鑄造冠の支台歯形態に関する実験的研究

——軸面傾斜度ならびに歯頸部辺縁形態について——

橋 本 収

Effect of Types of Prepared Abutment Teeth on Full Cast Metal Crowns

Osamu Hashimoto

緒 言

鑄造冠は、歯科臨床において占める割合が最も高く、単独冠はもとより架工義歯の支台装置として用いられている。したがって、鑄造冠の製作に関して多くの研究がなされ、かつ材料、技術などの進歩とともに、鑄造冠の寸法精度はかなり改善されてきたが、鑄造冠の歯頸部におけるセメント層や接触点などを含めて、まだ未解決の問題点が、残されている。

これらの問題を解決するためには、鑄造冠の製作過程における各操作すなわち支台歯形成から始まり、印象採得、模型製作、ロウ型採得、鑄造、研磨、装着に至るまでの因子が、鑄造冠の外形寸法、適合度、セメント合着による浮き上がり、歯頸部辺縁のセメント層、および保持力などの各種条件に及ぼす影響を同時にとらえ、臨床的な立場から総合的な検討を加える必要があると考えられる。しかし、従来の研究は、たとえば装着におけるセメントの破碎抗力が鑄造冠の保持力に及ぼす影響^{1, 2)}、あるいは埋没条件が鑄造冠の適合度におよぼす影響³⁾などのごとく、鑄造冠製作過程の一因子と鑄造冠の一条件について、あるいは数因子と一条件についての基礎的な報告が多い。

鑄造冠の各種条件に影響を及ぼす製作過程の因子のなかでも、とくに支台歯形成はその出発点であり、印象採得以後の操作に影響を及ぼすのみならず、鑄造冠の各種

条件すべてに影響を与えると考えられ、临床上重要な操作である。そして支台歯形成のなかでも、支台歯形態はとくに重要である。しかしながら、支台歯形態に関して、軸面傾斜度および歯頸部辺縁形態が鑄造冠に及ぼす影響についての報告⁴⁻⁹⁾はあるが、軸面傾斜度と歯頸部辺縁形態との相互関係が鑄造冠の各種条件に及ぼす影響については、系統的に検討した研究報告がみられない。

そこで本研究は、基礎的研究の一環として、鑄造冠の支台歯形態にとつて重要な因子である軸面傾斜度ならびに歯頸部辺縁形態をとりあげ、それらが鑄造冠の外形寸法、適合度、セメント合着による浮き上がり、歯頸部辺縁のセメント層、および保持力にどのような影響を及ぼすかを知るために、補綴学的立場から総合的な検討を加えたものである。

実験材料ならびに方法

実験 I : 外形の寸法変化

外形の寸法変化は、ロウ型および鑄造冠の外形寸法を計測し、両者を比較することによって変化量を求めた。

a) 金 型

小臼歯の単独冠を想定し、単純化した図1)のごとき形態、寸法のステンレススチール製外枠金型(図2)を使用した。支台歯は、(図3)のごとく、歯頸部直径、高さを一定にして、軸面傾斜度が2°, 5°, 10°, 15°の4種類、それらに対する歯頸部辺縁形態をそれぞれ knife edge type, chamfer type, shoulder type の3種類とし、合計12種類のステンレススチール製の支台歯(図4)を使用した。

b) ロウ型採得

軟化圧接法により行なつた。すなわち、支台歯および

* Ist Department of Prosthetic Dentistry, Osaka University Dental School. (Director : Prof. Takaji Simo-osa)

* 大阪大学歯学部歯科補綴学第1教室(指導: 下総高次教授)

昭和47年3月28日

図 1 金型の設計図 (単位: mm)
(a) 支台歯支持部 (c) 天 蓋
(b) 外 枠 (d) 支台歯

図 2 金 型
左から外枠, 支台歯および支持部, 天蓋

図 3 支台歯の形態および寸法

外枠に分離剤を塗布し, G 社製間接法用インレーワックスと共に約 44°C の oven に入れて軟化し, 約 5 kg の加重を行ない室温まで冷却した。余剰のワックスをカミソリにて削除成形し, 天蓋中央部に直径 1.8 mm の中

図 4 実験 I) に使用したステンレス
スチール製の支台歯
上段: knife edge type
中段: chamfer type
下段: shoulder type
それぞれ左から 2°, 5°, 10°, 15°

空スプルー線を植立した。ロウ型と支台歯の位置関係を印記し, 支台歯を Galloni 製 Isopalallero meter (図 5) に固定し, 回転させながら, 移動台に固定した針によつてロウ型の周囲に測定基準線を描記した。なお, 測定基準線は上縁より 0.7 mm および 6.3 mm の 2 カ所に印記した。

c) ロウ型の測定

支台歯を試料載物台に固定し, Nikon 製万能投影機 6C-T 型にて投影を行ない, 精度 1/1,000 mm の微動載物台の移動量を読み取り, ロウ型の外形寸法を計測した。測定部位は図 6 に示した (a)~(g) の 7 部位である。測定は各試料の 120° 間隔に 3 方向より行なつた。

d) 埋 没

スプルー線の長さが 5 mm になるように円錐台に植立し, wax pattern cleaner で清掃を行なつた。内径 30 mm, 高さ 36 mm の埋没リングに, S 社製アスベス

図 5 Isopalallero meter を使用して、ロウ型に測定基準線を描記しているところ

図 6 ロウ型および铸造冠外形の測定部位

トリボン4枚(合計1.6mm)を継ぎ目が4方向に分散するように裏装し、ワセリンを一層塗布した。埋没材は、松風クリストパライト埋没材(Batch No. 980)を混水比0.35にて使用し、Torit 真空攪拌埋没器で50sec攪拌練和後、真空埋没を行なった。なお、ロウ型採得から埋没までの操作は室温 24~27°C で行なった。

e) 焼却および鑄造

埋没10~15hrs後、Auto-furnace(D社製)を使用し、平均昇温速度 10.3°C/min で 700°C まで温度上昇を行ない、700°C に 30min 繫留した。

鑄造には Torit 縦型遠心鑄造機を2回巻で使用し、

図 7 エポキシ樹脂性の支台歯
上段: knife edge type
中段: chamfer type
下段: shoulder type
それぞれ左から 2°, 5°, 10°, 15°

金属は金含有量10%の金パラジウム銀合金(G社製)を各試料に4g宛使用した。鑄造後放冷して、埋没材を除去し、パラジウム清掃剤(G社製)で処理した。

f) 鑄造冠の測定

ロウ型の測定と同じ方法で、測定基準線にしたがい、鑄造冠の外形寸法を計測した。

なお、試料は各形態につき6個、合計72個製作した。

実験 II: 適合度

適合度の測定には、実験 I)と同じ形態、寸法の支台歯をエポキシ樹脂で製作して使用した(図7)。

ロウ型採得は実験 I)と同じ方法で行ない、明石硬度計を使用して、ロウ型および支台歯に測定点を印記し、付属の微動載物台(精度 1/1,000 mm)の移動量を読み取り、両印記点間の距離を計測した。以上の操作を試料の3方向より行ない、実験 I)と同じ方法で埋没、鑄造を行なった。

図8 セメント合着後の中央部切断面
(a) knife edge type
(b) chamfer type
(c) shoulder type
それぞれ左から2°, 5°, 10°, 15°

鑄造冠完成後支台歯にもどし、400 g、5 kg、および30 kg の加重を行なった後、ロウ型の場合と同じ方法で、鑄造冠と支台歯の両印記点間の距離を計測した。ロウ型と支台歯、および鑄造冠と支台歯の距離を比較して、ロウ型に対する鑄造冠の浮き上がり量または沈下量を求めて、適合度の判定を行なった。加重量の判定には、日本光電製咬合力測定器を使用した。なお、試料は各形態につき6個宛製作した。

実験 III：セメント合着による浮き上がり

セメント合着による浮き上がり量を測定するため、実験 II) で使用した試料を松風マイクロセメント (Batch No. 30) で合着した。セメントの粉液比は、指定にしたがい、L/P=0.5 cc/1.47 g の標準稠度とし、練和方法は JIS-T 6602 によつて 90 sec 練和した。セメント合着時には、セメント練和開始から 10 min、30 kg の一定加重を行なった。セメント硬化後、余剰のセメントを取り除き、実験 II) と同じ方法で支台歯と鑄造冠の距離を計

図9 切断面におけるセメント層の厚さの測定部位
(A) 天蓋部 (D) 側壁下方部
(B) 側壁上方部 (E) 歯頸部辺縁
(C) 側壁中央部

測し、実験 II) の計測値と比較して、セメント合着による浮き上がり量を求めた。

実験 IV：切断面のセメント層

セメント合着した試料のうち、歯頸部辺縁形態が同じで軸面傾斜度が異なる4種類の試料を、咬合面がガラス板に接するように一直線にならべ、即時重合レジンで固定後、エポコート樹脂で包埋した。硬化後、切断器¹⁰⁾にて試料の長軸方向に切断し、4個の試料の中央部まで研磨を行なった (図8)。この場合、万能投影機を使用して、透過および反射を同時に行ない、透過像と反射像が一致することにより、試料の中央部で切断されていることを確認した。

切断面のセメント層の測定には万能投影機を使用し、測定部位は図9に示した(A)~(E)である。試料は各形態につき6個宛製作した。

実験 V：保持力

鑄造冠の保持力を判定するため、引張り強さを測定した。

軸面傾斜度の差異による引張り強さを測定するために、歯頸部辺縁形態が knife edge type の場合について、軸面傾斜度が2°, 5°, 10°, 15° の4種類の支台歯を対象とした。また、歯頸部辺縁形態の差異による引張り強さを測定するために、軸面傾斜度が10°の場合について、歯頸部辺縁形態が knife edge type, chamfer type, shoulder type の3種類の支台歯を対象とした。

支台歯の製作は、ウ蝕のない抜去歯牙を使用して、bur に固定した歯牙を Isopalallero meter (図5) で回転させながら、移動台に固定したエアータービンを所定の角度に保ち (図10)、エンジン部を上下方向、タービン部を前後左右方向に移動させて、所定の支台歯形態および寸法に形成した (図11, 12)。

図10 抜去歯牙の支台歯形成
(Isopalallero meter)

鑄造冠の製作は実験Ⅰ), セメント合着は実験Ⅲ) と同じ方法で行ない, セメント練和開始から 10 min 後, 37°C, 湿度 99% に保ったミクロ型透視式恒温恒湿器に 24 hrs 試料を保存した。

引張り強さの測定にはアムスラー型材料試験機を使用し, 支台歯と鑄造冠が離脱するに要した力を求めた。試験機の引張り速度は 0.49 mm/sec であった。なお, 試料は各支台歯形態につき 6 個ずつ製作した。

付) ピンレッズの保持力

抜去歯牙の小白歯を使用して, 通法により咬合面の削除を行ない, 700# の fissure bur で長さ 2 mm のピンホールを舌側に 1 本, 頬側に 2 本形成した。

軟化圧接法でロウ型採得を行ない, 以後鑄造冠と同じ方法によって引張り強さを測定した。

実験結果

実験Ⅰ: 外形の寸法変化

外形の寸法変化は, (a)~(g) (図 6) におけるロウ型

図11 支台歯 (抜去歯牙)

- (1) 形成前
- (2) shoulder type (軸面傾斜度10°)
- (3) chamfer type (")
- (4) knife edge type (")

図12 支台歯 (抜去歯牙)

- (1) 軸面傾斜度 2° (knife edge type)
- (2) " 5° (")
- (3) " 10° (")
- (4) " 15° (")

の計測値 L_w , および鑄造冠の計測値 L_c より, 次式で膨縮率に換算した。

$$\text{膨縮率} = \frac{L_w - L_c}{L_w} \times 100$$

結果を表 1), 2), 3) に示した。

鑄造冠の長軸方向 (g) は, 0.48~0.69%の膨張を示し, 軸面傾斜度および歯頸部辺縁形態による変化は認められなかった。

鑄造冠の横軸方向 (a)~(f) の結果をグラフにあらわすと図13, 14, 15) となる。

各々の辺縁形態についてみると, knife edge type の場合には, 表 1) および図13) に示したように, 冠上縁部 (a) は, 0.58~0.65% の収縮を示し, 軸面傾斜度

表 1 鋳造冠外形の寸法変化 (knife edge type)

部位 傾斜度	a	b	c	d	e	f	g
2°	-0.65 (0.10)	-0.84 (0.08)	-0.80 (0.07)	-0.62 (0.08)	-0.29 (0.10)	+0.02 (0.12)	+0.62 (0.08)
5°	-0.61 (0.10)	-0.80 (0.09)	-0.85 (0.06)	-0.67 (0.07)	-0.31 (0.09)	-0.04 (0.12)	+0.60 (0.07)
10°	-0.64 (0.08)	-0.82 (0.09)	-0.85 (0.08)	-0.70 (0.06)	-0.48 (0.07)	-0.14 (0.08)	+0.53 (0.06)
15°	-0.58 (0.08)	-0.86 (0.09)	-0.88 (0.08)	-0.81 (0.08)	-0.61 (0.07)	-0.31 (0.08)	+0.64 (0.07)

unit : %

() : s. d.

表 2 鋳造冠外形の寸法変化 (chamfer type)

部位 傾斜度	a	b	c	d	e	f	g
2°	-0.54 (0.11)	-0.80 (0.10)	-0.97 (0.08)	-1.02 (0.06)	-0.97 (0.08)	-0.74 (0.07)	+0.69 (0.08)
5°	-0.66 (0.09)	-0.86 (0.10)	-1.07 (0.08)	-1.20 (0.06)	-1.14 (0.08)	-0.76 (0.07)	+0.51 (0.08)
10°	-0.48 (0.10)	-0.83 (0.11)	-1.11 (0.06)	-1.30 (0.05)	-1.21 (0.06)	-0.80 (0.04)	+0.51 (0.10)
15°	-0.68 (0.07)	-0.92 (0.08)	-1.23 (0.07)	-1.36 (0.06)	-1.09 (0.06)	-0.70 (0.05)	+0.63 (0.08)

unit : %

() : s. d.

表 3 鋳造冠外形の寸法変化 (shoulder type)

部位 傾斜度	a	b	c	d	e	f	g
2°	-0.63 (0.09)	-0.91 (0.07)	-1.05 (0.07)	-1.11 (0.07)	-1.00 (0.08)	-0.80 (0.06)	+0.52 (0.10)
5°	-0.71 (0.06)	-1.01 (0.07)	-1.21 (0.07)	-1.25 (0.07)	-1.12 (0.06)	-0.76 (0.04)	+0.61 (0.09)
10°	-0.68 (0.08)	-1.04 (0.10)	-1.19 (0.06)	-1.39 (0.07)	-1.24 (0.06)	-0.90 (0.05)	+0.48 (0.07)
15°	-0.74 (0.10)	-1.11 (0.08)	-1.25 (0.06)	-1.36 (0.07)	-1.20 (0.07)	-0.91 (0.06)	+0.58 (0.09)

unit : %

() : s. d.

よる変化が認められなかった。部位による変化については、(b)または(c)で最も大きな収縮率を示し、(d)、(e)、(f)と歯頸部に近づくほどしだいに収縮率が減少し、(f)においては2°および5°の一部で膨張を示すものが認められた。また、(f)においては、軸面傾斜度による外形の

寸法変化が最も著明に認められた。

chamfer type の場合には、表2) および図14) に示したように、冠上縁部(a)は、0.48~0.68%の収縮を示し軸面傾斜度による変化は認められなかった。部位による変化については、軸面傾斜度がいずれの場合にも、(b)、

図13 鑄造冠の幅についての測定部位による寸法変化 (knife edge type の場合)

図14 鑄造冠の幅についての測定部位による寸法変化 (chamfer type の場合)

図15 鑄造冠の幅についての測定部位による寸法変化 (shoulder type の場合)

図16 鑄造冠の幅についての測定部位による寸法変化 (軸面傾斜度が10°の場合について)

(c)としたいに収縮率が大きくなり、(d)において最も大きな収縮率を示し、かつ軸面傾斜度が大きいほど収縮率が大きい傾向を示した。それに反し、(e)、(f)と歯頸部に至るほど収縮率はしたいに減少し、(f)においては軸面傾斜度による変化は認められなかった。

Shoulder type の場合には、表3)および図15)に示したように、chamfer type とほぼ同じ傾向が認められた。

軸面傾斜度についてみると、たとえば10°の場合には図16)に示したように(a)、(b)においては、辺縁形態による寸法変化の相異はほとんど認められなかったが、(c)～(f)においては、knife edge type の収縮率が chamfer type, shoulder type にくらべて小さかった。

実験 II : 適合度

適合度の結果を表4)に示した。表の値は、ロウ型と比較した鑄造冠の浮き上がり量を示し(－)の値は沈下量を示す。

表 4 適合度 (浮き上がり)

加 重		400 g	5 kg	30 kg
支台形態	2°	101.8 (33.4)	－ 5.6 (9.8)	－20.0 (2.7)
	5°	39.4 (15.8)	－12.6 (7.0)	－23.8 (5.0)
knife edge	10°	25.9 (12.5)	－10.7 (4.0)	－18.3 (3.5)
	15°	17.5 (7.3)	－12.8 (4.1)	－22.3 (3.0)
chamfer	2°	80.1 (20.5)	27.6 (10.8)	9.1 (3.8)
	5°	36.6 (8.1)	18.2 (4.1)	5.0 (3.4)
	10°	34.5 (6.4)	14.4 (4.3)	6.9 (2.6)
	15°	24.7 (4.6)	12.6 (3.5)	3.7 (2.9)
shoulder	2°	119.0 (34.8)	28.2 (13.2)	16.4 (5.6)
	5°	41.3 (11.5)	18.6 (4.3)	10.5 (2.5)
	10°	37.0 (9.2)	19.4 (6.2)	13.8 (4.3)
	15°	30.1 (8.5)	18.1 (7.4)	12.3 (5.8)

unit : μ
() : s.d.

図17 軸面傾斜度による適合度の変化
(加重量が 400 g の場合)

図18 加重量による適合度の変化
(軸面傾斜度が 5° の場合)

加重量が 400 g の場合の適合度は、図17) に示したように、軸面傾斜度が 2° の場合に 80~120 μ の浮き上がりを示し、5° の場合の浮き上がり量は 36~41 μ であ

図19 加重量による適合度の変化
(chamfer type の場合)

り、2° にくらべて急激な浮き上がり量の減少を示した。また、5° にくらべて 10°, 10° にくらべて 15° と、軸面傾斜度が大きいほど浮き上がり量が小さくなる傾向を示したが、5~15° における 適合度には 著明な変化が認められなかった。なお、加重量が 400 g の場合には、歯頸部辺縁形態による適合度の変化はほとんど認められなかった。

加重量が増えた場合には、たとえば図18) は軸面傾斜度が 5° における適合度を示したものである。辺縁形態が knife edge type の場合には、5 kg および 30 kg の加重により、鑄造冠はロウ型にくらべて沈下を示し、chamfer type および shoulder type の適合度との間に有意差を示した。

また、図19) は辺縁形態が chamfer type の場合における鑄造冠の適合度を図示したものである。加重量が 5 kg の場合には、軸面傾斜度が 2° の鑄造冠の適合度は、5°, 10°, 15°, にくらべてやや大きな浮き上りを示したが、加重量が 30 kg の場合には、軸面傾斜度による適合度の変化はほとんど認められなかった。

実験 III：セメント合着による浮き上がり

セメント合着による浮き上がり量の結果を表5) に示した。表の値は、30 kg 加重による鑄造冠試適時の支台歯と鑄造冠の距離にくらべて、セメント合着したため増した支台歯と鑄造冠の距離をあらわす。

結果をグラフに示すと図20) となり、セメント合着による浮き上がり量は、軸面傾斜度が 2° の場合に 500~1,000 μ と最も大きな値を示し、5° の場合には 2° にく

図20 軸面傾斜度によるセメント合着
浮き上がり量の変化

表 5 セメント合着による浮き上がり

傾斜度	knife edge type	chamfer type	shoulder type
2°	1027.3 (136.6)	502.7 (118.0)	907.2 (140.2)
5°	221.4 (38.6)	197.3 (34.1)	166.4 (45.8)
10°	80.0 (17.6)	50.0 (15.2)	66.4 (13.4)
15°	53.6 (9.5)	34.8 (4.4)	29.2 (3.8)

unit : μ
() : s. d.

らべて急激な減少を示し、10° の場合には 5° にくらべて減少するがその程度は小さくなり、10° と 15° では著明な変化は認められなかった。

歯頸部辺縁形態が浮き上がり量に及ぼす影響に関しては、knife edge type の浮き上がり量は、chamfer type および shoulder type にくらべてやや大きくなる傾向を示したが、著明な変化は認められなかった。

表 6 切断面におけるセメント層の厚さ (knife edge type)

部位	A	B	C	D
傾斜度				
2°	1030.9 (135.8)	26.0 (5.2)	38.2 (8.9)	52.8 (13.1)
5°	235.1 (44.3)	22.6 (5.3)	34.6 (4.7)	42.5 (10.5)
10°	100.4 (9.2)	17.4 (3.8)	22.3 (4.7)	25.4 (6.4)
15°	68.2 (9.6)	16.3 (4.2)	19.6 (4.1)	19.5 (3.4)

unit : μ
() : s. d.

表 7 切断面におけるセメント層の厚さ (chamfer type)

部位	A	B	C	D	E
傾斜度					
2°	536.9 (113.4)	24.1 (8.6)	26.4 (4.0)	24.3 (2.9)	353.8 (58.9)
5°	219.0 (37.6)	22.8 (1.9)	24.8 (4.9)	21.3 (4.0)	138.0 (11.5)
10°	80.9 (11.6)	18.5 (3.5)	17.3 (0.8)	17.1 (0.7)	48.1 (10.8)
15°	64.9 (7.3)	18.1 (2.1)	18.5 (4.3)	17.8 (4.3)	29.8 (2.8)

unit : μ
() : s. d.

表 8 切断面におけるセメント層の厚さ (shoulder type)

部位	A	B	C	D	E
傾斜度					
2°	940.9 (140.3)	25.1 (8.1)	25.4 (6.6)	23.8 (4.8)	925.5 (138.5)
5°	220.2 (44.4)	21.7 (4.6)	23.2 (2.3)	25.0 (2.5)	194.1 (44.1)
10°	100.4 (17.2)	19.2 (1.4)	20.8 (2.8)	17.5 (1.5)	78.4 (17.4)
15°	66.0 (8.6)	15.3 (2.6)	16.7 (1.6)	17.0 (2.9)	42.6 (3.4)

unit : μ
() : s. d.

実験 IV : 切断面のセメント層

各部位 (A)~(E) におけるセメント層の厚さの結果を表 6, 7, 8) に示した。

天蓋部 (A) のセメント層の厚さは、セメント合着による浮き上がり量にくらべてやや大きな値を示し、支台歯

図21 側壁部位によるセメント層の厚さの変化について
B：側壁上方部
C：側壁中央部
D：側壁下方部

形態による変化は同じ傾向を示した。

側壁部 (B)~(D) のセメント層の厚さについてみてみると、knife edge type の場合には、表 6), 図21) に示したように、軸面傾斜度が大きくなるほどセメント層は薄くなり、部位による変化は (B)<(C)<(D) の関係を示し、この変化は軸面傾斜度が小さいほど著明であった。

Chamfer type の場合には、表 7), 図22) に示したように、側壁セメント層の厚さは、軸面傾斜度が大きくなるほど小さくなる傾向を示したが、部位による変化は

図22 側壁部位によるセメント層の厚さの変化について
B：側壁上方部
C：側壁中央部
D：側壁下方部

表 9 歯頸部辺縁のセメント層の厚さ

辺縁 形態 傾斜度	knife edge type	chamfer type	shoulder type
2°	52.8 μ	353.8 μ	925.5 μ
5°	42.5	138.0	194.1
10°	25.4	48.1	78.4
15°	19.5	29.8	42.6

ほとんど認められなかった。また、shoulder type の場合には、表 8), 図23) に示したように、chamfer type と同じ傾向が認められた。

歯頸部辺縁のセメント層に関しては、表 9) に示したように、支台歯形態により著明な変化が認められた。軸面傾斜度についてみてみると、セメント層の厚さは、 $2^{\circ} > 5^{\circ} > 10^{\circ} > 15^{\circ}$ の関係を示し、軸面傾斜度による変

表10 軸面傾斜度が変化した場合の鑄造冠の引張り強さ (knife edge type)

傾斜度 No.	2°	5°	10°	15°	pin-ledge
1	(60.8)	28.7	17.4	11.4	18.9
2	(54.6)	37.2	21.3	17.5	19.0
3	79.2	32.1	29.5	13.3	10.7
4	(47.0)	36.5	15.8	17.7	20.5
5	(57.5)	(24.0)	25.4	16.8	17.1
6	(48.0)	35.7	27.2	13.8	
Ave. (s. d.)	79.2	34.0 (3.5)	22.8 (5.0)	15.1 (2.6)	17.2 (3.8)

unit : kg
() : 破折

表11 歯頸部辺縁形態が変化した場合の鑄造冠の引張り強さ (10°)

辺縁形態 No.	knife edge type	chamfer type	shoulder type
1	17.4	20.2	25.3
2	21.3	22.5	29.0
3	29.5	19.7	18.2
4	15.8	16.2	(18.5)
5	25.4	25.8	21.0
6	27.2	18.7	17.6
Ave. (s. d.)	22.8 (5.0)	20.5 (3.0)	22.2 (4.3)

unit : kg
() : 破折

化は shoulder type の場合に最も著明に認められた。辺縁形態についてみると、セメント層の厚さは、knife edge type < chamfer type < shoulder type の関係を示し、かつ軸面傾斜度が小さいほど著明な変化が認められた。

実験 V : 保持力

引張り強さの測定結果を表10, 11) および図24) に示した。

軸面傾斜度についてみると、表10) に示したように、鑄造冠の引張り強さは、2° の場合に最も大きな値を示し、2° > 5° > 10° > 15° の関係となり、各々の間に有意差が認められた。

歯頸部辺縁形態についてみると、表11) に示したように、鑄造冠の引張り強さは、knife edge type の場合に 22.8 kg, chamfer type の場合に 20.5 kg, shoulder type の場合に 22.2 kg となり、3 者の間に有意差が認められなかった。

なお、ピンレッジの引張り強さは、17.2 kg の値を示

図23 側壁部位によるセメント層の厚さの変化について
B : 側壁上方部
C : 側壁中央部
D : 側壁下方部

し、軸面傾斜度が 15° の鑄造冠の引張り強さよりやや大きな値を示したが、両者の間に有意差は認められなかった。

考 察

鑄造冠を製作するにあたって、支台歯形成から始まり、印象採得、模型製作、ロウ型採得、鑄造、研磨、装着に至るまでの一連の操作過程において、鑄造冠の各種条件、たとえば適合度または保持力などに影響を及ぼす因子が数多く挙げられる。

中村¹¹⁾は、一連の操作過程に品質管理の概念をとり入れ、多くの因子をコントロールして総合的な検討を加えることにより、より良き鑄造冠を製作することができると述べている。このような考えにしたがひ、畑¹²⁾は印象採得から鑄造までの諸因子が鑄造冠の適合度に及ぼす影響について検討した。

一方、鑄造冠に必要な条件としては、正しい形態の回

表12 接触点部の収縮量について

辺縁形態 傾斜度	knife edge type	chamfer type	shoulder type
2°	30.0 (5.3)	37.1 (6.5)	39.4 (6.3)
5°	31.8 (4.8)	41.3 (6.4)	45.2 (6.4)
10°	32.1 (6.2)	42.3 (4.8)	44.6 (4.9)
15°	33.0 (6.1)	46.2 (6.3)	46.8 (4.9)

unit : μ
() : s. d.

図24 支台歯の形態による引張り強さの比較

復が行なわれていること、適合度が良いこと、セメント合着による浮き上がりが少ないこと、歯頸部のセメント層が小さいこと、保持力が十分であることなどが挙げられる。これらの条件をすべて満たした鑄造冠の製作が望ましいが、たとえば、適合の良い鑄造冠はセメント合着による浮き上がりが大きくなる¹³⁻¹⁵⁾など相反する条件があるため、鑄造冠製作過程における因子を検討するにあたり、鑄造冠の各種条件に及ぼす影響を同時にとらえ、補綴学的な立場から総合的な検討を加える必要がある。しかし、このような観点から、鑄造冠の製作過程における因子について検討した研究報告はみられない。

ところで、鑄造冠の製作過程における操作のなかでも、支台歯形成は、その出発点であり、印象採得以後の操作に影響を及ぼすのみならず、鑄造冠の各種条件に対して影響を及ぼすと考えられ、補綴を行なうにあたりとくに重要な臨床的操作である。

支台歯形成においては、切削用具、方法の選択、歯肉圧排、有髄歯に対する疼痛対策、歯髄保護対策なども必要であるが、とりわけ支台歯形態を決めることが重要である。

支台歯形態は、咬合面形態、軸面形態および歯頸部辺縁形態に分けられるが、これらの因子のなかでも、軸面傾斜度ならびに歯頸部辺縁形態は互いに関連があり、鑄造冠への影響に関して重要な要素である。

軸面傾斜度に関しては、従来、帯環金属冠における支台歯形成の概念から、アンダーカットのないように上方にややテーパをつけ、通常 2°~5° が適当であるとされている¹³⁻¹⁶⁾。しかし、臨床においては、軸面傾斜度が小さく、かつアンダーカットを生じないように軸面形成を行なうのがむずかしいのみならず、多数歯にわたる鑄造架工義歯を行なう場合には、個々の支台歯の軸面傾斜度を小さくし、かつ各支台歯間に平行性をあたえることがむずかしいため、架工義歯の装着が困難になりやすい。また、支台歯が傾斜している場合には、咬合関係の改良、あるいは他の支台歯との平行性を与えるために、大きな軸面傾斜度を付与した支台歯形成が必要である。最近、鑄造冠の支台歯形成について、軸面傾斜度は 2°~10°¹⁷⁾、あるいは 5°~20°¹⁸⁾ が適当であるという報告もみられるが、実験的裏付けに乏しいので、軸面傾斜度が鑄造冠の各種条件に及ぼす影響を検討して決めるべきであると考えられる。

歯頸部辺縁形態に関しては、knife edge type, chamfer type, shoulder type など多くの種類が報告されており、臨床において種々の形態が要求され、かつ使用されている。しかし、歯頸部辺縁形態が鑄造冠の各種条件に及ぼす影響についての報告^{6, 19)}は少なく、軸面傾斜度と歯頸部辺縁形態の関連性について検討した研究はみられない。このような意味合いから、本研究は、支台歯の軸面傾斜度ならびに歯頸部辺縁形態が鑄造冠のもつ各種条件に及ぼす影響を明らかにしようとしたものであり、以下外形の寸法変化、適合度、セメント合着による

浮き上がり、セメント層の厚さ、保持力について考察を行なう。

外形の寸法変化について

正しい形態の回復は、鑄造冠の所要条件のひとつであり、正しい形態が回復されていない場合には種々の障害が起こる。すなわち、咬合面の形態が悪い場合には咀嚼能率の低下を招き¹⁵⁾、側壁部の形態が悪い場合には歯肉の損傷や退縮をおこし^{20,21)}、咬合高径の回復が不良な場合には歯根膜の損傷のため歯牙の動揺を誘発する^{22,23)}。さらに、隣在歯との接触形態が不良な場合には、食物の停滞をおこし、二次ウ蝕および歯周疾患などを誘発する^{24,25)}。

咬合面の形態および側壁の膨隆形態に関し、ロウ型採得時にいかに正しい形態の回復を行なったとしても、wax を金属に置き換える鑄造操作を行なう以上、鑄造による外形の寸法変化が起こると考えられる。そこで、鑄造によつてどのような変化が起こるのか、そして支台歯形態の差異が寸法変化にどのような影響を及ぼすかを知ることがある。

咬合関係に影響を及ぼす長軸方向すなわち (g) の寸法変化は表 1, 2, 3) に示したごとく、0.5~0.7%すなわち 37~53 μ の膨張を示し、支台歯形態による変化は認められなかった。

隣在歯との接触関係に影響を及ぼすと考えられる部位 (c) の寸法変化について、片側の隣接面における収縮量は、表 12) のようになり、knife edge type, chamfer type, および shoulder type において、それぞれ 30~33 μ , 37~46 μ , および 39~47 μ の値を示し、knife edge type にくらべて chamfer type および shoulder type の収縮量が大きく、軸面傾斜度が大きいほど収縮量も大きくなる傾向が認められた。

実験結果からもわかるように、鑄造冠の長軸方向にはすべて膨張を示し、横軸方向にはほとんどの場合に収縮を示した。このことに関して考察してみると、横軸方向においては、埋没材の膨張がリングにより抑制されたためと考えられる。すなわち、著者はアスベストリボンの裏装による影響を検討するため次のような予備実験を行なった。直径 10 mm, 厚さ 3 mm の円板状のロウ型の側壁にスプルー線を植立し、本実験と同じ条件で埋没、鑄造を行なったが、アスベストリボンの裏装を 1 枚から 6 枚 (1 枚: 0.4 mm) に変化させて鑄造体を製作し、ロウ型と鑄造体の大きさを比較した。その結果、リング方向の寸法変化は、アスベストリボンを 1 枚裏装した場合に、0.96~1.15%の収縮を示し、アスベストリボンを増

加することにより漸次収縮率が小さくなる効果を認めたが、3 枚~6 枚においては有意差を認めず、依然として、0.35~0.58%の収縮を示した。

一方、リングの縦軸方向では、アスベストリボンを 3 枚~6 枚裏装した場合に、すべて 0.5~0.9% の膨張を示した。また、この場合、両者の中間である斜め方向においては、ほとんど膨張を示さず、1%以下の膨張または収縮を示した。このことから、アスベストリボンの裏装を行なえばリングによる埋没材の膨張抑制をある程度防ぐことはできるが、リングを使用するかぎり、リングによる膨張抑制を完全に防ぐことはできないと考えられる。この点に関して、河野ら²⁶⁾、山根ら²⁷⁾も、埋没材の膨張がリングにより抑制されたと報告している。

予備実験の結果を参考にして、本実験では 4 枚のアスベストリボンを裏装したが、鑄造冠長軸方向にそつて、ロウ型の天蓋中央部にスプルー線を植立したため、鑄造冠外形寸法は長軸方向に膨張し、横軸方向に収縮を示したものと考えられる。

次に、支台歯形態の差異により、鑄造冠横軸方向の寸法が変化した原因について考察する。鑄造冠の側壁部 (c) ~ (f) における寸法変化は、knife edge type の場合に、chamfer type および shoulder type にくらべて、収縮率が小さくなった。さらに、実験 IV) の結果にみられたように、knife edge type の側壁下方部のセメント層の厚さは、chamfer type および shoulder type のそれにくらべて大きいことが認められた。これは、外形寸法においてのみならず、内側の寸法においても knife edge type の側壁下方部の寸法は、chamfer type および shoulder type にくらべて大きくなったことを示している。この原因としては、表 13) に示したように、knife edge type の側壁肉厚が小さいためと考えられる。すなわち、ロウ型の肉厚が小さい場合には、ロウ型を支台歯からはずす場合に変形を起こしやすく、ロウ型を埋没した時埋没材の硬化膨張により変形を起こしやすい。および鑄型に鑄込まれた金属が凝固収縮を起こす時に埋没材によつて収縮が妨げられるなどが考えられる。これらに関して、Smyd²⁸⁾、Phillips^ら²⁹⁾、長谷川³⁰⁾は、MOD 型インレー、鑄造冠などの外側性のロウ型を埋没した場合には、埋没材の硬化膨張によつてロウ型に変形が起こり、ことにロウ型が薄い場合にはいつそう変形が起こりやすいと述べている。また、上新らは^{31,32)}、埋没材の圧縮強度が大きいほど鑄造冠の適合度が良くなり、その原因としては、埋没材によつて金属の凝固収縮が抑制されるためであろうと報告している。すなわち、これは、金

表13 knife edge type における鑄造冠側壁の肉厚

傾斜度 部位	2°	5°	10°	15°
h	1.01	1.32	1.86	2.41
c	0.93	1.21	1.70	2.21
d	0.59	0.77	1.08	1.40
e	0.25	0.33	0.46	0.60
f	0.08	0.11	0.15	0.20

unit : mm

属の収縮による圧力と埋没材の圧縮抵抗とのバランスにより収縮が抑制されることを意味するので同一埋没材を使用した時は、ロウ型の肉厚が小さいほど収縮による圧力が小さくなり、収縮がいつそう抑制されるものと推定できる。これらの原因がかさなり、総合的な結果として肉厚の小さな部位の寸法は肉厚の大きな部位の寸法にくらべて大きくなったものと考えられる。

以上のように、鑄造冠の外形寸法とくに接触点部の寸法変化に関しては、接触点部の肉厚が小さくなるような支台歯形態が良いと考えられる。一方、鑄造を行なった修復物は、装着する前に研磨を行なうものであり、研磨による仕上げ量も考慮する必要がある^{33,34)}。小貫³⁴⁾は、鑄造体を注意深く研磨すれば、仕上げ量は24~70 μ であったと報告している。前述したように、鑄造による接触点部の寸法変化は支台歯形態により異なるが、30~50 μ の収縮を示していた。このように、鑄造による寸法変化、および研磨による寸法変化はともに接触点部の寸法を減少させるので、接触点部の形態回復に際しては、ロウ型採得後、接触点部にロウを盛り上げる方法³⁵⁻³⁷⁾などによって、やや大きな鑄造冠を製作し、口腔内試適時に調整を行なう必要がある。そして、この場合、肉厚が大きくなる支台歯形態のロウ型は鑄造による収縮量が大きくなることを考慮すべきである。

適合度について

従来、クラウン形態の鑄造体における適合度を測定す

る場合、shoulder type の鑄造冠を使用して、shoulder 部における鑄造冠と支台歯の間隙を測定し適合度の判定を行なっている^{2,38)}。従来の測定方法では knife edge type の鑄造冠の適合度を測定することができない。また、鑄造冠の歯頸部辺縁を拡大して観察した場合に、鑄造冠の辺縁が鋸歯状を呈することがあり、正確な間隙量を測定するのが困難になりやすく、鑄造冠を支台歯に試適した場合に、浮き上がりを生じている場合でも間隙として測定できなかつたりする欠点がある。そこで本研究においては、支台歯とロウ型、および支台歯と鑄造冠の距離を測定し、両者を比較することにより、浮き上がり量または沈下量を求め、鑄造冠の適合度の判定を行なった。この判定方法によれば、shoulder type の鑄造冠において、外観上 frictional fit を呈し、歯頸部にほとんど間隙を認めず、鑄造冠は浮き上がっていないと考えられる場合でも、測定すれば鑄造冠が浮き上がっているという結果を得ることがあり、従来の方法よりも正確な適合度の判定ができる方法であるといえる。

鑄造冠の適合度に影響を及ぼす因子としては、鑄造冠自体からみると、鑄造収縮および内面のアラサが挙げられる。吉田³⁸⁾は、鑄造冠の歯頸部における間隙量を測定して、鑄造冠の収縮率を求めたところ、それらは金属の種類によって異なつたと報告している。また、総山³⁹⁾は、金属の種類ならびに鑄造体の形態すなわちインレー、鑄造冠などによって、鑄造体の収縮率が異なることを指摘し、それぞれの収縮率を求めて、鑄造体の適合度を良くするための鑄造方法について検討している。

一方、鑄造冠の適合度に関して、臨床において要求されるのは、鑄造冠の収縮率ではなく、実際に口腔内に試適した場合に生じる浮き上がり量である。鑄造冠を試適して、手指によりかるく圧迫した状態が想定される400gの加重を行なった場合の鑄造冠の適合度は、表4)に示したように、軸面傾斜度が2°の場合に80~120 μ の浮き上りを示し、5°、10°、および15°の場合に、それぞれ36~41 μ 、25~37 μ および17~30 μ の浮き上りを示した。ところで、これらの浮き上がり量から鑄造冠の収縮率を下記の式によって求めてみると、

$$S = \frac{2n \tan x^\circ}{k} \times 100$$

S : 収縮率 x : 軸面傾斜度
n : 浮き上がり量
k : 支台歯の歯頸部直径

たとえば、shoulder type において、軸面傾斜度が2°、5°、10°、15°の場合に、鑄造冠の収縮率は、それぞれ0.16%、0.17%、0.28%、0.32%であり、軸面傾斜度が

大きくなるほど増加する傾向を示した。これは、外形の寸法変化の項で述べたように、ロウ型の側壁肉厚が大きくなるために生じた結果と考えられる。このように、軸面傾斜度が大きいほど、鑄造冠の収縮率は大きくなるにもかかわらず、適合度すなわち浮き上がり量が小さくなった。このような結果を生じたのは、鑄造冠の浮き上がり量(n)が、鑄造収縮と内面アラサによる総合的な側方方向の収縮量(m)、および支台歯の軸面傾斜度(x)によつて、 $n=m \cot x^\circ$ であらわされ、軸面傾斜度が大きくなった場合に、 m の増加率にくらべて $\cot x^\circ$ の減少率が大きいためと考えられる。その結果、軸面傾斜度が 2° の場合には、鑄造冠は著明な浮き上がりを示し、 5° の場合には 2° にくらべて浮き上がり量が急激な減少を示し、 5° から 15° にかけては大きな変化が認められなかったものであり、軸面傾斜度が 2° の場合には frictional fit を得るのが困難になりやすく、支台歯の軸面傾斜度は 5° 以上が好ましいといえる。一方、軸面傾斜度が同じ場合には、歯頸部辺縁形態によつて適合度に有意差が認められなかった。前述の式により収縮率を求めると、たとえば軸面傾斜度が 5° の場合には、knife edge type, chamfer type, および, shoulder type の鑄造冠の収縮率は、それぞれ 0.13% 、 0.17% 、および 0.17% となり、knife edge type の収縮率は他の2者にくらべてやや小さな値を示したが、軸面傾斜度が同じであり、鑄造冠の浮き上がり量に有意差が認められなかったものと考えられる。

鑄造冠に対して、手指で強く圧迫した状態が想定される 5 kg の加重を行なった場合には、軸面傾斜度による適合度の差がほとんど認められなくなり、咬合圧を加えた状態が想定される 30 kg の加重を行なった場合には、軸面傾斜度による影響が全く認められなくなった。この場合、鑄造冠はすべて加重によつて圧入したものであり、鑄造冠内面と支台歯軸面の接近した距離を求めると、軸面傾斜度が 2° 、 5° 、 10° 、 15° の場合に、それぞれ $3\sim 5\mu$ 、 $3\sim 4\mu$ 、 $4\sim 6\mu$ 、 $4\sim 8\mu$ である。このように強度の加重を行なうことにより鑄造冠が沈下するのは、加重が小さな場合には、鑄造冠内面のアレによる突起部が支台歯と接触することにより、鑄造冠が浮き上がりを生じていたが、加重を大きくすれば、鑄造冠内面の突起が潰れる⁴⁰⁾、および支台歯に圧入されるなどのため鑄造冠が沈下したのと考えられる。そして、軸面傾斜度が大きいほど軸面に加えられる力が大きくなるため、鑄造冠内面と支台歯軸面の接近距離が大きくなり、軸面傾斜度による適合度の変化が認められなくなったと考え

られる。ちなみに、予備実験において測定した鑄造冠内面のアラサは、最大高さ($H_{\max}$) $5\sim 10\mu$ 、中心線平均アラサ(H_a) $1.3\sim 1.8\mu$ であつた。金パラジウム銀合金の鑄造体のアラサに関して、長谷川³⁰⁾は $H_{\max}$ 10μ 、小貫³⁴⁾は $H_{\max}$ 14.8μ 、総山³⁹⁾は $H_{\max}$ 8.7μ であつたと報告している。本予備実験の結果は、長谷川、小貫の値よりやや小さく、総山の値とほぼ同じ値を示したが、これは、鑄造条件および金属の組成率、融点などのちがいによるものであろう。

400 g の加重を行なった場合には、歯頸部辺縁形態によつて適合度に差が認められなかったにもかかわらず、 5 kg および 30 kg の加重を行なった場合には、knife edge type の鑄造冠は、chamfer type および shoulder type にくらべて、大きな沈下を示し、ロウ型よりも沈下する結果を示した。この原因としては、knife edge type の側壁下方部における寸法変化は側壁上方部にくらべて大きいので、支台歯の軸面が鑄造冠側壁内面の上方部のみで接触しているためと考えられる。その結果、knife edge type の鑄造冠においては、chamfer type および shoulder type にくらべて、接触部に加わる圧力が大きくなり、大きな沈下を示したのと考えられる。また、実験I)の結果で示したように、鑄造冠は長軸方向に膨張を示し、knife edge type の鑄造冠は歯頸部における障害がないため、ロウ型より沈下したものである。なお、本実験に使用した支台歯の硬度は、ビッカース硬度(H_v) $26.5\sim 43.2$ であつた。象牙質の硬度に関して、二瓶⁴¹⁾は H_v $33\sim 36$ 、見明ら⁴²⁾は H_v $54\sim 60$ であつたと報告している。すなわち、本実験に使用した支台歯の硬度は象牙質と同程度またはやや小さいことを示し、歯牙においても鑄造冠の加圧による適合度は同じ傾向を示すと推定される。

以上の結果から、鑄造冠の適合度に関して、支台歯形態は、軸面傾斜度が 2° の場合には frictional fit を得るのが困難であり、 5° 以上が望ましい。一方、歯頸部辺縁形態は鑄造冠の適合度に大きな影響を及ぼさない。そして、鑄造冠に強度の加重を行なうことにより、鑄造冠の浮き上がりはほとんど認められなくなるけれども、加圧によつて無理に挿入された鑄造冠は、試適後撤去するのが困難になりやすく、鑄造冠のとくに歯頸部辺縁などをきづつけたりするため、試適時に強度の加圧を行なうのは好ましくないと考えられる。

セメント合着による浮き上がりおよび切断面のセメント層について

適合のよい鑄造冠をセメント合着した場合に浮き上が

りを生じることは、Tylman ら^{13, 43, 44)}により報告されている。そして、セメント合着による浮き上がり防止するために、鑄造冠に流出孔をつくる方法^{13, 43, 45)}、およびrelief space を与える方法^{4, 6, 44, 46)}などが報告されている。また、セメント合着による鑄造冠の浮き上がり量は、浮き上がり防止策を施しても、支台歯の形態によってその効果が異なる^{4, 6, 8)}。そこで、支台歯形態が変化した場合に、セメント合着による浮き上がり量はどのような変化を示すのか知る必要がある。そして、セメント合着による浮き上がりを少なくするために効率の良い支台歯形態を知り、鑄造冠に必要な他の条件を考慮して支台歯形態を決め、必要があれば浮き上がり防止策を施すべきである。

鑄造冠のセメント合着による浮き上がり量は、側壁部のセメント層の厚さに影響をうけるので、まずこの点について考察してみる。

側壁部のセメント層の厚さは、表6, 7, 8) および図21, 22, 23) に示したように、軸面傾斜度が 2° の場合に $24\sim 26\mu$ 、 5° の場合に $21\sim 22\mu$ 、および $10^\circ, 15^\circ$ の場合に $16\sim 18\mu$ の値を示し、軸面傾斜度が大きいほど小さくなる傾向を示した。この原因として、セメントの被膜厚は加重量によって変化する⁴⁷⁾が、鑄造冠に対して垂直に加えられる力(1)が一定の場合に、軸面傾斜度が(x°)の支台歯の軸面に直角に働く力は $1 \sin x^\circ$ であり、軸面傾斜度が大きいほど軸面に働く力が大きくなるため、セメント層の厚さが小さくなったものと考えられる。次に、knife edge type の側壁セメント層は、上方部にくらべて、下方部で大きな値を示し、その変化は、軸面傾斜度が小さいほど著明であつた。これは、外形の寸法変化の項で述べたように、knife edge type の側壁下方部の肉厚が極度に小さいために(表13)、埋没材の硬化膨張によるロウ型の変形、および埋没材による金属の凝固収縮の抑制などが原因と考えられる。

セメント合着による浮き上がり量は、表5), 図20) に示したように、軸面傾斜度が 2° の場合に最も大きな値を示し、 5° の場合には 2° にくらべて急激な減少を示し、 10° の場合には 5° にくらべて減少したがその程度は小さくなり、 10° と 15° においてはほとんど変化が認められなかつた。これは、前述したように、軸面傾斜度が小さな場合には、側壁セメント層の厚さが大きくなるのみならず、軸面傾斜度による縦軸方向への影響が大きいいため、相乗効果を示した結果である。一方、辺縁形態の差異による浮き上がり量は、knife edge type の場合に、chamfer type および shoulder type にくらべて、

やや大きくなる傾向を示し、この傾向は傾斜度が大きい場合に明らかである。たとえば軸面傾斜度が 15° の場合に、knife edge type, chamfer type, shoulder type においてそれぞれ 53.6μ , 34.8μ , 29.2μ の浮き上がりを示したが、これらの値は、鑄造冠を30 kg 加重により試適した状態を基準としたセメント合着による浮き上がり量である。これらの値を、ロウ型を基準とした浮き上がり量に換算してみると、それぞれ 36.3μ , 38.5μ , 41.5μ となり、辺縁形態による変化はほとんどないとおもわれる。以上のように測定値が異なる理由は、鑄造冠試適時に大きな加重を行なうと、knife edge type においては、無理に圧入されるのでロウ型にくらべて沈下した状態となり、これを基準点に測定したため、セメント合着を行なつた場合、他のtype にくらべて浮き上がり量が大きくなったものと考えられる。

歯頸部辺縁のセメント層の厚さは、表9) に示したように、軸面傾斜度ならびに歯頸部辺縁形態によって著明な変化が認められた。軸面傾斜度に関しては、傾斜度が小さいほど、セメント合着による浮き上がりが大きくなり、歯頸部辺縁のセメント層の厚さが大きくなったものである。一方、歯頸部辺縁形態に関しては、辺縁のセメント層は、knife edge type の場合に最も小さな値を示し、shoulder type の場合に最も大きく、chamfer type においてはその中間値を示した。これは、shoulder type では浮き上がり量がそのまま歯頸部辺縁のセメント層として現われるが、chamfer type およびknife edge type では歯頸部の傾斜角度に応じてその大きさが減少し、knife edge type において軸面傾斜度が小さい場合には多少の浮き上がりがあつても、歯頸部辺縁のセメント層に及ぼす影響が少ないためである。井手ら⁶⁾は、このような辺縁形態の特殊性について述べているが、軸面傾斜度との関連性にはふれていない。すなわち、表9) に示したように、歯頸部辺縁のセメント層は、軸面傾斜度ならびに歯頸部辺縁形態の相互関係により決まり、knife edge type の 5° 、chamfer type の 10° 、およびshoulder type の 15° においてほぼ同じ値を示した。このような軸面傾斜度ならびに歯頸部辺縁形態の関連性を考慮して、支台歯形態を決めるべきである。

セメント合着による浮き上がりを小さくするために種々の方法が報告されている^{4, 6, 13, 15, 44, 47)}。しかし、支台歯の軸面傾斜度が小さな場合には、実験結果で示したように、セメント合着による浮き上がり量が大きく、浮き上がり防止するためには大きなrelief space が必要であり⁴⁾、relief space を大きくすれば、鑄造冠に種々

の欠点を生ずるおそれがある。たとえば、模型にマニキュアや石膏などを盛り上げてロウ型採得を行なう方法では、軸面傾斜度が小さな場合、軸面にアンダーカットを生じる危険があり、また、ロウ型の側壁肉厚がいつそう薄くなるので変形を起こしやすい欠点がある。

以上のように、軸面傾斜度が小さな場合には、セメント合着による浮き上がり量が大きく、煩雑な浮き上がり防止策を行なってもその効果が少ない、あるいは鑄造冠に欠点を生じるため好ましくない。そして、セメント合着による浮き上がり量を少なくするためには、 5° 以上の軸面傾斜度が望ましいと考えられる。また、歯頸部辺縁のセメント層を小さくするために、shoulder typeの軸面傾斜度は $10\sim 15^{\circ}$ にする必要がある。しかし、shoulder typeの鑄造冠は側壁の肉厚が大きいため、浮き上がり防止策を行なっても鑄造冠に欠点を生じる危険が少ないので、軸面傾斜度を $5\sim 10^{\circ}$ にして、浮き上がり防止策を併用し、セメント合着による浮き上がりおよび歯頸部辺縁のセメント層を小さくする方法も考えられる。

保持力について

歯冠修復物の保持力に影響を及ぼす因子としては、形成された歯牙における因子^{7,8,9,48,49)}、鑄造体における因子^{50,51)}、および合着材としてのセメントにおける因子がある^{1,3,52,53)}。これら多くの因子が複雑にからみあい総合的に保持力が決まるのみならず、修復物を装着した人の咀嚼習慣および咬合力などが異なるので、臨床的に必要な保持力を究明するのが困難である。しかし、歯冠修復物のなかでは鑄造冠が最も大きな保持力をもっていると考えられており、その引張り強さを比較した研究報告⁵⁰⁾においても、ピンレッジや $3/4$ 冠などの一部被覆冠にくらべ、鑄造冠の引張り強さがもつとも大きかったと報告されている。一方、尾花⁵⁴⁾は、ピンレッジの保持力について検討し統計的な臨床観察を行なった結果ピンレッジは橋義歯の支台装置としても十分な保持力をもっていると考えられる、と述べている。これらの報告から推定すれば、鑄造冠は必要以上に大きな保持力をもっているかもしれない。しかし、臨床において、鑄造冠の支台歯形成を行なう場合には、軸面傾斜度を大きくすれば鑄造冠の保持力が低下することを恐れ、軸面傾斜度を極力小さくしているが、本実験Ⅱ)Ⅲ)の結果からもわかるように、鑄造冠の適合度あるいはセメント合着による浮き上がりなどへの影響について十分な配慮が必要であると考えられる。

本実験においては、支台歯と鑄造冠が離脱するに要し

た力を測定し、鑄造冠の保持力について検討したものである。この場合、支台歯形態による保持力は、表10,11)に示したように、単位面積当りの引張り強さについて比較せずに、1歯単位の引張り強さを比較した。これは、鑄造冠の保持力を比較する場合に、対象となる歯牙の歯頸部の大きさおよび高さは一定であり、支台歯形成を行なうことによつて支台歯形態が異なれば、当然支台歯の表面積も変化するものであり、支台歯形態による鑄造冠の保持力を比較する場合には、1歯単位の保持力を比較するのが妥当であると考えたためである。

軸面傾斜度による鑄造冠の引張り強さは、表10)に示したように、 2° 、 5° 、 10° 、 15° の場合にそれぞれ79.2 kg、34.0 kg、22.8 kg、15.1 kgの値を示し、軸面傾斜度が大きくなるほど、漸次減少した。鑄造冠の引張り強さ(Y)と、軸面傾斜度(X)の関係について調べてみると、両者は直線的な関係を示していない。そこで両者の関係を $y=ax^b$ と仮定し、対数方眼紙にplotしてみると直線的な関係を示すので、XとYの関係は

$$\log y = A \log x + B$$

である。各plotから最小自乗法によつてA、Bを求めると

$$A = -0.80, B = 2.13$$

となり、引張り強さと軸面傾斜度の関係は

$$y = 134x^{-0.80}$$

であらわされる。

一方、歯頸部辺縁形態が変化した時における鑄造冠の引張り強さは、表11)に示したように、いずれも20~22 kgの値を示し、有意差が認められなかった。これらのことについて考察してみる。

鑄造冠の保持力に影響を及ぼす因子に関して、本実験においては、セメントの種類および練和条件が一定であるのでセメントの破砕抗力は変化しない。また、接着面のアラサは、支台歯では H_{max} 2~3 μ 、 H_a 0.3~0.5 μ の値を示し、鑄造冠内面では H_{max} 5~10 μ 、 H_a 1.3~1.8 μ の値を示し、保持力への影響はほとんどないと考えられる。そして、セメント層の厚さに関しては、実験Ⅳ)の結果に示したように、支台歯形態によつて変化が認められた。セメント層の厚さと保持力に関して、岩本⁵⁵⁾は、セメント層の厚さが約35 μ の場合に最大の合着力を示したと報告している。また、Jørgensen⁵³⁾は、セメント層の厚さが20~140 μ に変化した場合に、鑄造冠の保持力は、20 μ において最大であり、セメント層が大きいほど減少したが有意差は認められず、セメント層が140 μ の場合には20 μ との間に有意差が認められ

たと報告している。本実験における側壁セメント層の変化は20~40 μ であり、岩本、Jørgensen らの結果から考察すれば、側壁セメント層の厚さの変化が鑄造冠の保持力に及ぼす影響はきわめて少ないと考えられる。ところで、鑄造冠の保持力はセメント合着によつて生じるものであるが、セメントには接着性がほとんどないといわれており⁵⁶⁾、合着力はセメントの嵌合効力によつて生じると考えられている⁵⁷⁾。嵌合効力は、支台歯および鑄造冠の表面の凹凸にセメントが嵌入し、離脱力に抵抗することによつて生じるものであり、支台歯と鑄造冠が離脱するのは、アンダーカットに存在するセメントが破壊するためである。そして、離脱させようとする力の方向と接着面の角度が大きくなれば、アンダーカットが少なくなるため嵌合効力が小さくなる。

すなわち、支台歯の軸面傾斜度が大きくなれば、離脱力の方向に対する接触面の角度が大きくなるため、鑄造冠の保持力が低下したものであり、歯頸部辺縁形態が異なつた場合でも軸面傾斜度が同じであるため保持力に変化が認められなかつたものと考えられる。

鑄造冠の保持力に関して、臨床において鑄造冠がいかなる大きさの引張り強さを持つていれば、脱落を起こさずに十分使用に耐え得るかという問題は解決されていない。しかし、鑄造冠と対比する意味でピンレッジの引張り強さを測定した結果、ピンレッジの引張り強さは、軸面傾斜度が15°の鑄造冠のそれよりやや大きな値をしたが、両者に有意差を認めなかつた。このことに関して、Lorey⁵⁰⁾は、鑄造冠の保持力がピンレッジの約2倍の値を示したと報告しており、これは本実験における軸面傾斜度が5°の鑄造冠とほぼ一致する。

以上のような結果から推定すれば、軸面傾斜度が10°以下の鑄造冠は臨床的に必要かつ十分な保持力をもつていと推定できる。

以上、各項目について考察を行なつてきたが、支台歯の軸面傾斜度ならびに歯頸部辺縁形態が鑄造冠に及ぼす影響について、さらに総合的検討を加えることにする。

軸面傾斜度が小さい場合、すなわち2~5°では、鑄造冠は、保持力が大きく、外形寸法とくに接触点部の収縮が少ないなどの利点がある。また、歯質の削除量が少ないので、歯髄への為害作用が少ないと考えられる⁵⁸⁾。しかし、適合度に関しては、frictional fitを得るのが困難であり、セメント合着による浮き上がりが大きくなり、辺縁形態が chamfer type, shoulder type の場合には歯頸部辺縁のセメント層が非常に大きくなり、knife edge type の場合には側壁肉厚が非常に小さくなるた

め、側壁部が変形を起こしやすいなどの欠点がある。また、臨床においては、支台歯形成に高度の技術を要し、時として部分的なアンダーカットを生じやすく、架工義歯の支台装置として使用する場合には平行性を欠くことがある。また、セメント合着による浮き上がりを防止するために relief space を付与する場合には、大きな relief space が必要であり、鑄造冠の保持力の低下を招いたり、辺縁形態が knife edge type の場合には、側壁部の変形を起こしやすい。

軸面傾斜度が5~10°の場合には、鑄造冠の適合度は frictional fit を呈しやすく、セメント合着による浮き上がり量は比較的小さいので、浮き上がり防止策を施すことなく、臨床的には研磨、咬合調整などによつて解決できる程度であり、保持力は臨床的に必要かつ十分であると考えられる。また、歯頸部辺縁のセメント層は、knife edge type および chamfer type の場合には小さくなるが、shoulder type の場合にはやや大きくなるので好ましくない。そこで、shoulder type の場合には浮き上がり防止策を施す必要がある。しかし、この場合には、relief space が小さくても効果があると考えられ、かつ側壁肉厚が大きいので、軸面傾斜度が小さな場合に生じる危険性はほとんどないと考えられる。また、knife edge type の場合には、比較的側壁下方部の肉厚が小さく、側壁下方部はわずかに変形を起こすので、臨床においては、ロウ型採得時に側壁下方部の肉厚が小さな部分に余分のロウを盛り上げて、鑄造冠完成後に外形形態を修正する方法を行なうのが望ましいと考えられる。

軸面傾斜度が大きな場合、すなわち10°以上では、鑄造冠の適合度は frictional fit を呈しやすく、セメント合着による浮き上がりが少なく、かつ歯頸部辺縁のセメント層が小さくなるなどの利点がある。しかし、保持力が不足する危険率が高くなり、外形寸法とくに接触点部の収縮が大きいなどの欠点がある。また、歯質の削除量が多いので、症例によつては露髄を起こし、歯髄への為害作用が大きくなると考えられるため、好ましくない。

これらのことから、鑄造冠の外形寸法、適合度、セメント合着による浮き上がり、歯頸部辺縁のセメント層、および保持力について、補綴学的な立場から総合的に判断すると、鑄造冠の支台歯形態は、軸面傾斜度を5~10°、歯頸部辺縁形態を knife edge type にする方が良いことがわかる。そして、歯頸部辺縁形態を chamfer type あるいは shoulder type にせざるを得ない場合には、knife edge type の場合よりも軸面傾斜度を大きくする方が良いことがわかる。

結 論

支台歯の軸面傾斜度ならびに歯頸部辺縁形態が、鑄造冠の外形寸法、適合度、セメント合着による浮き上がり、歯頸部辺縁のセメント層、および保持力に及ぼす影響について知ることを目的として実験し、次の結果を得た。

1. 鑄造冠の外形寸法は、冠縦軸方向に膨張し、横方向に収縮した。この場合、縦軸方向の膨張は支台歯形態による変化が認められなかった。一方、横軸方向の収縮は、knife edge type において、chamfer type および shoulder type にくらべて少ない傾向を示し、軸面傾斜度が大きいほど大きくなる傾向を示した。

2. 鑄造冠の適合度は、加重量が小さな場合には、軸面傾斜度が 2° の場合に最も大きな浮き上りを示し、5° の場合には 2° にくらべて急激な浮き上がり量の減少を示したが、5° から 15° にかけては大きな変化が認められなかった。この場合、歯頸部辺縁形態による浮き上がり量の変化はほとんど認められなかった。

3. セメント合着による浮き上がり量は、軸面傾斜度が 2° の場合に最も大きな値を示し、2° から 5° にかけて急激な減少を示し、5° から 10° にかけては減少する程度が小さくなり、10° から 15° にかけてはほとんど変化が認められなかった。

4. 歯頸部辺縁のセメント層は、knife edge type で最も小さな値を示し、chamfer type, shoulder type の順に大きな値を示した。また、軸面傾斜度が大きいほど辺縁のセメント層は小さくなる傾向を示し、その変化は shoulder type の場合に最も著明であった。なお、knife edge type の 5° における歯頸部辺縁のセメント層の厚さは、chamfer type の 10°、および shoulder type の 15° におけるそれとほぼ同じ値を示した。

5. 鑄造冠の引張り強さは、軸面傾斜度が 2° の場合に最も大きな値を示し、軸面傾斜度が大きくなるほど漸次減少した。また、歯頸部辺縁形態による鑄造冠の引張り強さは変化が認められなかった。鑄造冠の引張り強さと軸面傾斜度との関係は $y=134x^{-0.80}$ であった。

以上の結果、鑄造冠における適合度を良くし、セメント合着による浮き上がりおよび歯頸部辺縁のセメント層を小さくし、かつ保持力を増すためには、軸面傾斜度を 5~10° にする方がよい。また、歯頸部辺縁のセメント層を小さくするためには、歯頸部辺縁形態を、chamfer type および shoulder type よりも、knife edge type

にする方がよい。なお、chamfer type あるいは shoulder type にせざるを得ない場合には、歯頸部辺縁のセメント層を小さくするために、knife edge type の場合よりも軸面傾斜度を大きくする方がよいことがわかった。

稿を終るに臨み、ご指導、ご校閲をいただいた大阪大学歯科補綴学第一教室下総高次教授に深謝いたします。また、ご校閲をいただいた本学理工学教室井田一夫助教授に謝意を表し、いろいろと協力して下さった当教室員諸兄に厚くお礼申し上げます。最後に、実験器具についてご協力いただいた、松風陶歯製造株式会社研究部の林昭三氏に対しても併せて感謝申し上げます。

本論文の要旨は昭和45年10月15日、第57回日本補綴歯科学会において発表した。

文 献

- 1) Kaufman, E.G., Colin, L., Schlagel, E. and Coelho, D.H.: Factors influencing the retention of cemented gold castings: The cementing medium, J. Pros. Dent., 16: 731-739, 1966.
- 2) Jørgensen, K.D.: The relationship between the retention of cemented veneer crowns and crushing strength of the cements, Acta Odont. Scand., 25: 355-359, 1967.
- 3) 総山孝雄: 精密鑄造に関する研究, 歯材器誌, 7: 36-55, 昭和37 (1962).
- 4) 吉田恵夫, 佐藤弘, 鹿沼晶夫, 田端恒雄: セメント合着による鑄造冠の浮き上りについて: 第一報 金属原型使用の場合, 補綴誌, 4: 157-161, 昭和35 (1960).
- 5) Jørgensen, K.D.: Factors affecting the film thickness of zinc phosphate cements, Acta Odont. Scand., 18: 479-490, 1960.
- 6) 井手喜美子, 総山孝雄: セメント合着による全部鑄造冠の浮き上りを防止する一法について, 日保存誌, 4: 118-126, 昭和36 (1961).
- 7) Jørgensen, K.D.: The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns, Acta Odont. Scand., 13: 35-40, 1955.
- 8) Kaufman, E.G., Coelho, D.H. and Colin, L.: Factors influencing the retention of cemented gold castings, J. Pros. Dent., 11: 487-502, 1961.
- 9) 大橋康良: 架工義歯の前歯支台装置に関する研究: 第1編 歯面傾斜度と Cement 合着力との関係, 歯科学報, 68: 715-725, 昭和43 (1968).
- 10) 角田篤美, 橋本収, 宗本匡由, 荒木啓之: 歯冠と歯肉の

- 形態に関する統計的観察, 阪大歯学誌, 13 : 371-379, 昭和43 (1968).
- 11) 中村健吾: 歯科における QC, DE, 4 : 1-3, 昭和43 (1968).
 - 12) 畑好昭: 印象採得から鑄造までの諸因子が鑄造冠の精度におよぼす影響について, 歯学, 56 : 748-771, 昭和44 (1969),
 - 13) Tylman, S.D. : Theory and practice of crown and fixed partial prosthodontics, St. Louis, 1970, The C.V. Mosby Co.
 - 14) Ewing, J.E. : Fixed partial prosthesis, Philadelphia, 1954, Lea & Febiger.
 - 15) 石原寿郎: 鑄造冠, 東京, 昭和34, 而至化学工業株式会社.
 - 16) 多和田泰一: 鑄造冠支台形成の要点, 歯界展望, 26 : 11-20, 昭和40 (1965).
 - 17) 中沢靖, 渡辺真宏: タービン時代の支台歯形成, 歯界展望, 30 : 394-400, 昭和42 (1967).
 - 18) 小森富夫, 釜谷博之: 全部鑄造冠, G-C 臨床シリーズ, 33 : 9-23, 昭和45 (1970),
 - 19) 黒江良治, 八幡昌介, 長谷川潤, 菅沼聡介, 四条進: 支台歯辺縁部の形態の差異に依る全部鑄造冠の寸法精度, 歯学, 55 : 64, 昭和42 (1967).
 - 20) Koivumaa, K.K. and Wennstrom, A. : A histological investigation of the changes in gingival margins to gold crowns, Odontologisk Tidskrift, 68 : 373-385, 1960.
 - 21) McDonagh, A.J. : Periodontology with special reference to recession of the gums, J. D. Res., 1 : 423-439, 1919. p. 187-201.
 - 22) 秋吉正豊: 歯周組織の咬合性外傷: 歯科口腔外科最近の進歩 第II集, 東京, 昭和33, 医歯薬出版, p.187-201.
 - 23) Stahl, S.S. : Response of the periodontium, pulp and salivary glands to gingival and tooth injury in young adult male rats, I. Periodontal tissues, Oral Surg., 13 : 613-626, 1960.
 - 24) Thoma, K.H. : Oral Pathology, St. Louis, 1954, The C.V. Mosby, Co..
 - 25) Beust, T. : Contact point caries, J.D. Res., 15 : 453-455, 1936.
 - 26) 河野篤, 細田裕康: 石綿帯裏装の厚さと鑄造体の膨縮変化との関係について, 歯材器誌, 12 : 31-34, 昭和40 (1965),
 - 27) 山根正次, 若松良徳: 歯科鑄造体の精度に関する研究: 第一報 アスベスト裏装の影響について, 理工誌, 7 : 16-21, 昭和41 (1966).
 - 28) Symd, E.S. : Factors which influence casting accuracy; A universal casting technic, J. A. D. A., 36 : 160-172, 1948.
 - 29) Phillips, R.W., Swartz, M.L., Norman, R.D. : Materials for the practicing dentist, St. Louis, 1969, The C.V. Mosby, Co., : 川原春幸: 臨床家のための歯科材料学, 東京, 昭和46, 医歯薬出版.
 - 30) 長谷川二郎: インレーの鑄造精度に関する実験的研究, 歯科学報, 63 : 415-440, 昭和38 (1963).
 - 31) 上新和彦, 齒淳三: リン酸塩を結合材とした埋没材の諸性質とその適合性について, 理工誌, 11 : 124-133, 昭和45 (1970).
 - 32) 真坂信夫, 金竹哲也: 埋没材の強さが鑄造精度に及ぼす影響について, 歯科学報, 68 : 1126-1127, 昭和43 (1968).
 - 33) 下総高次: 研磨の理論と実際, 東京, 昭和33, 医歯薬出版.
 - 34) 小貫伸一: 歯科補綴物の仕上げ加工に関する研究, 補綴誌, 12 : 215-239, 昭和43 (1968).
 - 35) Brenner, E.O. : Contact point guage, ; As applied to cast restoration, D. Digest, 65 : 113-117, 1959.
 - 36) 渡辺富士夫: 隣接面窩洞における接触回復の意義とその要点, 歯界展望, 16 : 703-707, 昭和34 (1959).
 - 37) 井上昌幸, 草刈玄, 鈴木康夫: 接触点の回復 その考え方と方法, 歯界展望, 35 : 1517-1525, 昭和35 (1970).
 - 38) 吉田恵夫: 歯科鑄造法の実用的精度について, 補綴誌, 2 : 159-190, 昭和33 (1958).
 - 39) 総山孝雄, 井手喜美子: 各種インレー用合金の鑄造収縮に関する実験, 歯材器誌, 4 : 111-116, 昭和34 (1959).
 - 40) Fusayama, T. : Factors and technique of precision casting, Part II, J. Pros. Dent., 9 : 486-497, 1959.
 - 41) 二瓶一郎: 入歯牙硬度に関する研究, I, II, 阪大歯学誌 4 : 1-20, 177-181, 昭和34 (1959).
 - 42) 見明清: 人の歯牙硬組織の微小硬度に関する研究, 第二報, 歯科学報, 67 : 65-90, 昭和42 (1967).
 - 43) Jones, R.R. : A full gold crown, cast and readapted, J.A.D.A., 34 : 605-606, 1947.
 - 44) Rudolph, J. : The cast gold crown, D. Digest, 51 : 68-71, 1945.
 - 45) Selberg, A. : A full cast crown technique, J. Pros. Dent., 7 : 102-122, 1957.
 - 46) 細野来馬: 間接法における歯冠補綴(1), (2), (3), (4) 歯界展望, 15 : 220-228, 329-337, 1016-1024, 1339-1349, 昭和33 (1958).
 - 47) Sullivan, E.J. : Cementation and esthetic problems in crown and bridge procedures, J.A.D.A., 51 : 34-47, 1955.
 - 48) Charbeneau, G.T., Peyton, F.A. and Anthony, D. H. : Profile characteristics of cut tooth surfaces, developed by rotating instrument, J. Dent. Res., 36 : 957-966, 1957.

- 49) Smith, B.G.N. : The effect of the surface roughness of prepared dentine on the retention of castings, J. Pros. Dent., 23 : 187-198, 1970.
- 50) Lorey, R.E., Meyers, G.E. : The retentive qualities of bridge retainers, J.A.D.A., 76 : 568-572, 1968.
- 51) Berkson, R. : Dental cement ; A study of its property of adhesion, Am. J. Orthodont., 36 : 701-710, 1950.
- 52) Richter, W.A., Mitchem, J.C. and Brown, J.D. : Predictability of retentive values of dental cements, J. Pros. Dent., 24 : 298-303, 1970.
- 53) Jørgensen, K.D. : The relationship between the film thickness of zinc phosphate cement and the retention of veneer crowns, Acta Odont. Scand., 26 : 169-175, 1968.
- 54) 尾花甚一 : ピンレッチによる橋義歯補綴の予後に関する臨床的観察, 補綴誌, 2 : 229-234, 昭和33 (1958).
- 55) 岩本次男 : 燐酸亜鉛セメントの被膜厚と合着力, 歯材器誌, 4 : 98-106, 昭和34 (1959).
- 56) Swarz, M.L., Phillips, R.W., Day, R. and Johnston, J.F. : A laboratory and clinical investigation of certain resin restorative and cementing materials, I, II, J. Pros. Dent., 5 : 698-704, 705-710, 1955.
- 57) Skinner, E.W. and Phillips, R.W. : The science of dental materials, Philadelphia, & London, 1960, W.B. Sanders Co..
- 58) Peeso, : The A.B.C. of crown and bridge work, Dental Cosmos, 45 : 95-100, 1903.