原著論文

リン酸カルシウム系結晶化ガラス・ブリッジの 寸法精度に及ぼす因子の検索および最適化

鳥井 克典

Factors Influencing Dimensional Accuracy of Calcium Phosphate Crystalline Ceramic Bridges

Katsunori Torii

歯科補綴学的意義

患者の Quality of Life (QOL) の向上とともに、審美性が高く生体親和性のある補綴装置が求められている。リン酸カルシウム系結晶化ガラスは機能性、審美性および生体親和性に優れた理想的な歯冠修復材料であり、単独冠だけでなくブリッジへの臨床応用が期待される。本論文ではリン酸カルシウム系結晶化ガラス・ブリッジの寸法精度に及ぼす因子について検索および最適化を行っており、臨床における製作条件確立の一助になるものと考えられる。

抄 録

目的：リン酸カルシウム系結晶化ガラス・ブリッジの良好な寸法精度を得る技工操作上の条件を見出すこと。

方法：一歯欠損、両側支台歯の金型を用い、種々の条件で製作したブリッジ内面と金型外面を三次元計測器によって計測した。支台装置内面では SN 比および感度を、またブリッジの弧状変形には両支台装置の中心軸間角度を特性値として、9つの因子のなかからブリッジの寸法変化に影響を及ぼす因子の検索を直交配列表を用いて行った。次にそれらの因子にさらに3つの因子を加え、変化量が最小となる最適水準の推定と確認を行った。

結果および結論：1. キャスティングライナーを使用することによって、ブリッジと金型との間隙量のばらつきを小さくできることがわかった。2. 直径 45 mm の铸造リングを使用することによって、弧状変形を小さくできることがわかった。3. ばらつきと弧状変形に大きな影響を及ぼさない埋没材の種類および専用液濃度によって、ブリッジと金型との間隙量を調整できることがわかった。4. 本実験の条件内で良好な寸法精度を有したブリッジを得るための条件は、直径 45 mm の铸造リング、キャスティングライナー、中膨張性埋没材、50% 濃度の専用液を使用することであることが明らかとなった。

和文キーワード

リン酸カルシウム系結晶化ガラス, キャスタブルセラミックス, ブリッジ, 寸法精度, SN 比

大阪歯科大学有歯補綴咬合学講座 (指導: 川添堯彬教授)

Department of Fixed Prosthodontics and Occlusion, Osaka Dental University (Director: Prof. Takayoshi Kawazoe)

受付: 2000 年 10 月 16 日/受理: 2000 年 12 月 4 日

Received on October 16, 2000/Accepted on December 4, 2000

I. 緒 言

患者のQOLの向上とともに、機能性だけでなく審美性が高く、生体親和性のある材料を用いた補綴装置が求められるようになってきた。現在注目されている歯冠修復材料のなかでリン酸カルシウム系結晶化ガラスは、1975年に阿部ら^{1,2)}が開発した β -メタリン酸カルシウムの結晶構造体であり、化学組成、組織構造および物理的性状が天然歯のエナメル質に類似している³⁾。このリン酸カルシウム系結晶化ガラスの臨床応用を目的として、種々の基礎的研究^{4~9)}に基づいて、クラウンの臨床応用が試みられ良好な結果を得ている^{10~13)}。さらに、本材料を用いてブリッジワークが可能になれば、臨床での適用範囲が拡大される。しかし、ワンピースキャストブリッジの適合性は金属を用いた場合でも埋没からワックスの焼却、鋳型の加熱および鋳造までに複雑な因子が重なり^{14,15)}、その精度は十分とはいえない。

そこで本研究では、リン酸カルシウム系結晶化ガラスを用いて良好な適合性の臼歯部3ユニットのブリッジを製作するにあたって、技工操作上考えられる因子を取りあげ、寸法精度に及ぼす因子の検索を行うとともに最適水準を求め、寸法精度の高いワンピースキャストブリッジ製作を目指した。

II. 材料と方法

1. 実験1：ブリッジの寸法精度に及ぼす因子の検索

1) 材料および試料の製作

(1) 金型

下顎第一大臼歯欠損、両側支台歯の3ユニットのブリッジを想定した支台金型（金型）および外枠金型（外枠）を設計した（図1）。なお、金型の台座部には三次元形状計測器に固定できるように棒状のリムを取り付けた。近心支台および支台装置をP、遠心支台および支台装置をMとした。

(2) ワックスパターンの調製、埋没およびワックスの焼却

金型、外枠およびインレーワックス（インレーワックス ソフト、ジーシー社）を用いて、流し込みおよ

P : Mesial abutment, M : Distal abutment

図1 Dimensions of abutment teeth and frame steel model

支台金型および外枠金型の寸法

び圧接法にてワックスパターンを製作した。次に、両側支台装置およびポンティックの咬合面隅角部に1本ずつスプルー線を取り付け、横方向に円錐台に植立した。キャストイングライナー（ニューアスベストリボン、厚さ0.8mm、新日本ゴム社）の有無（因子C）、および鋳造リング（JMキャストイングリングL、45×40mm、藤原歯科産業社および鋳造リングNo.2、35×40mm、林歯科商店社）の直径（因子A）を変化させて速やかに埋没操作に移った。

埋没材には、リン酸塩系埋没材で熱膨張率の異なるクリセラ専用埋没材の高膨張性および低膨張性埋没材（九耐デントセラム社、因子B）を用い、専用液の濃度（因子D）および混液比（因子E）を変化させ、30秒間手練和を行ったのち真空練和器にて練和時間（因子F）を変化させ、真空練和および埋没を行った。

埋没終了からワックス焼却開始までの放置時間（因子G）を変化させ、ワックス焼却用ファーンエスにて800℃まで昇温し、30分間係留を行いワックスの焼却を行った。

ワックス焼却後800℃から530℃までファーンエス内で降温し、30分以上の係留を行ったものを再加熱なし、ワックス焼却後800℃から室温までファーンエス内で降温し、24時間後再び530℃まで昇温し、30分以上の係留を行ったものを再加熱ありとして（因子

表 1 Factors, levels and lines of experiment 1
実験 1 でとりあげた因子と水準および列

Factors	Levels		Lines
A : Diameter of casting ring	45 mm	35 mm	1
B : Expansion of investment	High	Low	2
C : Ring liner	Without	With	4
D : Liquid concentration	100%	50%	8
E : Liquid/powder ratio	0.20	0.24	15
F : Mixing time	30 sec	60 sec	10
G : Storage time*	30 min	60 min	11
H : Reheating	Non-reheated	Reheated	12
I : Crystallization time	14 h	26 h	13

*Time from end of investing to start of burning

H) 鑄造に移った。

(3) 鑄造

専用溶融炉を用い溶融したガラスインゴット（クリセラ E, No. 2, 九耐デントセラム社）を専用鑄造器を用いて鑄造し、室温まで炉内放冷を行った。

(4) セラミング

埋没材の除去後、専用結晶化炉にてセラミング時間（因子 I）を変化させ、鑄造体のセラミングを行い試料に供した。

以上の因子、水準および直交配列表に割り付けた列を表 1 にまとめた。

2) 金型およびブリッジの測定方法

本研究では三次元形状計測器、デンタル Cadim（アドバンス社）を用い、金型外面および試料ブリッジ内面の三次元形状計測を行い、そのギャップから寸法精度を検討した。なお、予備実験によるデンタル Cadim の計測誤差は $\pm 5.85 \mu\text{m}$ であった。

計測条件は TRACECUT（RENISHAW 社）で放射状双方向計測、基準ピッチ 0.05 mm、ステップオーバー距離 0.20 mm およびプローブ接触圧 70 g に設定した。

計測回数は金型で 7 回、ブリッジで 2 回とし、その平均値を代表値とした。

次に計測データを点群処理ソフト（SURFACER, Imageware 社）に転送し、位置合わせおよび測定を行った。

(1) 基準平面

基準平面は、P および M の辺縁ショルダー部からそれぞれ 12 点ずつ任意に抽出し、24 点から最小二乗法によって求めた平面とした。

(2) 測定部位

測定部位は P および M のそれぞれの内径、高径、P および M の中心軸間距離および中心軸間角度とした（図 2）。

a. 内径

基準平面から咬合面方向に 1, 2, 3 および 4 mm 離れた部位の点群断面から最小二乗法によって求めた円の直径とした。

b. 高径

基準平面と P および M の咬合面内の点群とのそれぞれの平均距離とした。

c. 中心軸間距離

P および M の中心軸をそれぞれ作成した。すなわち辺縁ショルダー部から 12 点任意に抽出し、この点群から最小二乗法によって求めた平面をそれぞれ作成し、この平面の法線方向に 1, 2, 3 および 4 mm 離れた軸壁の点群断面から最小二乗法によって求めた円の中心点を求め、この 4 つの中心点群から最小二乗法によって求めた直線を中心軸とした。次に基準平面から咬合面方向に 1, 2, 3 および 4 mm 離れた部位の P および M の中心軸間の距離を中心軸間距離とした。

以上、ブリッジ内面の寸法変化には P の内径および高径（4+1 部位）、M の内径および高径（4+1 部位）、中心軸間距離（4 部位）の計 14 部位のデータを解析に用いた。

d. 中心軸間角度

P および M の中心軸が矢状面上でなす角度とした。

3) 実験方法および解析

9 つの因子と 6 つの交互作用（ $A \times B$, $A \times C$, $A \times D$, $A \times E$, $B \times C$, $D \times E$ ）をとりあげ、 L_{16} の直交配列

表^{16,17)}を用いて試料を製作した。なお、実験順序はランダム化して行い、各条件で3個ずつ計48個の試料を製作した。

内面寸法変化の解析には、まず各測定部位において、試料の測定値から金型の測定値を減じた値を各条件(16条件)ずつ求めた。次に、14の測定部位を L_{16} の外側に割り付け、各条件につきゼロ望目特性のSN比および感度を算出し、これらを特性値として分散分析および効果の推定を行った。なお、ゼロ望目特性のSN比および感度は以下の式に従った¹⁸⁾。

$$\text{SN 比 (db)} = -10 \times \log (\text{Ve})$$

Ve: 14 部位の分散

$$\text{感度 (db)} = 14 \text{ 部位の平均値 } (\mu\text{m})$$

中心軸間角度の解析は、各条件における試料の測定値から金型の測定値を減じた値を特性値として分散分析および効果の推定を行った。

次に、主効果の存在が疑われた因子FがSN比に及ぼす影響を探るために、30および60秒の条件で製作したブリッジのSN比の有意差検定(t検定)を行った。なお、F以外の因子の水準をA(45 mm)、B

(低膨張性埋没材)、C(有)、D(100%)、E(0.20)、G(30分)、H(無)およびI(14時間)に固定し、各条件で6個ずつ計12個の試料を製作した。

2. 実験2：水準の最適化

実験条件はA(45 mm)、C(有)、E(0.22)、F(60秒)、G(30分)、およびI(26時間)に固定した。そして因子B、D、H、J、KおよびLの6つの因子および水準をとりあげ(表2)、 L_{18} の直交配列表^{16,18)}を用いて試料を製作した。また、因子Lは L_{18} の外側に割り付け、各条件で1個ずつ計54個の試料を製作し、そのほかは実験1に準じて行った。なお、中膨張性埋没材は高膨張性および低膨張性埋没材を1:1の割合で調整したものであり、また厚さ0.45および0.70 mmのキャストインライナーにはニューキャストインライナー2FおよびF(ジーシー社)を、ガラスインゴットの色のイエロー、オレンジおよびブラウンにはそれぞれクリセラEのNo.1、2および3を用いた。

3. 実験3：確認実験

実験1および実験2で求めた最適水準、すなわちA(45 mm)、B(中膨張性埋没材)、C(有)、D(50%)、E(0.22)、F(60秒)、G(30分)およびI(26時間)を固定し、その他の条件(H、J、K、L)の水準をランダムに設定し、6個の試料を製作した。そしてSN比、感度および中心軸間角度の平均値が実験1および実験2で求めた95%信頼限界内に入っているかをそれぞれ確認した。

さらに、最適水準で製作したブリッジの内面寸法精度をブリッジ内面と金型との寸法差から確認した。

図2 Measuring parts
測定部位

表2 Factors, levels and lines of experiment 2
実験2でとりあげた因子と水準および列

Factors	Levels			Lines
B: Expansion of investment	High	Medium	Low	1
D: Liquid concentration	100%	75%	50%	2
H: Reheating	Non-reheated	Reheated		3
J: Thickness of ring liner	0.45 mm	0.70 mm	0.80 mm	4
K: Crystallization temperature	635°C	640°C	645°C	7
L: Glass ingot color	Yellow	Orange	Brown	Outside

III. 結 果

1. 実験 1 について

1) ブリッジ内面の寸法変化

(1) SN 比

分散分析の結果、有意となった因子のなかで最も寄与率の高かった因子は C (28.2%) であり、次いで F (15.4%), I (7.6%) の順となった。しかし、因子 F は直交表の 10 列に割り付けたため、B×D の交互作用と交絡している可能性があり、因子 F の主効果について確認実験を行った。その結果、30 秒で平均 -27.4 db (± 1.3 db), 60 秒で平均 -27.2 db (± 1.9 db) となり t 検定の結果、両群間には有意の差は認

められなかった。そこで、因子 F を誤差にプールした結果、有意となった因子の寄与率および推定結果を要因効果図に示す (図 3)。因子 C のみが有意となり寄与率は 26.8% であった。SN 比が高くなる水準は有であり、その点推定値は -29.0 db, 95% 信頼区間は ± 2.1 db となった。なお有効反復数は 24 であった。

(2) 感度

分散分析の結果、有意となった因子の寄与率および推定結果を要因効果図に示す (図 4)。最も寄与率の高かった因子は C (27.2%) で、次いで D (20.4%), A (10.6%), B (10.2%), H (7.9%) の順であった。感度が高くなる水準はそれぞれ有, 100%, 45 mm, 高膨張性埋没材および有であった。因子 H は直交表の 12 列に割り付けたため、C×D の交互作用と交絡して

図 3 Effect of factors on signal-to-noise ratios (experiment 1)
SN 比に及ぼす要因効果図 (実験 1)

図 4 Effect of factors on sensitivities (experiment 1)
感度に及ぼす要因効果図 (実験 1)

図 5 Effect of factors on axes angles (experiment 1)
中心軸間角度に及ぼす要因効果図 (実験 1)

図 6 Effect of factors on sensitivities (experiment 2)
感度に及ぼす要因効果図 (実験 2)

いる可能性があり、実験 2 で再度とりあげた。

2) 中心軸間角度の変化

分散分析の結果、有意となった因子の寄与率および推定結果を要因効果図に示す (図 5)。因子 A のみが有意となり、その寄与率は 46.5% であった。45 mm では 35 mm に比べて 0.43° 小さくなり、その点推定値は 1.47°、95% 信頼区間は ±0.09° となった。なお有効反復数は 24 であった。

2. 実験 2 について

1) ブリッジ内面の寸法変化

(1) SN 比

分散分析の結果、有意な因子は検出されなかった。そこで全試料 (54 個) の総平均は -27.5 db となり、

実験 1 で求めた 95% 信頼限界内に入っていた。

(2) 感度

分散分析の結果、有意となった因子の寄与率および推定結果を要因効果図に示す (図 6)。最も寄与率の高かった因子は D (42.8%)、次いで B (36.3%) となり、2 つ合わせて総変動の約 80% を占めていた。これらは水準の変化に伴ってほぼ直線的な感度の変動が認められた。

ここで感度の点推定値が 0 db にもっとも近い組合せは、中膨張性埋没材および濃度 50% の専用液を使用することであり、その点推定値は 1.6 db、95% 信頼区間は ±8.1 db、有効反復数は 10.8 となった。

2) 中心軸間角度の変化

分散分析を行った結果、有意な因子は検出されな

図 7 Internal gaps between the bridge fabricated in the best conditions and master die
最適水準で製作されたブリッジと金型との間隙

かった。そこで全試料 (54 個) の総平均は 1.54° となり、実験 1 で求めた 95% 信頼限界内に入っていた。

3. 実験 3 について

1) 推定値の確認

SN 比、感度および中心軸間角度の平均値はそれぞれ -30.8 db ($\pm 1.8 \text{ db}$)、 -4.6 db ($\pm 6.7 \text{ db}$) および 1.48° ($\pm 0.21^\circ$) となり、実験 1 および 2 で求めた 95% 信頼限界内に入っていた。

2) 最適水準での内面寸法精度

最適水準で製作したブリッジの内面と金型との差を図 7 に示す。P および M の内面の変動幅は $20 \mu\text{m}$ 以内であり、 $0 \mu\text{m}$ に近い値を示した。中心軸間距離では 1 mm で約 $10 \mu\text{m}$ 、 4 mm で約 $-70 \mu\text{m}$ となり、その変動幅は大きくなった。高径では P および M ともにプラスの値を示し約 $60 \mu\text{m}$ であった。

IV. 考 察

1. 実験方法について

本研究では、ブリッジ全体の寸法精度を評価するために、まず 14 部位の測定部位におけるばらつきを小さくする因子および水準をみつけた。ここで、ばらつきを評価する特性値にゼロ望目特性の SN 比を用いた。SN 比とは、目的特性の安定性を定量的に表現したものの¹⁸⁾で、品質工学ではゼロ望目特性の SN 比は目標値を 0 (ここではブリッジと金型との差) としたと

図 8 Internal gaps between bridges fabricated with and without ring liners and master die
キャストイングライナーの有無によって製作されたブリッジと金型との間隙

きのばらつきを表し、ばらつきが小さいほど SN 比は高くなるという特性値である。

次に、SN 比が高くなる因子の水準を固定し、SN 比に影響を及ぼさない因子のなかで、感度すなわちブリッジと金型との寸法差を調整できる因子 (調整因子^{18,19)}) を見だし、 0 db すなわち $0 \mu\text{m}$ にもっとも近くなる条件を検討した。

さらに、ブリッジの弧状変形は両支台装置の中心軸間角度の変化から検討した。

以上の 3 つの評価項目で良好となった因子の水準を最適水準とした。

本実験では、主効果主体で考えるのが望ましいという考え^{18,19)}から、交互作用を含め寄与率が小さい因子を積極的に誤差にプーリングした。また、実験 2 では交互作用が各列にほぼ均等に現れる L_{18} の直交表^{18,19)}を用い、交互作用を重視しなかった。

2. 実験結果について

キャストイングライナーはロストワックス法において一般的に使用されており、埋没材の異方向性膨張を緩和するとされている。しかし、種々の因子のなかでの因子 C の効果 (寄与率) は明らかでないため、因子としてとりあげた。実験 1 において、SN 比に大きな影響を及ぼした因子 C がブリッジと金型との間隙に及ぼす影響を図 8 に示した。SN 比が高いということは図 8 の折れ線が X 軸に平行な直線に近くなるということであり、グラフではキャストイングライナーありのほうがなしに比べ直線に近く、その大きな違いは中心軸間距離において認められた。これは、ありでは鑄造リングによってブリッジの近遠心的方向の膨張が抑制

されず²⁰⁾、自由な膨張が生じ中心軸間距離の変化量がPおよびMの変化量に近づいたためにSN比が高くなったと考えられた。上記のような理由で、感度においてもありのほうかなしよりも大きな値を示したと考えられた。

因子Aが、感度および中心軸間角度に大きな影響を及ぼしていた。既報²¹⁻²³⁾では、鋳造リングの内径が大きくなるに従って膨張は大きくなると述べていることから、埋没材の容積による膨張量の差、さらにブリッジの感度の差に影響を及ぼしたと考えられた。また、中心軸間角度は直径45mmのほうが35mmに比べ有意に小さくなった。これは、埋没材の膨張量だけでは考察できない。なぜなら、図4から埋没材の膨張量に影響を及ぼす因子BやDの主効果は、Aの主効果とほぼ等しいかそれよりも大きいにもかかわらず、中心軸間角度に影響を及ぼしていないからである。そこで鋳造リングの形態から考察して、鋳型の外側ほど変形が大きくなる^{24,25)}ことから、鋳造リングの直径が大きいほどワックスパターンと鋳造リングとの間隔は広くなり、リングによる異方向性膨張^{26,27)}が緩和されたと考えられた。

因子BおよびDは、実験1および実験2において感度に大きな影響を及ぼした。これは、埋没材中のシリカの含有率²⁸⁾や、専用液中のコロイダルシリカの含有率²⁹⁻³²⁾に寄与していると考えられ、また図6で直線的な感度の変動が認められ、SN比には影響を及ぼさないことから、因子BおよびDは調整因子として用いることができると考えられた。

因子J^{33,34)}、E^{29,31,35)}およびF^{29,34,36)}は、寸法精度や埋没材の膨張に影響を及ぼすとされているが、本実験では同様の傾向が認められるものの有意性は認められなかった。これは多くの因子をとりあげたために寄与率が低くなった結果であり、臨床において誤差程度の効果しかなく、重要な因子ではないと考えられた。

同様に因子G³⁷⁾、H、K⁹⁾およびLにも有意性は認められなかったことから、ブリッジの製作時間に自由度をもたらし因子GおよびH、色調に自由度をもたらし因子KおよびLは誤差因子となることが明らかとなった。

V. 結 論

リン酸カルシウム系結晶化ガラスを用いた臼歯部3ユニットのブリッジの良好な寸法精度を得ることを目的として、ブリッジの寸法精度に影響を及ぼす因子の検索および最適化を行った結果、以下の知見を得た。

1. キャスティングライナーを使用することによって、ブリッジと金型との間隙量のばらつきを小さくできることがわかった。
2. 直径45mmの鋳造リングを使用することによって、弧状変形を小さくできることがわかった。
3. ばらつきおよび弧状変形に大きな影響を及ぼさない埋没材の種類および専用液濃度によって、ブリッジと金型との間隙量を調整できることがわかった。
4. 本実験の条件内で良好な寸法精度を有したブリッジを得るための条件は、直径45mmの鋳造リング、キャスティングライナー、中膨張性埋没材および50%濃度の専用液を使用することであることが明らかとなった。

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤なるご指導とご高閲を賜った川添堯彬教授に深甚なる感謝の意を表します。

また本研究に種々ご教示くださった大阪歯科大学客員教授末瀬彦博士、ご助言くださった田中昌博助教授、ご協力くださった教室員各位そして大学院生各位に感謝いたします。

本研究の一部は、第104回日本補綴歯科学会学術大会(2000年11月10日、大阪市)において発表し、要旨は第475回大阪歯科学会例会(2000年12月9日、枚方市)において発表した。

本研究は大阪歯科大学中央歯学研究所(咀嚼機能研究施設)を利用し、文部省ハイテク・リサーチ・センター整備事業の助成によって行った。

文 献

- 1) Abe Y, Arahori T, Naruse A. Crystallization of $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$ glass below the glass transition temperature. J Am Ceram Soc 59: 487-490, 1976.
- 2) 阿部良弘. ガラスの一方方向結晶化による複合組織の合成— $\text{CaO-P}_2\text{O}_5$ 系を主として—. セラミックス 18: 184-189, 1983.
- 3) 渡辺 明, 木原誠治, 阿部良弘ほか. 生体材料としての人工歯冠の展望 1. ファイン・セラミックスの開発と生体材料への応用. QE 3: 1619-1632, 1984.
- 4) 岩井啓三. リン酸カルシウム系結晶化ガラス鋳造冠の焼着および失透に関する研究. 補綴誌 31: 955-970, 1987.
- 5) 矢木富士雄, 新谷明喜, 横塚繁雄. リン酸カルシウム系

- 結晶化ガラス (CPCC) を用いたキャストブルセラミックスクラウンの寸法精度. 歯学 75: 189-222, 1987.
- 6) 古森輝彦. リン酸カルシウム系結晶化ガラス・クラウンの適合性および破折強度に関する研究. 歯科医学 52: 626-647, 1989.
- 7) 佐川寛一. リン酸カルシウム系結晶化ガラスの表面性状と *Streptococcus mutans* の付着性に関する実験的研究. 歯材器 10: 102-116, 1991.
- 8) 安田俊治, 川添堯彬. リン酸カルシウム系結晶化ガラスの耐摩耗性に関する基礎的研究. 歯科医学 63: 142-154, 2000.
- 9) 山下秀介, 末瀬一彦. リン酸カルシウム系結晶化ガラスの歯冠色調に関する基礎的研究. 歯科医学 58: 110-122, 1995.
- 10) 川添堯彬, 末瀬一彦, 岩井啓三ほか. 歯科製造用リン酸カルシウムガラス (CPCC) の臨床試験に関する検討. 歯科評論 518: 243-248, 1985.
- 11) 渡辺 明, 木原誠治, 阿部良弘ほか. 生体材料としての人工歯冠の展望 4. リン酸カルシウム系結晶化ガラス (CPCC) 歯冠の臨床応用. QE 4: 451-462, 1985.
- 12) 川添堯彬, 末瀬一彦, 上田直克ほか. キャスタブルガラスセラミックス・クラウン (Crys-Cera Crown) の臨床評価. 歯科審美 8: 62-72, 1995.
- 13) 末瀬一彦, 安田俊治, 糸田昌隆ほか. リン酸カルシウム系結晶化ガラス (クリセラ)・クラウンの表面性状に関する臨床的観察. 歯科審美 9: 173-178, 1997.
- 14) 加藤敏明, 才津 誠. 臨床的ワンピースキャスト・ブリッジにおける適合精度向上への考察 (前半)ー精度向上のための埋没材ー. QDT 22: 375-392, 1997.
- 15) 加藤敏明, 才津 誠. 臨床的ワンピースキャスト・ブリッジにおける適合精度向上への考察 (後半)ー臨床的歯科製造ー. QDT 22: 514-530, 1997.
- 16) 田口玄一. 実験計画法 163-179, 1071, 東京: 丸善, 1976.
- 17) 中里博明, 川崎浩二郎, 平栗 昇ほか. 品質管理のための実験計画法テキスト 181-223, 東京: 日科技連出版, 1996.
- 18) 渡辺義晴, 中居仁司, 立林和夫ほか. 疑問に答える実験計画法問答集 8, 91-93, 202-206, 東京: 日本規格協会, 1998.
- 19) 横山異子. 品質設計のための実験計画法. 田口玄一, 馬場幾郎, 矢野 宏ほか編, 品質工学講座 4 4-11, 13, 295-297, 東京: 日本規格協会, 1998.
- 20) 新谷明喜, 千葉栄一. 材料学アトラス 5ー緩衝材ー. QDT 16: 206-210, 1991.
- 21) Saas FA, Eames WB. Fit of unit-cast fixed partial dentures related to casting ring size and shape. J Prosthet Dent 43: 163-167, 1980.
- 22) 伊藤充雄, 杉江玄嗣, 高橋重雄. リン酸塩系埋没材について (その 5) 硬化時の反応熱と膨張について. 松本歯学 12: 366-373, 1986.
- 23) 三好清隆, 村上不可止, 川上 保ほか. クラウンの寸法精度ー円筒リングと楕円リングの差ー(第二報). 日歯技工誌 9: 26-34, 1988.
- 24) 真坂信夫. ワンピースキャストブリッジの鑄造精度に関する研究. 歯科学報 70: 725-758, 1970.
- 25) 真坂信夫, 野田昌男. リン酸塩系埋没材を使ったリングレス鑄造によるワンピース・キャスト・ブリッジ. 歯界展望 41: 843-852, 1973.
- 26) Junner RE, Stevens L. Anisotropic setting expansion of phosphate bonded investment. Aust Dent J 31: 434-439, 1986.
- 27) Takahashi J, Okazaki M, Taira M et al. Nonuniform vertical and horizontal setting expansion of a phosphate-bonded investment. J Prosthet Dent 81: 386-391, 1999.
- 28) Philips RW. Skinner's science of dental materials 9th ed 406-411, Philadelphia: WB Saunders, 1991.
- 29) 小園凱夫, 田島清司, 柿川 宏ほか. リン酸塩系埋没材の膨張と鑄造精度 (第 1 報) リン酸塩系埋没材の膨張変化. 歯材器 3: 295-302, 1984.
- 30) 高頭 泉, 小倉英夫, 中村健吾. 横埋没によるワンピースキャストブリッジの寸法精度. 歯学 73: 845-859, 1985.
- 31) Hutton JE, Marshall GW. The expansion of phosphate bonded investments Part IーSetting expansion. J Prosthet Dent 70: 121-125, 1993.
- 32) 田口博康. リン酸塩系高温埋没材の試作と理工学的諸性質について. 歯材器 13: 91-100, 1994.
- 33) 中西正泰, 木本吉昭, 篠崎照泰ほか. ノンアスベスト裏装材による鑄造適合精度 (2)ーリン酸塩系埋没材を用いてー. 日歯技工誌 15: 95-99, 1994.
- 34) 成川雅史. 鑄造用リングライナーに関する研究ー乾ライナー法による埋没材の硬化膨張に対する緩衝効果ー. 日大歯学 72: 770-779, 1998.
- 35) Hutton JE, Marshall GW. Expansion of phosphate-bonded investments Part IIーThermal expansion. J Prosthet Dent 73: 126-131, 1995.
- 36) 小園凱夫, 林 一郎, 西岡二二夫. 埋没材の膨張におよぼす練和条件の影響ー手練和と機械練和の相異ー. 九州歯会誌 26: 76-81, 1972.
- 37) Stevens L. The effect of time between mixing and heating on the expansion of phosphate bonded investment. Aust Dent J 31: 207-213, 1986.

著者連絡先: 鳥井 克典

〒540-0008 大阪府大阪市中央区大手前
1-5-17

TEL: 06-6910-1111 (内線 4523)

FAX: 06-6910-1046

Factors Influencing Dimensional Accuracy of Calcium Phosphate Crystalline Ceramic Bridges

Katsunori Torii

Department of Fixed Prosthodontics and Occlusion, Osaka Dental University
(Director : Prof. Takayoshi Kawazoe)

J Jpn Prosthodont Soc 45 : 322-331, 2001

ABSTRACT

Purpose : The purpose of this study was to investigate the conditions for getting good dimensional accuracy of calcium phosphate crystalline ceramic bridges in laboratory operation.

Methods : Internal gaps between bridges fabricated at different conditions, and master die and arc-shaped deformation of bridges, were measured using a three-dimensional measurement system. Factors influenced dimensional changes were examined from the signal-to-noise ratio, sensitivity, and axis angle of retainers. The optimum condition that made the minimum amount of change for those factors was estimated by analysis of variance and confirmed.

Result and Conclusion : 1. The dispersion of gaps between bridges and a master die was narrowed by the use of ring liners. 2. Arc-shaped deformation of bridge was smaller by a casting ring of 45 millimeters in diameter. 3. A gap between bridge and master die was adjusted by "Expansion of investment" and "Liquid concentration," which did not influence dispersion and arc-shaped deformation significantly. 4. The optimum conditions for getting good dimensional accuracy of bridges in this study were to use a casting ring of 45 mm in diameter, a ring liner, an investment of medium expansion, and 50% liquid concentration.

Key words

calcium phosphate crystalline ceramics, castable ceramics, bridge, dimensional accuracy, signal-to-noise ratio