各種合釘形態が支台歯根に及ぼす 影響に関する力学的研究

中 沢 靖* 村 岡 清 孝* 横 山 建 介**

中 林 靖 夫* 高 木 勝 憲** 中 川 英 介*

Dynamic Studies on the Influence of Abutment root by Using Various Types of Post

Yasushi Nakazawa, Kiyotaka Muraoka, Kensuke Yokoyama,
Yasuo Nakabayashi, Masanori Takagi, Eisuke Nakagawa

I. 緒 言

近年, Porcelain jacket crown, Porcelain fused to metal crown の目ざましい進歩発達に伴い, 前歯部無髄歯に Cast core を用いる補綴処置法は, 日常臨床の常道となってきた。

一方, 合釘に関する研究業績は数多く見られるが, 合釘の長さ, 太さ, 形態などに関する臨床指針となり得る科学的根拠を示すものは少ない。Koller¹⁾ は合釘の長さ, 太さ, Ackerman²⁾ は合釘の縦断面形態についてある程度の示唆を与えているが, 単なる計算値から割り出しているため, そのまま臨床に応用しうるかどうかは疑問である。下総³⁾ や稲葉⁴⁾ は, 正常な歯においては歯の長軸の回転中心が歯根の 1/2 よりわずかに根尖寄りにあるとし, 合釘の長さは歯根長の 2/3 の長さが必要であるとしている。Stern⁵⁾ は経験的に見た歯の破折線の状態から, 合釘の先端は少なくとも根尖と歯槽骨頂縁との 1/2 より根尖寄りに長くしなければならないとしている。維持力の観点から Colley ら⁶⁾ や花村⁷⁾ は引張り試験を行ない, 合釘は長いほど, taper 度は小さいほど良いという結論を出している。天野⁸⁾ はストレングージを用いて, 合釘の長さおよび形態と根面に加わる咬合力との関係を

報告し, 出井⁹⁾ は二次元光弾性実験, 宮内¹⁰⁾ は三次元光弾性実験を行ない, 継続歯の応力の分布状態を観察している。また, Standlee ら¹¹⁾ は二次元光弾性実験により, 合釘の形態, 長さの変化による応力の分布状態を比較検討しており, 基礎的研究として大いに評価されるが, 半無限板を用いた実験であるため歯根という有限体内での合釘の影響をつぶさに知ることはできない。

このように, 過去の研究報告には合釘を臨床上いかに与えたら最も好ましいかという科学的根拠が少ないにもかかわらず, いつしかわれわれの脳裡には歯根長の 2/3, 歯根幅の 1/3, 縦断面形態は parallel に近い円錐形, 横断面形態は卵円形ないしは楕円形という基準ができ上ってしまい, 当然の公理として盲目的に従っているというのが現状であろう。

そこで著者らは, エポキシ樹脂板に定形と思われる解剖学的な歯根形態を可及的に付与し, なお, 合釘先端部の形態として角状および丸状, 合釘の長さとして歯根長の 1/2, 2/3, 3/4, 合釘の太さとして歯根幅の 1/4, 1/3, 1/2 のそれぞれの合釘を挿入した実験模型を作製し, 二次元光弾性実験により各々の応力の分布状態を比較検討し, 力学的立場から歯根という有限体の中で最も好ましい合釘の形態および寸法(合釘先端部の角状および丸状, 長さ, 太さ)を探索, 追究した。

II. 材料および実験方法

1. 実験装置

実験装置は, 理研計器社製の光弾性実験装置ならびに

* 日本大学歯学部補綴学教室(主任: 中沢靖教授)

** 日本大学大学院歯学研究科補綴学専攻

* Nihon University, Dept. of Prosthodontics (Chief: Prof. Yasushi Nakazawa)

** Nihon University Graduate School of Dentistry, Major in Prosthodontics
昭和49年4月22日受付

図1 模型基本原図

図3 R. type と S. type の実験模型

応力凍結用恒温槽を用いた。

2. 実験模型

実験模型は、上顎右側中切歯で解剖学的定形¹²⁾と思われる健常抜去歯を選定し、切端中央と歯根端を通り、なお、かつ近遠心径1/2を通る研磨標本を製作し、等長写真撮影後3倍大に拡大し原型とした。これをトレースした後、図1に示すような各基準線を付与し、原図とした。歯根幅はabとし、歯根長は歯軸とabとの交点から根尖までの長さとした。各支台模型はエポキシ樹脂6mm板(理研計器社製)にあらかじめセルロイドで作った原板を当てて罫描きし、切り抜いた。なお、根面形態は村岡^{13,14)}を参考とし両斜面形態とした。合釘のtaper度は1/10とし、太さはab上の長さをもつて示した。予備実験として合釘先端部の形態の影響を見るため、太さは歯根幅の1/3、長さは歯根長の2/3の合釘(以下1/3径、2/3長の合釘と略す)の先端が、図2に示すように角状のSquare type(以下S. typeと略)と丸状のRound type(以下R. typeと略)の2種を作製した(図3)。R. typeの設定に際しては、合釘の長さを変えずかつ合釘の両側面の長さを可及的に損わないよう配慮し、作図

図2 R. type の設定法

図4 R. type の各種寸法の実験模型

により円の中心 OO' を求め、それぞれ弧ac, ac' を描いた。さらに、1/4, 1/3, 1/2径, 1/2, 2/3, 3/4長についてそれぞれ3種計9個のR. typeの合釘を装着した模型を作製した(図4)。合釘と歯冠部は、 $E=12,300 \text{ kg/mm}^2$ の合金にて通法に従い鑄造作製した。支台歯根部周囲には、今村¹⁵⁾による歯根模の厚さを参考にし、その3倍の約0.8mmのG-C社製シリコンラバー($E=13.5 \text{ kg/mm}^2$)を貼り人工歯根膜とした。これらの模型を支える歯槽窩相当部を有するブロックを超硬石膏で作製し、歯軸と荷重方向が 45° になるようにした。支台模型は恒温槽にてアニリングを行ない、模型作製途上の残留応力、時間縁効果を除去し、初期応力の起こらないように注意しながら合釘をセメント合着し、歯槽窩相当部に植立した。

3. 実験方法

完成した実験模型を光弾性実験装置の荷重装置に位置と方向とを正確に設置した。荷重は歯軸に対し 45° 方向から静的荷重を行ない、荷重量は21.5kgとした。荷重によって模型内に発生した応力の分布状態を等色線写真撮影を行ない、周辺応力分布図を作製した。なお、本実験に際し、自然歯、歯周組織の構成ならびに物理学的性質を考慮外に置き、均質体とみなして実験を行なった。主応力差の値を知るための試験材料の光弾性定数の

表 1 1/3 径 2/3 長の S. type と R. type の比較

	S. type	R. type
A	6	4
B	7	7
C	3.5	4

A: 合釘周辺の舌側下部
B: 歯根周囲の唇側歯頸部付近
C: 唇側の支台歯根面

図 5 各種合釘の最大繰り込み数の比較部位

F: 荷重
F₁: 歯軸に直角方向の分力
F₂: 歯軸方向の分力

曲げ試験による検定の結果は、1 フリンジオーダー（以下 f_0 と略）0.22 kg/mm² であった。解析法は辻ら¹⁶⁾に従った。

III. 実験成績

各々の模型に外力を加えた時の周辺応力分布状態は、それぞれほぼ同傾向であり、合釘と唇側歯槽骨相当部からの圧縮によつて惹起される歯根周囲の唇側歯頸部付近の強い応力集中、合釘長軸の平面内の回転によるはね上がりによつて惹起される合釘周辺の舌側下部の強い応力集中、さらに歯軸方向への合釘の推進ならびに回転阻止のために生じる唇側の支台歯根面にも応力が発生し、舌側の支台歯根面ならびに舌側歯根上部にはほとんど応力分布が認められない。このような応力分布状態は村岡¹³⁾の実験成績と同様のパターンを示している。したがつて、著者らは各々の模型の応力分布状態を解析、検討するに当たり、特に応力集中が強く、構造力学上問題となりそうな箇所を選定し、以下比較検討していくことにする。その比較部位は図5のごとく3ヵ所とし、以下記号をもつて記述していく。

1. S. type と R. type との比較

まず予備実験として合釘先端の形状の差異による影響を検討するために、臨床上一般に行なわれている 1/3

図 6 1/3 径 2/3 長の S. type の合釘の等色線縮写真（上）とその周辺応力分布図（下）

径、2/3 長の各 type の合釘を比較した。各比較部位の最大繰り込み数を表1に示した。S. type では、図6に示すごとくAには $f_0 6$ の強い応力集中がみられ、Bには $f_0 7$ 、Cには $f_0 3.5$ であり、R. type では図11に示すごとくAに $f_0 4$ 、Bには $f_0 7$ 、Cには $f_0 4$ であった。S. type、R. type とともにB、Cではほぼ同じであるが、AにおいてはS. type はR. type の1.5倍の応力集中がみられ、歯根破折の危険性が大である。合釘の回転防止には、R. type よりS. type の方が有効であろうということが容易に想像されるが、両者のB、Cの応力分布状態を比較するとほとんど差は見られない。すなわち、R. type の方がS. type より多く回転しているとすれば、当然BとCにより大きな応力集中が見られなければならないが、両者に差がないということは、同一径、同一長の合釘では、先端の形状は回転防止に何ら影響を与えていないことになる。Aにおける歯根破折の危険性を考える

表 2 各種合釘の各比較部位における最大締次数

長	径	1/2			1/3			1/4		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
1/2	A	3			8			7		
	B		13		8.5			9		
	C			5			9			5
2/3	A	3			4			6		
	B		15			7			6	
	C			3			4			3
3/4	A	5			5			4		
	B		12			11			9	
	C			5			6			5

と、いたずらに誤った概念で、合釘先端の形態を角状 (S. type) にしてはならないと言える。合釘の条件が同一ならば、先端の形態は丸状の方が好ましい応力分布を呈することが判明したので、以下 R. type の合釘を用い、長さ3種、太さ3種計9個の模型にて行なつた実験成績について述べることにする。

2. 長さ、太さを変えた各種合釘の比較

各種合釘の各比較部位の最大締次数を表2に示した。また、合釘の長さの変化による各比較部位の最大締次数の影響を表3に示し、太さの変化による各比較部位の最大締次数の影響を表4に示した。

(1) 1/2 径 1/2 長

図7のごとく、Aには f_0 3, Bには f_0 13, Cには f_0 5であり、特にBの応力集中が強い。

表 3

表 4

図 7 1/2 径 1/2 長の合釘の等色線縞写真(左)とその周辺応力分布図(右)

図 8 1/2 径 2/3 長の合釘の等色線縞写真(左)とその周辺応力分布図(右)

(2) 1/2 径 2/3 長

図 8 のごとく、A には f_0 3, B には f_0 15, C には f_0 3 である。B においては (1) よりさらに大きな応力集中を示した。

(3) 1/2 径 3/4 長

図 9 のごとく、A には f_0 5, B には f_0 12, C には f_0 5 である。A の応力集中は (1), (2) より増大し、B の応力集中は (1), (2) より減少している。

(4) 1/3 径 1/2 長

図 10 のごとく、A には f_0 8, B には f_0 8.5, C には f_0 8.5 である。A, B, C ともに大きな応力分布を示した。

(5) 1/3 径 2/3 長

図 11 のごとく、A には f_0 4, B には f_0 7, C には f_0 4 で、特に A, C の応力が減少した。

(6) 1/3 径 3/4 長

図 12 のごとく、A には f_0 5, B には f_0 11, C には f_0 6 で、特に B の応力が増大した。

(7) 1/4 径 1/2 長

図 13 のごとく、A には f_0 7, B には f_0 9, C には f_0 5 で、A, C に大きな応力集中がみられた。

(8) 1/4 径 2/3 長

図 14 のごとく、A には f_0 6, B には f_0 6, C には f_0 3 で、各部の応力分布状態としては (5) に近いが、A にて 1.5 倍の応力集中がみられた。

図 9 1/2 径 3/4 長の合釘の等色線縞写真(左)とその周辺応力分布図(右)

図 10 1/3 径 1/2 長の合釘の等色線縞写真(左)とその周辺応力分布図(右)

図 11 1/3 径 2/3 長の合釘の等色線縞写真(左)とその周辺応力分布図(右)

図 12 $1/3$ 径 $3/4$ 長の合釘の等色線縞写真 (左) とその周辺応力分布図 (右)

図 13 $1/4$ 径 $1/2$ 長の合釘の等色線縞写真 (左) とその周辺応力分布図 (右)

図 14 $1/4$ 径 $2/3$ 長の合釘の等色線縞写真 (左) とその周辺応力分布図 (右)

図 15 1/4 径 3/4 長の合釘の等色線縮写真(左)とその周辺応力分布図(右)

(9) 1/4 径 3/4 長

図 15 のごとく、A には f_0 4, B には f_0 9, C には f_0 5 で、A の応力が減少した。

IV. 総括および検討

継続者ならびに Cast core の臨床的価値はいまさら述べるまでもなく、その使用頻度も高い¹⁷⁾。一方、その抱える問題点も多く、ことに脱落、歯質の破折、臨床上の操作性について解決されなければならない点が多に多い。

根管内に深く挿入された合釘の維持力と支台歯の保護との間には、全く相反する点もあり、また互いに助長し合っている点もあり、これらのことを全く分離して考えることは不可能であり、意味のないことである。すなわち、歯根という有限体の中で合釘が十分維持され、かつ歯質を十分保護していなければ合釘の機能は果たし得ない。しかしながら、過去の合釘に関する研究には、これらの点を結びつけ相互に検討した報告はない。そこで著者らは、可及的に歯根の形態を付与した支台歯模型に各種の合釘を挿入し、荷重に対する応力の分布状態を観察し、支台歯の保護および合釘の維持安定に対する検討を行なった。

1. S. type と R. type について

合釘の先端の形状の差異による影響をみるために、予備実験として S. type と R. type の比較を行なった。

従来、保存修復学の立場から修復物 (Inlay) の安定効力は、G. V. Black が初めて唱えた box-form の窩洞形態にある¹⁸⁾とされている。西塚¹⁹⁾はベクトルにより数値計算を行ない、box-form 窩洞の理論的裏付けを行

なっている。渡辺²⁰⁻²²⁾は光弾性実験により匣型窩洞 (box-form) と円形窩洞を比較し、明瞭な窩底の隅角部に発する応力は、インレー体の転覆を阻止する安定形態としての保持効力として作用し、窩底を円形とすることは保持効力を殺滅する以外、窩壁の保護にはなんらの意義もないと述べている。しかし、構造力学上、一般に応力集中という現象は好ましくなく、たとえそれが安全率の中に含まれていたとしても、ときには疲労や衝撃のために破壊され安全性が脅かされることさえ起こるので²³⁾、円形窩洞は窩壁の保護という面では、十分な意義を有するものである。また、明瞭な隅角部に発生する応力集中を転覆の阻止力と考えるのはむしろ誤りであつて、同じ転覆に対する抗力を発揮させるなら小さな面積より大きな面積で発揮させた方が小さな応力の発生ですみ、破折に対する安全性を確保しつつ転覆を阻止することが可能であろう。したがって、インレー体の転覆阻止に対する保持効力を問題とする場合には、応力集中の度合を比較するのではなく、応力の総和すなわち抗力の大小を考えるべきであろう。一方、インレーと合釘とは本質的に置かれている状況が異なり、合釘の場合窩底よりもはるかに側壁の方が長く、西塚の言う離脱させる分力は全て側壁によって抵抗される。側壁によって抵抗されていることは、R. type でも B および C の応力の相和が S. type の相和とほぼ同程度であることから推察される。また、応力集中の強く現われる合釘の先端付近は、歯根が解剖学的にほぼ円錐形であるため、歯質の絶対量が少なく、しかも無髄歯であるため物理的性状も有髄歯よりやや脆弱になつていくと考えられ²⁴⁾、歯質の保護という立場から合釘先端部に応力が集中することは好ましくない。したがって、合釘においては、インレー窩洞の

概念からいたずらに合釘先端の形態を角状にしてはならないと言えるであろう。

2. 合釘の長さおよび太さについて

上顎中切歯を舌側から歯軸に対し 45° 方向で荷重すると、Bおよび舌側根尖に応力が生じることは矢島²⁵⁾の報告から理解しうる。また、cast core を利用した補綴物を装着した歯牙を同条件で荷重した場合も、歯全体としての動きには大して変化ないであろうが、合釘自体が支台歯根内でどのように作用するか、また、合釘の長さ、太さの変化が応力分布にどのように影響するか問題である。本実験における応力の分布傾向は、A、B、Cの部位に強い応力集中が発生し、舌側の支台歯根面ならびに舌側歯根上部にはほとんど応力分布が認められない。こうした応力分布状態は、支台歯根内における合釘の動きを推察する上で大きな手掛かりとなる。

歯軸に対し 45° の方向から切端に荷重Fを与えると、歯軸に直角の方向の分力 F_1 と歯軸方向の分力 F_2 に分解される(図5)。 F_2 は歯牙を歯軸方向に推進させ、歯槽窩全面で受け止められる。 F_1 は歯牙に回転モーメントを生じさせることになる。すなわち、唇側歯頸部付近の歯槽骨および歯根膜が歯軸に直角かつ反対方向の抗力を生じ、この付近を支点として根尖部が舌側の方へはね上がり、さらにその付近の歯槽骨および歯根膜から反対方向の抗力が生じる。 F_2 は歯槽窩全面で受け止められるので、その応力は小さくなる。これらは補綴処置の施されていない歯の運動を推察したものであるが、cast core を利用した補綴物が装着されている場合には、さらに歯根内で補綴物の運動が生じるものと思われる。すなわち、今回用いた金属とエポキシ樹脂のヤング率は約40:1であり、臨床を想定した場合でも金属²⁶⁾と象牙質²⁷⁾との比率は約10:1であるから、支台歯模型あるいは歯根の歪みが原因となつて運動が生じるであろう。合釘ならびに補綴歯冠部は 45° 荷重に対して歯軸に直角方向の F_1 と歯軸方向の F_2 とに分解され、 F_2 に対する抗力は根面と合釘の側面および下端面によつて発揮される。 F_1 によつて唇側根面の唇側寄りの部分を支点として回転モーメントが生じ、舌側の合釘下部でははね上がりが生じ、それより上の合釘舌側面は引き抜かれており、これは丁度くぎ抜きでくぎを引き抜く時の原理と同じである。しかし、実際には F_1 、 F_2 が同時に作用するので純粋な回転運動ではなく、推進運動とともに回転中心が移動しながら回転しているものと思われる。

以上は本実験より得た応力の分布状態から、cast core を利用した補綴物を装着した歯および補綴物の動きを推

察したものであるが、舌側根面は回転モーメントに何等抵抗を示さず、もっぱら抵抗しているのは合釘の周壁ならびに唇側根面である。したがって、両斜面形態は合釘の長さをより長く保存しようということで、理にかなつた根面形態であると言えるだろう。また、舌側根面に有効な補助維持装置が付与されれば、回転モーメントに抵抗し、AおよびCの応力集中を減少し、脱落防止および歯質の保護に貢献するであろうことは村岡^{13,28)}も示唆しているところである。

このように、維持力と応力の分布状態とは密接な関係があり、全く別の範疇ではない。照井^{29,30)}はcrownやpost crownなど歯冠修復物の保持力は、支台歯の傾斜度、高さおよび鑄造体と窩壁の面アラサに關係していると述べているが、このことはとりもなおさず支台歯と修復物の摩擦抵抗あるいはセメントの剪断抗力をいかに発揮させるかということにほかならない。

著者らの実験成績を総括的に眺めてみると、Aにおいて同一長さの合釘では太くなるにつれて応力集中が減少し、同一太さの合釘では長くなるにつれて減少している。Bにおいて同一長さでは太くなるにつれて応力集中が増加し、同一太さでは2/3長が最も少なくなっている。またCにおいて同一長さでは1/3径に強く応力集中がみられ、同一太さでは2/3長が最も少なくなっている。

すなわち、Aにおける合釘の寸法の変化の影響は、合釘先端のはね上がりが太く長いほど抑制されるためで、Bにおける影響は、合釘が太くなるほど根面の面積が少なくなり、荷重方向への沈みに対する摩擦抵抗が減少することと、太くなるほどB周辺の材質(歯質)が少なくなり、応力の拡散ができなくなる³¹⁾ために応力集中は増大する。また、長さに対する変化として、合釘が1/2から2/3と長くなると合釘の広い範囲で力を負担するため応力集中は減少するが、逆に合釘が2/3から3/4と長くなると増大するのは、合釘先端のはね上りが強く抑制されているため回転中心が合釘基部の方に移動し、そこからBまでの距離も短くなるので、テコの原理で増大するものと考えられる。Cにおける合釘の太さの影響は、合釘が太いほど回転モーメントに抵抗するので1/3径より1/2径の方が応力集中が少なくなるが、逆に1/4径とさらに合釘が細くなると減少するのは、回転モーメントを受ける唇側根面の面積が大きくなり、合釘基部からCまでの距離が大きくなることと、応力の拡散が起こるためと考えられる。また、長さの影響については、1/2から2/3と長くなると回転モーメントが抑制され応力集中が

減少するが、逆に 2/3 から 3/4 とさらに長くなると合釘先端のはね上がりが一層抑制されるため回転中心が合釘基部のほうに移動し、B におけると同様にテコの原理で応力集中は大きくなるものと考えられる。さらに注目すべき点は、A および C に強い応力集中がみられるものには B に応力集中が減少し、A および C に応力集中が少ない場合には B に強く応力集中がみられるという相関の傾向を示すことである。このことは、主に回転モーメントが生じている場合には、荷重方向への沈みに対する抗力が引張り応力と相殺し合つて B における応力が減少し、主に回転モーメントが抑制されている場合には、相殺度が小さいため B に応力が強く出現するためと考えられる。

このように考えてくると、太く長い合釘ほど表面積が大きく、摩擦抵抗も大きくなり回転モーメントに対し安定するため A における応力集中は最も少なくなるように思われるが、実際には 3/4 長の合釘において太くなるにつれて、1/2 径の合釘においては長くなるにつれて増加の傾向を示した。これは解剖学的形態からさらに不利な状態に置かれ、A および B 周辺の材質(歯質)が少なく、歯根周辺に近接するため応力の拡散ができずに応力が増大するものと考えられる。

以上のように、合釘の長さ、太さの変化は A, B, C の各部位に生じる応力の分布状態に微妙に影響を与え、かつある関連性を持ちながら変化している。特定の部分の応力集中を極力少なくしようとすると他の部の応力集中がその分増大し、かえって不利な状態に置かれてしまうことがある。また、合釘周囲の歯質の量がある限度を越えて少なくなると、応力の拡散が阻まれ、むしろ応力集中を増大させるようになる。したがって、合釘は長く太いほど良いという従来の概念は否定されなければならないであろう。そこで、われわれが合釘を臨床上応用する際には、歯質を保護するという観点から A, B, C にバランスよく応力を分散するような合釘の形態、寸法を選択すべきである。このことは以上考察してきたように、維持安定性にも相通するものである。

著者らの行なつた二次元光弾性実験から、合釘の太さは歯根幅の 1/3、長さは歯根長の 2/3 に設定すべきで、多くの先人たちが提唱していたことと符号することは興味あるところである。

今回は二次元光弾性実験であつたが、実際の歯は立体構造をなし、歯根は環状体をしているわけで、唇側の圧縮応力は舌側の歯質の引張り応力によつて干渉され、本実験とはやや異なつた応力分布を呈するであろうことは

予測に難くない。一方、立体的構造の合釘周壁面積も、二次元的周囲面積よりはるかに増大する。そういう意味では、二次元的実験は実際よりもさらに苛酷な状態で行なわれたと言えるであろう。

合釘の支台歯形成に際し、その対象となる歯根が歯槽骨内に埋入しているため、X線写真、根管長の測定などを参考としてもその形態、方向などを適確に把握することができず、穿孔、歯質の破折、脱落など偶発事故が常につきまとう。一方、合釘を利用した補綴物の追跡調査によると、適当な長さ太さを有するものはむしろ少ない³²⁾。それは、支台歯形成時の偶発事故遭遇に対する術者の不安、印象に続く一連の臨床操作性の困難さからくるものであろう。そういう意味では、Kurer Anchor System^{33,34)} などはその先取りをしているものと言えよう。しかし、その抱える問題性も大きい。そこで、著者らは、合釘の長さが短くても維持力を損わずかつ良好なる応力分布を呈する合釘形態を探索するため、セメントの種類、taper 度、補助維持装置などの要素を組合わせ、維持力試験、光弾性実験などを行なうことが今後の課題であると考えている。

V. 結 論

著者らは、可及的に解剖学的定形と思われる歯根形態を付与した両斜面形態の支台歯模型に、合釘先端の形態(S. type, R. type)、長さ、太さをそれぞれ変えた合釘(歯冠部を含む)を装着し、45° 方向から静的荷重を行ない、二次元光弾性実験により応力の分布状態を観察し、それぞれの比較検討を行なつて以下の結論を得た。

1. 合釘先端の角状の形態は、合釘周辺の舌側下部に強い応力集中を惹起し、他の部の応力集中を緩和することなく、さらに合釘周囲の残存歯質量および無髄歯の物理的性状を考慮すると、合釘先端の角状の形態はその舌側周囲の歯質を破折に導く危険性を有し、合釘先端の形態は角状を避け丸状にすべきであろう。

2. 合釘周辺の舌側下部、歯根周囲の唇側歯頸部付近および唇側の支台歯根面のそれぞれに応力を均等にかつ小さく分布させることは、合釘の維持力の面からも、また歯質の破折防止の面からも重要であり、本実験においては、長さ歯根長の 2/3、太さ歯根幅の 1/3 の寸法の合釘が、力学的に最も安定していると言える。

3. 回転モーメントに抵抗する有効なる補助維持装置を舌側根面上に付与することにより、合釘周辺の舌側下部、歯根周囲の唇側歯頸部付近および唇側の支台歯根面

に発生する応力集中を緩和することができるものと考えられ、村岡^{13,28)}による研究報告の妥当性をさらに裏付けたと言える。

4. 合釘下部の舌側周辺および合釘基部の唇側周辺の歯質をより多く保存することは、応力の拡散の助長により応力集中を減少させると同時に、応力に対する抵抗性を増大させるので、歯質の破折防止の点で重要な要素であると言える。

5. ほぼ正常な歯根形態を有する歯においては、長さ歯根長の1/3、太さ歯根幅の1/3の寸法の R. type の合釘を用いることによって、力学的安定が得られるものと思われる。

稿を終わるに臨み、理工学的立場からご指導ご校閲をいただいた日本大学理工学部部長尾弘教授に深く感謝の意を表します。なお、本研究の要旨は第26回日本大学歯学会総会(1974年5月11日)において発表したものをその会誌に抄録を掲載した。

文 献

- 1) Koller, K.C.: Der Wurzelstift, Zahnersatz durch Kronen, Brücken und partielle Prothesen, Wien, 1954. Wilhelm Maudrich, S. 332~333.
- 2) Ackermann, H.: Grundsätzliche Überlegungen in bezug auf die mechanischen Belange der Stabilität der Stiftzähne, Schweiz. Mschr. Zahnheilk., 63 (8): 799~805, 1953.
- 3) 下総高次: 継続歯; その維持力, 今日の補綴, 東京, 1960, 医歯薬出版, 55~70.
- 4) 稲葉 繁: 継続歯の問題点, 日歯科評論, 327, 89~98, 1973.
- 5) Stern, N.: A direct pattern technique for posts and cores, J. Pros. Dent., 28 (3): 279~283, 1972.
- 6) Colley, I.T., Hampson, E.L., Lehman, M.L.: Retention of Post Crowns, An Assessment of the relative efficiency of Posts of Different Shapes and Sizes, Br. Dent.J., 124 (2): 63~69, 1968.
- 7) 花村典之: 継続歯合釘に関する研究(第1報), 合釘の撓み強さについて, 日補綴誌, 8: 162~172, 1964.
- 8) 天野秀雄: 継続歯根面に加わる咬合力および咀嚼力に関する研究, 日補綴誌, 14: 80~98, 1970.
- 9) 出井義則: 歯冠補綴物支台歯の力学的考察(第1報), 歯冠補綴物支台歯の光弾性実験, 歯科学報, 54: 411~420, 1954.
- 10) 宮内孝雄: 歯牙の三次元光弾性実験(第2報), 歯冠補綴物支台歯の静力学的考察, 歯科学報, 59: 306~313, 1959.
- 11) Standlee, J.P., Caputo, A.A., Collard, E.W., Pollack, M.H.: Analysis of stress distribution by endodontic posts, Oral surg., 33 (6): 951~960, 1972.
- 12) 藤田恒太郎: 歯の解剖学, 東京, 金原出版, 1964.
- 13) 村岡清孝: 継続歯の力学的研究(その1), 各種根面形態における二次元光弾性実験, 日補綴誌, 16(2): 387~399, 1972.
- 14) 村岡清孝: 継続歯の力学的研究(その3), 各種根面形態における三次元光弾性実験, 日補綴誌, 17(1): 45~63, 1973.
- 15) 今村真作: 邦人歯牙歯根膜幅に関する研究(その1), 臨床歯科, 12: 253~258, 1940.
- 16) 辻 二郎, 西田正孝, 河田幸三: 光弾性実験法, 東京, 日刊工業新聞社(初版), 337~392, 1965.
- 17) 宮内孝雄, 久保田英雄, 田中誠禾, 他: 最近の補綴臨床の統計的観察, 歯科学報, 56(8): 322~328, 1956.
- 18) 総山孝雄: 保存修復(充填)学総論・窩洞形成法, 東京, 永末書店, 112~145, 1969.
- 19) 西塚忠義: インレー・ウワーク(Inlay-work)に就いて, 金属鑲嵌窩洞の力学的並びに数学的考察批判, 19(7, 8, 9): 1~8, 46~48, 50~68, 72~77, 1926.
- 20) 渡辺孝夫: 金属インレー窩洞の光弾性実験による静力学的考察(その1), 歯科学報, 55(10): 376~380, 1955.
- 21) 渡辺孝夫: 金属インレー窩洞の光弾性実験による静力学的考察(その2), 歯科学報, 56(2): 65~70, 1956.
- 22) 渡辺孝夫: 金属インレー窩洞の光弾性実験による静力学的考察(完), 歯科学報, 56(3): 107~116, 1956.
- 23) 益田義治: 入門光弾性実験, 東京, 日刊工業新聞社(初版), 18~26, 1970.
- 24) 総山孝雄: 保存修復(充填)学総論・窩洞形成法, 東京, 永末書店, 151~156, 1969.
- 25) 矢島忠夫: 歯牙の光弾性実験(第2報), 前歯部断面について, 歯科学報, 54(4): 121~130, 1954.
- 26) 花村典之: 継続歯合釘に関する研究(第2報), 合釘のテーパー, 長さの保持力に及ぼす影響について, 日補綴誌, 8: 145~161, 1964.
- 27) Stanford, J.W., Weigel, K.V., Paffenbarger, G.C., Sweeney, W.T.: Compressive Properties of Hard Tooth Tissues and Some Restorative Materials, J.A.D.A., 60 (6): 746~756, 1960.
- 28) 村岡清孝: 継続歯の力学的研究(その2), 各種根面形態における二次元光弾性実験(特に補助維持装置の影響について), 日補綴誌, 16(2): 156~162, 1972.
- 29) 照井保之: インレー保持に関する研究, 第1報, 鋳造体による実験, 日保存誌, 14(2): 25~32, 1972.

- 30) 照井保之：インレー保持に関する研究，第2報，嵌合模型による実験，日保存誌，14(2)：33～46，1972.
- 31) 小池国晃：Pin-Restoration の光弾性力学的研究，第3報，模型板の外側辺縁から Pin までの距離の影響，日補綴誌，17(4)：422～444，1974.
- 32) 平沼謙二，斉藤滋，末次恒夫：X線像による継続歯の統計的観察，第1報，一般的事項，継続歯の構造及び適合状態について，日補綴誌，4(1)：30～39，1960.
- 33) 水川一広，Kurer, P.F., 小池国晃，松永俊雄：Kurer Anchor System について，日齒科評論，370：1～19，1973.
- 34) 大木一三，水川一広，小林栄作，小池国晃，松永俊雄，他：Threaded Post, (第1報) 保持力，保持物性，適合状態について，31(5)：19～27，1972.