパチュラによりコンデンスし、水分はティシュペーパーで吸い取り、できるだけコンデンスを行なつた。

焼成方法は陶材を枠から取り出し、焼成皿の上にパラジウム箔を敷き、陶材ブロックが水平になるように置き電気炉の中の熱電対の下に位置させて 1 個ずつ 1 回で焼成した。大気焼成用中溶陶材は 1,260°C の温度に達したのち係留せずに徐冷した。真空焼成用中溶陶材は 1,148°C の温度に達してから 2 分間係留したのち徐冷した。大気焼成用低溶陶材は、900°C の温度に達してから 10 分間係留したのち徐冷した。アルミナス陶材は 900°C の温度に達してから 5 分間係留したのち徐冷した。

焼成後 1/20 mm 精度のノギスで計測して体積の変化率を算出した。

実験 2：歯型のちがいによる寸法変化

ジャケット・クラウンの大きさや、またショルダー部の厚みが焼成後の寸法変化にどのような影響を与えるかについて、大きさ、ショルダーの幅の異なる 3 種類の歯型で実験を行なった。歯型は図 4 に示すように上顎中切歯、側切歯、犬歯にジャケット・クラウンの支台形成を行なったもので、各歯型の大きさは、藤田¹⁴⁾、上条¹⁵⁾の歯牙計測値を参考とし、支台形態については、飛奈¹⁶⁾、杉浦¹⁷⁾の研究を参考とした。歯型の高さは、中切歯 8.5 mm、側切歯 7.2 mm、犬歯 7.3 mm とし、ショルダーは 3 種類とも近遠心部で唇舌側より 1 mm 高くなるように彎曲を与えた。歯型の近遠心幅は、中切歯 6.5 mm、側切歯 5.2 mm、犬歯 5.9 mm とし、唇舌幅は、中切歯

図 4 実験にもちいた歯型寸法
左：中切歯，中：側切歯，右：犬歯

図 5 実験にもちいた歯型
左：犬歯，中：側切歯，右：中切歯

6.3 mm, 側切歯 6.5 mm, 犬歯 8.0 mm とした。ショルダーの幅は中切歯では唇舌側部 0.7 mm, 隣接部 0.5 mm, 側切歯では唇舌側部 0.5 mm, 隣接部 0.3 mm, 犬歯では唇舌側部 1.0 mm, 隣接部 0.7 mm とした。テーパーは近遠心的に $1/20^{1,12,13,18)}$ とした。歯型にもち

いた材料はバイト用の鋼を用い、支台形成終了後焼き入れを行ない、磨滅等による変形を防止するよう努めた。また実験中は錆の発生によつて生じるショルダー等の変形を防止するため油の中に浸して保管した。

ジャケット・クラウン外形の寸法変化を計測するため上記の中切歯，側切歯，犬歯の 3 種類の歯型に厚さ 25μ のパラジウム箔を焼鈍し圧接，舌面でティナージョイントを作りマトリックスを完成した。これらに大気焼成用中溶陶材をスパチュラ法と振動法を併用して築盛し，1 度の盛上げで概形を作り上げる 1 回焼成法でジャケット・クラウンを焼成した。

焼成による寸法変化の計測には歯冠部の投影像をトレースして行なつた。トレースには日本光学社製の V-16 型万能投影器で 10 倍に拡大したものをマイラーベース系のトレースター上にトレースし， $1/20\text{ mm}$ 精度のノギスを使用して測定した（図 6）。測定部位は図 7 にみられるようにジャケット・クラウンの高径，近遠心径，唇舌径の 3 ヲ所とした。なお，トレースによる誤差は，同

図 6 トレースにもちいた万能投影器

図 8 陶材冠のトレース

——焼成前
……焼成後

図 7 トレースによる測定部位

図 9 トレース部位を規定する方形の台および歯型

一物を10回トレースしてかさね合せた結果、拡大した図面上で最大0.3mmであつた。トレースの順序としては、陶材を盛上げ後歯冠部および歯型根部の投影像をトレースした。その後ただちに歯冠部だけを取りはずし、ポスト型の焼成皿に垂直になるように置いて焼成を行ない、完了後歯型に戻し同一トレースター上に再びトレースした(図8)。各ジャケット・クラウンの焼成は、1,160°C 迄炉内の温度を上げ一次焼成し、細かな亀裂や歯頸部の空隙を陶材泥で修復したのち1,260°C 迄温度を上げ係留せず徐冷し焼成を完了した。トレースする方

向は近遠心方向、唇舌方向とし、図9の方形の台に歯型を固定してジャケット・クラウンの築盛後と焼成後の位置のくるいをなくすよう努めた。トレースは歯冠部から歯型の根の一部分を含めて行なつた。歯型の軸全周に溝をつけてトレース面でこの凹部をかさね合わせることで図面上で歯型が同一位置になることを確認した。またジャケット・クラウンが築盛後と焼成後、歯型の同位置にもどり浮き上がりがなことは、トレースしたマトリ

図 10 実験にもちいた5種類の築盛方法

ックスのエプロンの末端が同じ位置になることにより確認した。

実験3：陶材の種類と寸法変化

中溶陶材，低溶陶材あるいは大気焼成，真空焼成等，陶材の種類がちがいが，ジャケット・クラウン焼成時の寸法変化にどの程度影響するかについて実験を行なった。

歯型には上顎中切歯を使用し，陶材は前記中溶陶材2種類，低溶陶材およびアルミナス陶材の計4種類を使用してジャケット・クラウンを製作した。焼成方法は1回焼成法をもちい，アルミナス陶材だけは陶材の層を重ねて焼成する菲膜焼成法をもちいた。トレースは陶材を盛上げた時と，焼成完了時に実験2と同様に10倍に拡大した投影像をトレースした。焼成の条件としては，大気焼成用中溶陶材の焼成は実験2で使用方法をとり，真空焼成用中溶陶材は60 mmHgの減圧下1,148°Cに達した後大気中で徐冷し一次焼成を行ない，次に亀裂や

歯頸部の空隙を陶材で修復し，大気圧下1,148°Cで2分間係留後徐冷した。低溶陶材は850°Cで一次焼成し，不足部を修復後900°Cで10分間係留したのち徐冷した。アルミナス陶材は歯冠全面に約0.5 mmの厚さに陶材を築盛後900°Cで一次焼成を行ない，これにさらに陶材を盛上げ外形を完成した時点で第1回のトレースを行なった。トレース後二次焼成を900°Cに達したのち徐冷する条件で行い，不足部の修復後900°Cに達したのち，5分間係留して徐冷し3回の焼成でジャケット・クラウンを完成した。

実験4：陶材の盛上げ方法と寸法変化

陶材の盛上げ方法がちがいが，ジャケット・クラウン焼成時の寸法変化にどの程度影響するかについて実験を行なった。

歯型は上顎中切歯を使用し，陶材は大気焼成用の中溶陶材を用いて次に示す5種類の方法¹⁹⁾でジャケット・クラウンを築盛焼成した。計測は実験2と同様に近遠心，

唇舌方向よりのトレース像により焼成前と焼成後について行なった。

- ・ 1 回 焼 成 法：外形色調等を1度の築盛でほぼ (one-bake method) 作り以後細部を修正して完成する。
- ・ 菲 膜 焼 成 法：陶材を均等な厚さに薄く一層だ (film-bake method) け築盛して、1次焼成を行ない以後層をかさね形態色調をととのえ完成する。
- ・ ディッチング法：1回焼成法と同様にするが1次 (ditching method) 焼成の時歯頸部だけ全周にわたり陶材が入らないようにする。普通 ワックス をショルダー部に流しておき次にその部分を修正完成する。
- ・ 分 割 焼 成 法：1回焼成法と同様にするが1次 (divide-bake method) 焼成の時舌側に縦の切れ目を入れる。
- ・ 重 積 焼 成 法：歯頸部全周に陶材を盛つて1次 (pile-bake method) 焼成し、次に歯冠部を築盛、焼成をかさねる。

実験5：陶材の盛上げ方法と歯頸部の適合度

陶材の盛上げ方法のちがいがジャケット・クラウンの歯頸部の適合度にどの程度影響するかについて実験を行なった。歯型には先の上顎中切歯歯型を銅合金で複製したものを使用した。上顎中切歯の歯型をチオコールゴム印象材で印象し陰型を作り、その中にインレーワックスを注入、圧接して蠟型とし埋没鑄造して完成した。これらの歯型に厚さ 30 μ の白金箔を焼鈍圧接し、舌面でティナージョイントした後、圧印器を使用して圧印を行ないマトリックスを完成した。陶材は大気焼成用の中溶陶材を使用し、陶材の盛上げ方法は実験4で示した1回焼成法、菲膜焼成法、ディッチング法、分割焼成法、および重積焼成法の5種類である。陶材冠焼成完了後白金箔を除去し、おのおのの歯型にG-C社製の燐酸セメント(エリートセメント light yellow 粉 MY 24, 液 MM 1)を標準稠度に練和したものにより 10 kg 10 分間荷重を加えて合着した。さらにこれらをポリエステル樹脂で包埋し、硬化後Z式歯牙薄片切削機²⁰⁾で唇舌、近遠心に4分割し断面のセメント層の厚さを微小硬度計(明石製作所)のミクロメーターを利用して測定し、ジャケット・クラウン歯頸部の適合度を観察した。測定部位は図12に示すようにショルダー辺縁部、ショルダー隅角部、歯冠軸面部である。またマトリックスのみを複製した銅合金歯

図 11 切断したジャケット・クラウン

図 12 セメント層の厚さの測定部位

型に挿入したものを前記と同様に包埋切断してマトリックスの適合度も観察した。

実験6：グレージングの際の寸法変化

ジャケット・クラウン製作の最終時に行なわれるセルフグレージングによりどの程度の寸法変化が生ずるか、それによつて接触点にどの程度の影響があるかについて実験を行なった。

上顎中切歯の歯型にパラジウム箔を使用してマトリックスを作り上述の4種類の陶材を使用してジャケット・クラウンを焼成した。これらの4種類のジャケット・クンをカーボランダムポイントで形態修正した後、グレー

図 13 各種築盛法による歯頸部適合度（写真上段左より，1 回法，非膜法，ディッチング法，下段一左より，分割法，重積法，箱のみ）

ラウジングし，接触点部の寸法変化を測定した。測定は 1/1000 mm 精度の三豊製作所製のマイクロメーターを使用し図 14 に示すように台に固定したジャケット・クラウンの接触点部（近遠心方向での最大膨隆部）を形態修正後とグレージング後に測定して寸法変化を算出した。なおマイクロメーターのアンビル，スピンドルに 0.79 mm のベアリング球をつけて厳密に点接触により計測できるように工夫した。各種ジャケット・クラウンのグレージングは実験 3 と同じで，大気焼成用中溶陶材は 1,260°C に達した後係留せず徐冷した。真空焼成用中溶陶材は 1,148°C で 2 分間係留後徐冷した。低溶陶材は 900°C で 10 分間係留後徐冷した。アルミナス陶材は 900°C で 5 分間係留後徐冷した。

図 14 接触点の測定

次に過焼成するとどの程度形態が変形するかを，大気

焼成用中溶陶材で作製したジャケット・クラウンを使つて実験した。すなわち形態修正後 1,260°C において 2 分間係留して過焼成し、その寸法変化と形態変化をみた。

III. 実験結果

実験 1

4 種類の陶材を 20 mm×10 mm×4 mm の金属枠をもちいてブロックとし、各種とも 5 個ずつ製作し、焼成後試験片とした。

4 種類の試験片共表面には亀裂や気泡は認められなかったが、大気焼成用の中溶陶材を除く他の 3 種類の陶材の試験片はやや上向きにそる傾向がみられた。

各試験片の縦、横、厚さの中心部を 1/20 mm 精度のノギスを使用して計測を行ない体積変化率を算出した。結果は表 1 に示すごとくで測定値は各陶材 5 個ずつの試験片の平均値および標準偏差である。体積収縮率はアルミナス陶材が 40.8% となり一番大きく収縮し、ついで低溶陶材 32.8%、真空焼成用中溶陶材 30.9%、大気焼成用中溶陶材 24.9% の順となつた。

焼成温度の高いもの程収縮は少なくなつた。

実験 2

各歯型によるジャケット・クラウンの外形の寸法変化を計測するため 1 回の盛上げで概形を作り上げる 1 回焼成法でジャケット・クラウンを焼成した。寸法変化の測定にはトレースしたものを 1/20 mm 精度のノギスにより計測した。

試料は上顎中切歯については 19 個、側切歯と犬歯は各 10 個を測定した。表 2 はその平均値と標準偏差である。トレースの結果、焼成前と後とでは図 8 にみられるようにほぼ相似的な形に収縮が起こり歯型の違いによる寸法変化の度合は著明でないが、陶材の層が厚い部位は寸法変化がやや大きく現われる傾向がある。たとえば、中切歯と犬歯の近遠心の寸法変化は 88.8% と 88.5% であるが、側切歯では 90.3% となつた。また高径、唇舌径でも側切歯は最少の寸法変化を示した。3 種類の歯型全体の平均値は 90.4% となり ± 2% 位の範囲の寸法変化を示している。

実験 3

陶材の種類とジャケット・クラウン外形の寸法変化を計測するため、4 種類の陶材を用い実験した。試料は大気焼成用中溶陶材で焼成したもの 19 個、以下真空焼成用中溶陶材 10 個、低溶陶材 17 個、アルミナス陶材 10

表 1 各種陶材の焼成後体積比

	体積比 % (標準偏差)
中 溶 陶 材 大 気	75.1 (3.2)
中 溶 陶 材 真 空	69.1 (1.9)
低 溶 陶 材 大 気	67.2 (2.0)
アルミナス 大 気	59.2 (1.0)

表 2 各種歯型による焼成後寸法比 (標準偏差)

歯 型	高 径	近遠心径	唇 舌 径
中 切 歯	91.6 (1.7)	88.8 (1.8)	88.5 (1.9)
側 切 歯	92.6 (1.0)	90.3 (0.8)	92.1 (1.3)
犬 歯	90.8 (0.9)	88.5 (0.5)	90.8 (0.6)

表 3 各種陶材の焼成後寸法比 (標準偏差)

	高 径	近遠心径	唇 舌 径
中 溶 陶 材 大 気	91.6 (1.7)	88.8 (1.8)	88.5 (1.9)
中 溶 陶 材 真 空	93.0 (1.0)	89.2 (1.4)	89.4 (1.6)
低 溶 陶 材 大 気	91.0 (1.3)	87.2 (1.1)	86.6 (1.0)
アルミナス 大 気	92.6 (0.6)	86.8 (1.0)	89.0 (1.2)

個である。

表 3 は陶材別の平均値および標準偏差を示す。陶材の種類による差はブロックでの収縮率の差ほど大きく現われていない。すなわちブロックでの寸法変化は大気焼成用中溶陶材の約 93% からアルミナス陶材の 88% となるが、高径で 4 種類とも寸法変化は 92% ± 1% 以内となり、近遠心径、唇舌径も陶材による差は 88% ± 1.5% 以内にはおさまる。

実験 4

焼成方法による差では 1 回焼成法、ディッチング法、分割焼成法は 2 次焼成迄行なつて焼成後のトレースを行なつた。

非膜焼成法と重積焼成法は一次焼成で少量の陶材の焼

成を行なうため、2次の築盛後第1回のトレースをし、次に歯冠外形完成後に第2回目のトレースをした。

試料は1回焼成法19個、他の4種類の焼成法5個ずつである。表4は各種試料の平均値と標準偏差を示すが、焼成方法の違いによる寸法変化の差はわずかながら見られ、もつとも変化の少ないものは非膜焼成法で、大きいものは重積焼成法であった。陶材の盛上げ方法による特徴が寸法変化に現われ、分割焼成法では近遠心、唇舌径で収縮が少なく高径ではディッチング法が少なくなっている。ディッチング法とは反対に歯頸部だけを1次焼成した重積法は高径で一番大きく収縮した。

実験5

歯頸部の適合度に陶材の盛上げ方法が及ぼす影響については、近遠心断、唇舌断について計測を行なった。各断面とも図12のようにショルダー辺縁部、ショルダーと軸面との隅角部で角より45度の方向、および歯冠

表4 各種焼成法による焼成後寸法比%
(標準偏差)

	高 径	近遠心径	唇 舌 径
1 回 焼 成 法	91.6 (1.7)	88.8 (1.8)	88.5 (1.9)
非 膜 焼 成 法	92.3 (0.7)	90.2 (0.4)	92.1 (0.4)
重 積 焼 成 法	89.5 (1.1)	88.2 (0.9)	88.3 (0.8)
分 割 焼 成 法	91.2 (1.9)	89.2 (0.6)	90.4 (0.8)
ディッチング法	92.1 (1.1)	89.4 (0.7)	89.7 (0.3)

軸面の中間部の6ヵ所を計測した。

試料は1回焼成法8個、非膜焼成法9個、ディッチング法9個、分割焼成法10個、重積焼成法10個である。

各部位の測定値の平均と標準偏差を表5に示した。

各焼成法とも金属歯型に直接マトリックスを圧接したため辺縁部の適合は非常に良いが部位別ではジョイントした舌側面特に隅角部が最大115.5μとなり一番劣る数値を示した。焼成法別では重積焼成法がもつとも優れ舌側ジョイント部をのぞく他の辺縁部は14~24μとなった。もつとも成績の劣る数値を示したものはディッチング法であった。ショルダーの形態を正確に再現することは、きわめて重要であり、再現性の良否は隅角部での測定値の大小で表わされるが、これについても重積焼成法がもつとも優れ、ディッチング法はこの部でも劣る成績を示した。

辺縁、隅角、歯軸と3つの計測値の平均を結んだものが図15、16であり、これを見ると全体的には同じ傾向を示しているが、近遠心断でディッチング法が少し劣る結果を示している。その差は危険率5%で検定を行なった結果有意であった。

実験6

仕上げ焼きの接触点への影響については試料は大気焼成用中溶陶材8個、他の3種類は各5個ずつである。表6は各試料の平均値と標準偏差を示す。なお大気焼成用中溶陶材で、1,260℃で2分間保留して過焼成したもの5個の平均値と標準偏差も表中に示してある。

グレージングした結果は接触点の部分で両側で11~25μ減少する。しかし1,260℃2分間保留して過焼成したものは通常のものの3倍弱の34μの減少を示し、その減った陶材が下方すなわち歯頸部方向へ流れて形態の

表5 各種焼成法による歯頸部適合度 単位 μ (標準偏差)

	近 遠 心 断				唇 舌 断			
	近 心 辺 縁 部	隅 角 部	隅 角 部	遠 心 辺 縁 部	唇 側 辺 縁 部	隅 角 部	隅 角 部	舌 側 辺 縁 部
一 回 焼 成 法	22.50 (13.9)	72.60 (26.9)	68.50 (39.7)	24.56 (12.7)	23.04 (10.7)	72.81 (54.4)	107.00 (48.3)	38.75 (27.3)
非 膜 焼 成 法	28.78 (21.4)	81.44 (35.4)	70.50 (23.9)	22.67 (12.8)	30.22 (9.2)	79.72 (23.7)	115.50 (33.1)	37.67 (12.9)
重 積 焼 成 法	14.05 (6.8)	58.15 (30.7)	37.45 (20.0)	14.30 (9.6)	24.05 (13.6)	41.40 (10.5)	89.40 (21.3)	40.50 (22.9)
分 割 焼 成 法	17.60 (10.2)	63.15 (36.2)	71.90 (36.0)	13.25 (5.7)	30.55 (15.9)	57.05 (33.3)	75.95 (57.7)	24.15 (17.7)
ディッチング法	64.89 (40.9)	92.44 (45.3)	101.11 (59.9)	48.06 (31.2)	19.56 (11.0)	84.33 (45.7)	104.72 (56.9)	46.56 (37.0)

唇側 図 15 盛上げ方法と歯頸部適合度 (唇舌断) 舌側
① 重積法, ② 分割法, ③ 1 回法, ④ 菲膜法, ⑤ ディッチング法

近心 図 16 盛上げ方法と歯頸部適合度 (近遠心断) 遠心
① 重積法, ② 分割法, ③ 1 回法, ④ 菲膜法, ⑤ ディッチング法

表 6 仕上げ焼きによる収縮
単位 μ (標準偏差)

中 溶 陶 材 大 気	11.9 (6.4)
中 溶 陶 材 真 空	25.3 (10.5)
低 溶 陶 材 大 気	11.8 (5.9)
ア ル ミ ナ ス 大 気	16.7 (6.0)
中 溶 陶 材 大気 1260°C 2 分	34.0 (3.7)

変形をもきたしている。

IV. 考 察

1. 陶材ブロックの寸法変化

現在歯科用陶材として主に使用されている長石質陶材は、陶土、珪石、長石、溶剤からなり、配合と処理方法を変えることにより強度と融点を変えることができ、その焼成による収縮は線収縮で 10~20%、体積収縮で 40~50% といわれている。また陶材の収縮は粒子が細かい方が大きなものより少なく、融点が高い方が低いものより少なく、コンデンスが十分された方が少なくなる。普通用いられるコンデンス法では収縮に対する影響は比較的少ないが強度にはかなり影響するといわれている²¹⁾。

図 17 各種盛上げ法による隣接面辺縁部の適合の差
 ⇔ 差あり (危険率5%による検定)
 → 差なし

図 18 過焼成の歯冠外形に及ぼす変化
 — 形態修正後
 1260°Cで2分保留(過焼成)

高温焼成用陶材の組成はシリカ 29%, 長石 61%, 炭酸ナトリウム, ほう砂, 炭酸カルシウム, 炭酸カリウム等の溶剤 10% となるが, 低温焼成用陶材の組成の一例ではシリカ 12%, 長石 60%, その他の溶剤が 28% となっている^{11), 12), 19)}。これらの組成より高溶のものはフィラーとなる珪石の量が多く, 溶解してマトリックスとなる溶剤の量の減少により収縮は低溶のものに比べて少なくなることが予想される。

本実験でも焼成温度の高いもの程収縮は少なくなつたが, 4 種類の陶材の収縮率の平均値は約 25~40% であり, その差はかなり大きく, これはコンデンスの差等の技術上の問題によるものではなく, 陶材の組成のちがひによる結果と考えてよいであろう。

2. ポーセレンジャケット・クラウン外形の焼成による寸法変化

各歯型での線収縮率は高径, 近遠心径, 唇舌径とも側切歯がもつとも少ない収縮率を示したが, これは近遠心径を例にとればショルダー幅が中切歯 0.5 mm, 犬歯 0.7 mm に比べて側切歯が 0.3 mm と非常に薄いことによる結果と思われる。このことは同一歯型においてもいえることで, 築盛した形により歯冠の陶材壁の厚さが変化すると, それに伴ない収縮率が変化し歯型を変えたのと同じ結果を示す。たとえば中切歯の歯型で, 歯冠幅が築盛時 11.3 mm のものの収縮率は 15.2% になるが, 9.5 mm のものの収縮率は 8.5% にとどまつた。これらより収縮率の大きさの差は陶材の層の厚みに関係するものと思われる。

また陶材の種類が異なるブロックでは, 体積収縮率で 40.8~24.9%, 線収縮率で 7~12% と約 5% の相違がみられたが, ジャケット・クラウンでは 2~3% の差しか現われなかつた。これは陶材の厚みの絶対値が小さく, 内部に支台歯があり, 陶材が殻状になっているため収縮に伴ない亀裂が入りそのため見掛けの収縮が少なく, かつ一定値をとるものと思われる。

普通, 陶材は中心部に向かって容積の多い方へ収縮する傾向がある。ポーセレン・ジャケット・クラウンの製作ではこの点を考慮して, 陶材の収縮を補償して, ジャケット・クラウン外形の収縮による変形を少なくし, また箔の浮き上がりおよび変形をも防止するための工夫が行なわれている。本実験で行なつた 5 種類の方法是実際には併用されることが多いが, 各方法の性質を知るため単独で実験を行なつた。

陶材の盛上げ方法を変えてみた結果では, 表 4 にみられるように各方法によつて相違がみられ, 非膜焼成法がもつとも収縮率が少なく, 高径での線収縮率は 7.9% となつたが, これは 1 次焼成で約 0.5 mm の陶材を焼成しその厚みのため次に盛上げた陶材が薄くなり, その収縮率が小さく現われたものと思われる。これは先に中切歯の近遠心幅の小さいもの程収縮率が減るものと同じ結果となつている。これに反しもつとも収縮率の大きいのは重積焼成法で高径で 10.5% となるが, これは先に歯頸部だけ 1 次焼成してあるため陶材が歯頸部方向に引かれたための結果と思われる。分割焼成法と 1 回焼成法では高径については近い値を示すが, 唇舌, 近遠心径では盛上げ方法の差がはつきり現われ, 分割焼成法の方が 1 回焼成法より少ない収縮率を示している。これは舌側にある切れこみが焼成時大きく開くことで収縮を補償する

ため見掛けの収縮率が減つたものと思われる。ディッチング法はショルダー面に陶材が接していないため焼成の際、陶材が切端方向に引かれる傾向があり高径での収縮は少なく現われた。

一般にジャケット・クラウンの盛上げは、経験的に切端部で隣在歯より 1~2 mm 長く¹³⁾、隣接面で 0.5~1.0 mm 大きくするようにいわれているが、本実験でもこの数値がほぼ妥当であることが示された。すなわち中切歯を例にとれば、収縮率は平均で高径、近遠心径、唇舌径、それぞれ 7~10.5%，9.8~13.2%，7.9~13.4% となる。一方藤田の中切歯の計測値はそれぞれ、11.7 mm，8.6 mm，7.2 mm となつているが、この計測値の大きさのジャケット・クラウンを製作するには高径、近遠心径、唇舌径を、それぞれ約 0.88~1.37 mm，0.93~1.3 mm，0.62~1.11 mm 大きくする必要があるということになる。形態修正をすることを考慮すれば高径で 1~1.5 mm 近遠心径、1.0~1.3 mm 唇舌径 0.6~1.2 mm 位大きくすることが必要であろう。

普通一般には大きく盛上げ過ぎ、形態修正での削除量が多くなる傾向があるが、これは、形態は望むものができて陶材の生命である色調がエナメル部分の減少により失われ、また内部にかくれていた気泡が表面に現われることにより審美的に劣ることになる。これらからすぐれたジャケット・クラウンを製作するには、所要の大きさより 10% 程度陶材を多めに盛上げるのに留めるべきであるといえよう。

3. ポーセレン・ジャケット・クラウンの歯頸部適合性について

陶材の盛上げ方法が歯頸部適合性に及ぼす影響について、焼成したジャケット・クラウンの近遠心断、唇舌断について検討を行なつた。測定部位は図 12 に示すショルダー辺縁部、ショルダーと歯軸面との隅角部、および歯冠長の間中部の 6 か所とした。

各盛上げ法とも金属歯型に直接マトリックスを圧接しているため辺縁部の適合は良いがジョイントのある舌側隅角部は悪い結果を示している。5 種類の盛上げ方法中よい成績を示したものは重積焼成法で、辺縁部の適合は舌側を除けば 14~24 μ となるが、これは少量の陶材を盛つて辺縁部だけを 1 次焼成するため収縮が少なく、切端方向へ箔が引かれる為の変形も少ないことによるものと思われる。これと逆にディッチング法は 1 次焼成で箔の浮き上がりが生じ、かつ正確な再圧接が困難であることもあつて当然のことながら結果は悪く、ショルダーの隅角部へ陶材を注入して、正確な辺縁の形態を再現す

るにはかなりの熟練を要するものと思われる²²⁾。またジャケット・クラウンの破折を防ぐためにショルダーは、直角またはやや鋭角に形成されるのが望ましくジャケット・クラウン辺縁部もそれに合せて正しく直角または鋭角に適合することが要求される^{12,13,22)}。これは実際にはかなり困難なことであるが、本実験の結果によれば重積焼成法により辺縁のもつともよい適合と形態が得られる。

4. グレーズによる接触点部の変化

歯牙の隣接部での接触の強さは食片圧入に関連して臨床的にきわめて重要な問題であるが、草刈²⁴⁾によれば臼歯部の歯間離開度の正常者での平均値は 50~70 μ であり、前歯部では 90~100 μ であるという。またこの正常離開度をうるためには近遠心的に原寸大の冠がもつとも良い成績であつたとしている。また総山²⁵⁾によれば臼歯部ではわずかに押し気味で、前歯部では臼歯部ほど強くする必要はないとしている。

本実験ではグレージングによつて接触点部片側で約 6~13 μ の減少を示し、寸法変化は比較的わずかである。ジャケット・クラウンが前歯部の補綴に使用されることを考慮すれば、グレージングが正しく行なわれる限り臨床的にはグレージングによる影響はあまり重大でないと考えることもできよう。しかし、わずかの過焼成でも、これは接触点の位置および強さに非常に関係するばかりでなく図 17 で見られるように形態にも変化を及ぼす。またジャケット・クラウンの強度を低下させ色調をも変化させるといわれているから十分注意する必要があると思われる。

V. 結 論

臨床的にポーセレン・ジャケット・クラウンの正確な形態、適合度を得ることを目的として、陶材の種類、支台歯の大きさ、盛上げ方法が焼成後のジャケット・クラウン外形にどのような変化をもたらすか、また盛上げ方法をかえてジャケット・クラウン歯頸部の適合度を測定し、グレーズ、過焼成による接触点への影響について研究を行なつた。

1. 陶材のブロックにおける 4 種類の実験用陶材の体積収縮率は 25~40% となつた。

2. 中溶（大気、真空）、低溶、アルミナス 4 種の陶材間の収縮率の差は 1 回焼成法を例にとると 2~3% 程度であり、著明な差はなかつた。

3. 歯型の種類による収縮率の差がわずかであるが見

られ、これは盛上げた陶材の厚みに影響されるものと思われ、また同一歯型においても盛上げた陶材の厚みにより先と同じ結果を示し、厚いもの程収縮率が大きくなる。

4. 盛上げ方法とジャケット・クラウンの寸法変化では、有意の差はみとめられない。

5. 盛上げ方法と歯頸部適合度については、ディッチング法を除いて他に有意の差はみられなかったが、重積焼成法が好結果を得られるものと思われる。

6. グレーズによる接触点への影響は片側で 6~13 μ 位で、ジャケット・クラウンが主に前歯部に使用されることから、食片圧入などに対する影響は少ないものと思われる。

7. 過焼成すると接触点の強さを減ずるとともに、その位置および外形の形態変化を生ずるので注意を要する。

本稿を終わるにあたり、このテーマをいただいた故石原教授、ならびに御指導御校閲をたまわった田端教授に対し深謝するとともに、御協力いただいた第2歯科補綴学教室および第1理工学教室の皆様へ御礼申し上げます。

文 献

- 1) Le Gro, A.L.: Ceramics in Dentistry: London, 1925, Clandius Ash, Son & Co., p. 1,-27.
- 2) 田端恒雄, 他: 陶材ジャケット冠—自然感の表現法—, 補綴臨床, 2: 147-154, 昭 44 (1969).
- 3) 田端恒雄: 橋義歯ダミーが歯肉に及ぼす影響, 第2報臨床的観察, 口病誌, 29: 375-397, 昭 37 (1962).
- 4) 吉田竜三, 他: 注入型レジンの生体組織反応, 補綴誌, 14: 127-134, 昭 45 (1970).
- 5) Eichner, K.: Porzellanoberfläche, ihre Gestalt und ihre Auswirkung auf die Gingiva, D.Z.Z. 15, 579-592 (1960).
- 6) 横塚繁雄, 他: Porcelain Jacket Crown の寸法精度について, 歯理工誌, 5: 8, 10-14, 昭 39 (1964).
- 7) 横塚繁雄, 他: Porcelain Jacket Crown の寸法精度について, 補綴誌, 8: 72-76, 昭 39 (1964).
- 8) 渡辺嘉一, 他: Porcelain Jacket Crown の寸法精度について (第4報), 歯学, 52: 281-285, 昭 39 (1964).
- 9) 鹿沼晶夫: 各種歯型材についての研究, 補綴誌, 13: 149-173, 昭 44 (1969).
- 10) 小早川清, 他: アルミナス・ポーセレン・ジャケット・クラウンの適合性に関する研究, 広大歯誌, 1: 146-157, 昭 44 (1969).
- 11) Skinner, E.W.: The Science of Dental Materials, 4th ed., Philadelphia, 1954, W.B. Saunders Co., p. 169-179.
- 12) Tylman, S.D.: Theory and Practice of Crown and Bridge Prosthodontics, 5th ed, St. Louis, 1965. The C.V. Mosby Co., p. 617-717.
- 13) Johnston, J.F., et al.: Modern Practice in Crown and Bridge Prosthodontics, 3rd ed., Philadelphia, 1971, W.B. Saunders Co., p. 479.
- 14) 藤田恒太郎: 歯の解剖学, 東京, 昭 39. 金原出版株式会社, 24 頁.
- 15) 上条雅彦: 日本人永久歯の解剖学, 東京, 昭 37. 地人書館株式会社, 10-51 頁.
- 16) 飛奈達也: 有髄橋脚歯としての上顎中切歯形態の研究, 口病誌, 25: 308-327, 昭 33 (1958).
- 17) 杉浦英二: 有髄橋脚歯としての上顎犬歯形態の研究, 口病誌, 26: 1807-1892, 昭 34 (1959).
- 18) 石原寿郎, 田端恒雄: ポーセレン・ワーク (陶材ジャケット冠の製作法), 東京, 昭和 46. 而至化学工業株式会社.
- 19) 多和田泰一, 横塚繁雄: ポーセレンクラウン・ブリッジ, 上巻. 東京. 昭和 41. 医歯薬出版株式会社.
- 20) 増原英一, 他: Z式歯牙薄井切削材の試作歯理工誌, 3: 72-76 昭 37 (1962).
- 21) 山田早苗, 他: 陶材のコンデンスとその強度ならびに内部構造に関する研究 (その1), 補綴誌, 14: 22-31, 昭 45 (1970).
- 22) 小森富夫, 山田早苗: ポーセレン・ワーク, 東京, 昭和 39. 医歯薬出版株式会社.
- 23) Johnston, J.F. et al.: Modern Practice in Dental Ceramics: Philadelphia, 1967, W.B. Saunders Co., p. 107.
- 24) 草刈玄: 接触点に関する研究, 特に歯間離開度について, 補綴誌, 9: 161-182, 昭 40 (1965).
- 25) 総山孝雄: 窩洞形成法, 東京, 昭和 37. 永末書店, 426-429 頁.