原 著

歯冠補綴物の適合状態が辺縁歯肉に及ぼす影響

佐 藤 尚 弘

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)

(1982年11月27日 受付)

Effects of the Fitness of Crown Margins on Gingivae

Takahiro Sato

The 2nd Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University

(Director : Prof. Tsuneo Tabata)

The objective of this investigation is to identify the effects of the marginal fitness of the crowns on the gingival tissues. Ten porcelain-fused-to-gold crowns with different degrees of overhangs were cemented in three clinical cases. The crown contours and their marginal fitness were measured intra-orally with an electronic device. The severity of the gingival inflammation was assessed on the marginal gingivae at the midpoint of the labial aspect of these crowns by (1) a newly developed instrument which can measure the consistency and the volume pulse of the gingivae, (2) by the gingival fluid meter "Periotron®" and (3) by clinical examinations.

Based on the results of these experiments, the following conclusions can be made:

1. Subgingival restoration with properly placed and well-fitted margins will not affect the marginal gingivae.
2. The crown margins should not be extended too deeply into the gingival crevice.
3. The overhanging restoration caused deleterious effects on the gingivae, and those effects still remained after the removal of the overhangs.
4. Proper oral hygiene instructions are indispensable for the maintenance of healthy gingivae of the crowned teeth.

I. 緒 言

補綴学の臨床においては歯冠補綴物の辺縁を歯肉縁下に設定することが多く、その軸面形態、辺縁の位置および辺縁部の適合状態は辺縁歯肉、ひいては歯周組織の健康状態に影響を及ぼす大きな因子のひとつと考えられている。

歯冠補綴物と辺縁歯肉との関係は、臨床での術後調査¹⁻³⁾や、病理組織学的研究⁴⁻⁹⁾などが中心となって研究されている。臨床での術後調査にあっ

ては歯肉の炎症に関する診断、歯冠補綴物の辺縁適合状態に関する診査とも肉眼的観察がほとんどで、主観的要素の濃いものとなっている。一方、病理組織学的研究にあっては炎症に関する判定はもちろん正確であるが、偶然の機会を除いては動物実験に限定されることが多く、加えて歯冠補綴物の適合状態との関係を知ることは必ずしも容易ではないという面がある。このようなことから、歯冠補綴物の辺縁適合状態が辺縁歯肉に及ぼす影響は、現状十分には解明されていないといわざる

を得ない。

そこで、著者はまず歯肉の炎症に関する状態を、客観的かつ早期にとらえるべく在来の肉眼的観察、歯肉滲出液量の測定に加えて歯肉の物理学的性状の測定をもあわせ試みた。ついで、種々の歯頸部辺縁の位置、適合状態を有する歯冠補綴物を作製、装着し、それらの口腔内での適合状態をマージンチェッカータイプⅡ¹⁰⁾を用いて定量的に測定するとともに、補綴施術の各過程、および各種歯冠補綴物の装着後の各時期における辺縁歯肉の性状の変化を観察、測定した。そして、その結果に基づいて歯冠補綴物の辺縁適合状態と歯肉とのかかわりあいについて検討を加えた。

Ⅱ. 研究方法

種々なる辺縁の位置、適合度、軸面形態をもつ金属焼付ポーセレン冠を支台歯に装着して、1～5カ月間辺縁歯肉の健康状態を経時的に診査する。また、天然歯辺縁の健康歯肉、炎症歯肉をも測定の対象とする。

金属焼付ポーセレン冠の辺縁の形状は望月¹⁰⁾のマージンチェッカータイプⅡを用いて描記、測定し、辺縁歯肉の健康状態は、通常の診査に加えて一定荷重下における歯肉のクリープ、歯肉の脈動、歯肉滲出液量の測定により総合的に判定する。

1. 被験者および測定項目

被験者は23～25歳の健康状態良好な本学男子学生3名で、上顎前歯部を測定の対象とする。

歯肉に関する測定項目は、1) 正常歯肉、2) ブラッシングの停止により実験的に惹起した炎症歯肉、3) ブラッシング再開後の炎症歯肉の経時的变化、4) 金属焼付ポーセレン冠の臨床施術の各過程における当該歯肉、5) 比較的良好な適合状態にある金属焼付ポーセレン冠装着後の歯肉の経時的变化、6) 各種辺縁形状を有する金属焼付ポーセレン冠の装着による歯肉への影響、である。

2. 歯肉のクリープと脈動の測定

辺縁歯肉のクリープおよび脈動の測定には新たに作製した微小変位計と荷重計を用いた(図1、2)。

図1 変位計ヘッド部および荷重計の口腔内設置

図2 変位計ヘッド部および荷重計の口腔内設置 (模式図)

1) 微小変位計

微小変位計はヘッド部、口腔内固定部と測定回路部からなる。変位計のトランスデューサとしてはマグネセンサセットB₂を使用する。マグネセンサは永久磁石、検出ヘッド、デテクタによって構成され、高感度、高精度であるとともに温度特性にも優れた小型の非接触磁気信号検出器であり、微小な変位の測定に適したものである。

(1) 変位計ヘッド部

変位計ヘッド部は測定子、受圧用テーブル、ピボットによるヒンジ部、永久磁石、マグネセンサ検出ヘッドをアルミ製のハウジングに組み込んだものである。測定子はφ1mmのコバルトクロム線で、先端は平面に加工してある。歯肉表面に接した測定子先端の動きは、ピボットによるヒンジ部を介して永久磁石の動きに変換されたのち、マ

図3 測定子先端の定位

グネセンサで検出され、変位に応じた出力が電圧で得られる構造になっている。検出ヘッドからのリード線には $\phi 1.4\text{ mm}$ の4芯シールド線を用い、測定時にはこのコードを体の一部に固定して、身体の動きなどによるコードの影響が測定に及ぶことを可及的に防止する。

ヘッド部の総重量は25g、測定子先端の歯肉表面への接触圧は0.1g以下である。

(2) 口腔内固定部

変位計ヘッド部、ならびに荷重計の口腔内設置にあたっては上顎臼歯部を固定源とするが、相互の干渉を避けるためにそれぞれ左右別々のシーネを介して固定する。口腔内固定部はあらかじめ歯列模型上で作製したレジンシーネとアルミ製定位板とからなる。なお、測定時の辺縁歯肉への影響を避けるために、レジンシーネは咬合面および歯冠の咬合面側1/3のみを被覆する形態のものとした。

測定に際しては被験者の体位、姿勢を一定にする。レジンシーネを仮封材により上顎臼歯部咬合面に接着し、仮封材が十分に硬化した後、アルミ製定位板を介して変位計ヘッド部、荷重計の各々を定位する。この際、測定子先端が毎回同じ位置、すなわち被験歯唇側歯冠中央部で歯肉縁から約0.5mmの部分にくるように注意深く定位する(図3)。なお、荷重計と同じシーネより口唇よけを出して頬、口唇等による影響を回避させた。

(3) 測定回路部

測定回路部のブロックダイアグラムを図4に示す。マグネセンサのデテクタからの出力は変位量

図4 測定回路部のブロックダイアグラム

に応じて $5 \sim 10\text{ mV}/\mu\text{m}$ に増幅した歯肉の変位出力と、それをさらに $0.05 \sim 30\text{ Hz}$ のバンドパスフィルタを通して高周波成分、ならびに低周波の雑音を除去した後、 $0.2 \sim 0.4\text{ V}/\mu\text{m}$ に増幅した歯肉脈動出力とに分離する。なお、測定範囲を越える大きな変位や雑音などによる過大な出力に対しては、ベン保護回路により直流成分のみを瞬時に0レベル(0.1秒間)にして、記録ペンの保護と記録能率の向上をはかった。

2) 荷重計

荷重計はアクリル樹脂製で、分銅も含めた重量が25gである。荷重計は分銅を懸垂することにより、変位計の測定子先端部の受圧用テーブルを加圧端子で10g重加圧する構造となっている。荷重計による加圧および圧の解放は分銅の上下により容易かつ瞬時に行える。なお、荷重計の加圧端子先端にはミニチュアボールベアリングを使用し、変位計受圧用テーブル表面での摩擦を極力小さくしてある(図3)。

3) 測定精度

変位計および荷重計について口腔外でのキャリブレーションを行った。

変位計の静特性に関するキャリブレーションは送り精度 $1\mu\text{m}$ の校正器で行い、 $\pm 600\mu\text{m}$ の範囲において $\pm 2\%$ 以内の直線性を有することがわかった(図5)。

歯肉の脈動測定時の周波数特性は、電圧に比例した変位が得られるクリスタルスピーカークの圧電素子と、ファンクションジェネレータを用いて、測定子先端を $1\mu\text{m}$ 程度の振幅で微小振動させることにより、 $0.1 \sim 50\text{ Hz}$ の範囲で測定した(図

6)。測定子の共振やヒンジ部のガタもなく、測定回路のバンドパスフィルタの働きにより、低周波のドリフトおよび交流雑音などを抑えて効果的に脈動出力が検出できることがわかった。以上の結果、本変位計は歯肉の変位および脈動を同時記録するための十分な精度をもつことが確認された。

荷重計は、測定子先端部での荷重が10g 重とな

図5 変位計の精度（静特性）

図6 変位計脈動測定時の周波数特性（動特性）

るようにデジタル秤量計を用いて調整した。

4) 測定の実際

変位計の測定子先端を所定の位置に厳密に定位して歯肉表面に接触させたのち、受圧用テーブルの中央部に荷重計の加圧端子先端をあわせ定位、固定して記録を開始する。

測定はまず数分間加圧前の状態を記録し、その後分銅の懸垂により10g 重の加圧を行い、50秒経過後に分銅を除去して圧を解放し、以後150秒間クリープの回復を記録する。

変位計および心電計からの出力は、モニタオシロスコープとレクチグラフで確認しながらすべてデータレコーダに集録する。データレコーダからの出力は直接 X-Y レコーダに入力して以後の計測・解析の資料とする。

なお、測定は食事、ブラッシング等の影響を避けるためにその30分経過以後に行った。

5) クリープ曲線の解析

歯肉のクリープは曲線として記録し、力学模型による表現を試みた。すなわち、Voigt 模型と Maxwell 模型とを直列に接続した4要素模型で解析する。この際、荷重を測定子先端の断面積で割った値を応力、変位量を歯肉厚径で割った値を歪として各定数の算出を行う。

初期弾性率 E_1 は初期歪から、また終末粘性率 η_2 はクリープ後期の直線部分の傾斜から求める。そしてこの直線を外挿して縦軸との交点を求めれば Voigt 要素のバネ定数 E_2 が定まる(図7)。 η_1 の算出は、クリープ曲線と漸近線の間の部分の対

図7 4要素模型によるクリープ曲線の解析

数を時間にたいしてとれば直線が得られ、その傾斜の逆数が Voigt 要素の遅延時間 $\tau k = \eta_1 / E_2$ となる。ここで、 E_2 は既知であることから η_1 が求まる¹¹⁾。

しかし、実測により得られたクリープ曲線を 4 要素模型で完全に表現することはできない。すなわち、4 要素模型においては同じ値であるべき E_1 と E_1' 、 η_2 と η_2' は実測値では図 12 などにみるように異なっている。また、今回のタイムスケールでは測定終了時にも歪（変位）が残留しているように見えるが、この歪は測定時間を長くとり長時間観察すると消失し、原点に戻る。このように実測値との間には若干の差違があるが、歯肉の粘弾性の変化はクリープ曲線を 4 要素模型にあてはめて解析することで明らかにできる。

3. 歯肉滲出液量の測定

歯肉滲出液量の測定はヘリオトロン^Rで行う。

滲出液の採取に先立ち、当該部歯肉に対して簡易防湿を施し、エアを軽く吹きつけて歯肉を乾燥させる。滲出液の採取には専用のヘーパーストリップを用いるが、最初のストリップで 30 秒間歯肉溝内の滲出液を吸収した後、第 2 のストリップで採取する 2 ストリップ法を用い、時間は 3 分間とする。また、ストリップの挿入は Brill¹²⁾ の方法に準じ、歯肉溝底に軽く触れ、抵抗が感じられるまでとする。採取後は速やかにストリップをペリオトロンのセンサ間に挿入し、滲出液量を絶対量として得る。

4. 歯冠補綴物の辺縁形状の測定

歯冠補綴物の辺縁の位置、形態、適合度はその口腔内への装着後に、マージンチェッカータイプ II を用いて断面形態として描記、記録する。また、付与する種々の辺縁形態、オーバーハング量などについては模型上で同装置を用いて調整し、口腔内装着後さらに確認した。

なお、マージンチェッカータイプ II による歯冠補綴物の辺縁形状の描記部位と歯肉のクリープ測定部位および滲出液の採取部位は可及的に一致させた。

5. 実験的歯肉炎の惹起

図 8 ブラッシング停止用レジンプロテクター

実験的に歯肉炎を惹起させるために、被験部位のみを被覆するレジン製プロテクターを作製し（図 8）、これをブラッシング時には必ず装着させ、10日間使用させる。このレジンプロテクターにより、同部位のみブラッシングを停止させたのと同様の変化を与えることができる。

6. 金属焼付ポーセレン冠の作製および各種辺縁形状の付与

金属焼付ポーセレン冠はレジン製個歯トレー、ホリサルファイドラバー印象材を用いて印象採得した後、通常の間接法によって作製する。金属焼付ポーセレン冠に付与する辺縁形状は、その歯肉縁に対する深浅に関しては支台歯形成時に、そして水平方向の形態、いわゆるオーバーハング量に関してはポーセレンの歯頸部への追加盛り上げ、あるいはその削除によって種々作製した。また、この時軸面の豊隆度をできるかぎり変化させないように留意した。

金属焼付ポーセレン冠の装着期間は被験者によって異なるが、適合良好なものでは 1～3.5 カ月、オーバーハングを付与したものでは 4 週～5 カ月である。なお、支台歯への仮着には酸化亜鉛ユージノールペーストを使用した。

Ⅲ. 結 果

正常歯肉、炎症歯肉、金属焼付ポーセレン冠装着部の歯肉について歯肉のクリープ、歯肉の脈動、歯肉滲出液量を測定して以下の結果を得た。

1. 正常歯肉と炎症歯肉

1) 正常歯肉

正常歯肉であるとの診断は肉眼所見をはじめとする通常の診査事項によって行った。正常歯肉を有する被験者の口腔内写真は図9に示したが、健康歯肉に特徴的とされるスティッピングも明確に認められた。

この被験例の11 辺縁歯肉唇側中央部について記録したクリープ、および脈動の1例を図10に示した。上段Aが歯肉のクリープ曲線で、一定時間ベースラインを記録した後の最初の矢印が加圧点である。歯肉は瞬間的、つまり弾性的に変形した後、時間の経過とともにクリープを示した。ついで、50秒後の矢印で示した圧の解放点では弾性的に復帰し、これに続いてクリープの回復がみられた。測定時間内（圧の解放から150秒後）では完全に元の位置まで復元していなかった。

図9 正常歯肉

図10 正常な辺縁歯肉のクリープ曲線と脈動
(原データ)

中段Bは歯肉の脈動で、これはクリープ曲線上のものを拡大した記録である。変位の時間的变化量が大きい場合には、ペン保護回路が働いて瞬時に0レベルへ戻るが、ベースラインの安定化とともに脈動の記録は可能となる。歯肉の脈動は圧解放直後に急激に波高を増し、時間の経過とともに速やかにその波高を減じた。図11は図10の圧解放後50秒から10秒間の部分を拡大した図で、脈波に同期した歯肉の振動がみられた。この歯肉の脈動波形は切痕の明瞭な二峰性の、いわゆる正常後隆波といわれるもの¹³⁾と類似のパターンを示していた。

歯肉のクリープ、脈動の再現性を検討するために、正常歯肉の同一部位を4週間に4回測定した結果が図12である。4本のクリープ曲線はいずれも同様の傾向を示しており、最大変位量は362~400 μm と小さく、しかも40 μm 程度で再現性のあることが確認された。

図11 歯肉の脈動と心電図波形

図12 正常歯肉のクリープ曲線と脈動(測定回数4)

歯肉の脈動波高は圧解放50秒後で $1.0 \sim 1.3 \mu\text{m}$ と小さく、しかも150秒後では $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ とクリープの回復に伴う波高の減衰がみられた(表1)。

歯肉滲出量は4回の測定で常に極めて少なくほとんどが5ユニット(1ユニット $=0.005 \mu\text{l}$)以下であり、全く検出されない場合もあった(図13)。

2) 炎症歯肉

実験的に歯肉炎を惹起した上顎中切歯部の歯肉、およびブラッシングを主体とするプラークコントロールの効果によって治療に向かった歯肉の物理学的性状の変化を測定した。なお、この被験者の1)辺縁歯肉にはブラッシング停止以前より極めて軽度ではあるが炎症がみられたので、歯肉炎が増悪したとしてみるべき部分もある。

ブラッシング時にレジンプロテクターの使用を開始してから10日、すなわちブラッシング停止10日後の口腔内写真が図14である。歯面にはブラ

表1 圧解放後の脈動波高とその推移
(正常歯肉, 測定回数4)

測定 No.	圧解放後		
	50	100	150(sec)
1	1.0	0.9	0.8
2	1.3	1.1	1.0
3	1.0	0.8	0.5
4	1.0	0.8	0.5

(μm)

図13 正常歯肉の歯肉滲出液量(測定回数4, 1ユニット $=0.005 \mu\text{l}$)

ーク, マテリア・アルバ等の沈着が著明であり, 辺縁歯肉には軽度の発赤がみられた。プロテクターの使用により増悪した, とくに炎症性変化の著しい1)近心部の辺縁歯肉で測定したクリープ曲線を, 図15に曲線Aとして示した。このとき, 最大変位量は $1,200 \mu\text{m}$ 以上にも達し, 変位計のもつ $\pm 600 \mu\text{m}$ のダイナミックレンジをオーバーしたため, 変位様相のすべてを記録することはできなかった。

図16はブラッシング再開1日後の口腔内写真である。毎食直後のスクラッピング法によるブラッシングを指示したが, プラーク等はよく除去されていた。また, 歯肉の状態にも若干の治療傾向がみられた。この時点での同一部位, すなわち1)辺縁歯肉の発赤部のクリープ曲線は図15に曲線Bとして示した。このとき最大変位量は減少を示し,

図14 ブラッシング停止10日後の口腔内

図15 歯肉炎時の歯肉のクリープ曲線と脈動

図16 ブラッシング再開1日後の口腔内

図17 ブラッシング再開6日後の口腔内

945 μ mであった。

図17は、ブラッシング再開6日後の口腔内写真である。歯肉には著明な改善がみられ、このときの測定結果は図15に曲線Cとして示した。図15にはこれらに加えてブラッシング再開33日後の測定結果もあわせて示した。ブラッシング再開6、33日後とも歯肉の荷重変位量は大きく減少し、最大変位量はそれぞれ590、620 μ mと比較的小さな値となった。

クリープ曲線でのこの変化を4要素模型で解析し、その結果を表2に示した。ブラッシング停止10日後のクリープはそのすべてを記録できなかったため、ブラッシング再開後についてのみ比較すると、弾性係数(E_1 , E_2), 粘性係数(η_1 , η_2)のいずれもがブラッシングを再開すると大きな値となり、炎症時には4つの係数とも減少することが明らかとなった。

表2 炎症歯肉の粘弾性係数(4要素模型による解析)

ブラッシング	E_1 $\times 10^7$ dyn/cm ²	E_2 $\times 10^7$ dyn/cm ²	η_1 $\times 10^9$ poise	η_2 $\times 10^9$ poise
停止10日後	—	—	—	—
再開1日後	0.36	1.12	0.95	0.75
再開6日後	0.54	1.85	1.29	1.68
再開33日後	0.59	1.56	1.17	0.99

表3 圧解放後の脈動波高とその推移(炎症歯肉)

ブラッシング	圧解放後		
	50	100	150(sec)
停止10日後	6.8	6.3	5.5
再開1日後	2.8	1.7	1.3
再開6日後	3.0	2.4	2.2
再開33日後	3.4	2.0	1.4 (μ m)

図18 炎症歯肉の歯肉滲出液量(1ユニット=0.005 μ l)

炎症歯肉で、脈動波高は圧解放50秒後で6.8 μ mと著しく大きく、また150秒経過後でも5.5 μ mと時間の経過に伴う波高の減衰は極めて緩徐であった(表3)。

歯肉滲出液量は、ブラッシング停止10日後に最大値26ユニットを示したが、ブラッシングの再開

図19 クラウン辺縁の適合状態（被験例1，Ⅱ，比較的浅い支台歯形成）

図20 クラウン辺縁の適合状態の説明図（被験例1，Ⅱ，比較的浅い支台歯形成）

後は徐々に減少して、6日後以降は5ユニット以下となった(図18)。

2. 補綴施術と辺縁歯肉

被験者3名の歯内療法完了後の上顎中切歯に金属焼付ポーセレン冠を補綴する際の術前、支台歯形成を経て装着後1カ月（被験例1，3）から3.5カ月（被験例2）に至るまでの各過程における歯肉性状の変化を観察、測定した。ついで、装着していたクラウンを撤去し、マージン部にポーセレンを追加焼成して意図的にオーバーハングを付与した後、再び装着して3週から5カ月までの術後経過を観察した。

1) 補綴施術の各過程と辺縁歯肉

(1) 被験例1

被験例1は口腔清掃状態が良好で、術前の歯肉も健康な状態にあった。

① 歯肉線下に比較的浅い支台歯形成をしたクラウン（Ⅱ）

装着したクラウンの辺縁部における適合状況をマージンチェッカーにて記録した(図19)。支台歯の唇側ショルダー部は歯肉線下 $220\mu\text{m}$ に位置しており(図20)，その形成時に歯肉からの出血はほとんどなかった。

肉眼的な観察では、補綴部位の辺縁歯肉は観察期間中おおむね良好に経過していた。

歯肉の荷重変位量は支台築造のための支台歯形

図21 補綴施術に伴う歯肉の最大変位量の推移（被験例1，Ⅱ，比較的浅い支台歯形成）

成直後にやや減少する傾向を示したが、その後の各過程で大きな変化はなく、クラウン型仮封冠の装着1週間にはじめて最大変位量で $100\mu\text{m}$ 近い大きな増加を示した。しかし、荷重変位量は適合良好な金属焼付ポーセレン冠の装着後に減少を示し、1週間には最大変位量で $272\mu\text{m}$ となった(図21)。

クリープ曲線の推移を4要素模型で解析した結果が表4である。支台築造のための形成直後に荷重変位量はやや減少したが、このとき E_1 はほと

んど変化なく、残りの3つの係数 E_2 , η_1 , η_2 はやや増加する傾向を示した。この傾向はその後の各過程にも持続したが、クラウン型仮封冠装着1週後には荷重変位量の増加に伴って、4つの係数はいずれも明らかな減少を示した。しかし、適合良好な金属焼付ポーセレン冠の装着後にはとくに目立った変化はみられなかった。

歯肉の脈動は各過程を通じてほとんど変化を示さなかった(表5)。

歯肉滲出液は補綴施術の各過程でやや増加する傾向を示したが、金属焼付ポーセレン冠装着直後を除いて最高値を示した形成、印象採得直後でも8ユニットにすぎなかった(図22)。

② 歯肉縁下を標準的な深さまで再形成したクラウン (11)

第1項の被験歯のクラウンを除去し、ショルダー部が歯肉縁下で標準的な深さとなるように再形成して、金属焼付ポーセレン冠を装着し、歯肉に関してつぎのような結果を得た。

ショルダー部は歯肉縁下 400 μ m の位置にあっ

表4 補綴施術に伴う辺縁歯肉の粘弾性係数の変化 (被験例1, 11, 比較的浅い支台歯形成)

補綴施術各過程	E_1 $\times 10^7$ dyn/cm ²	E_2 $\times 10^7$ dyn/cm ²	η_1 $\times 10^9$ poise	η_2 $\times 10^9$ poise
術前	0.79	1.40	0.98	0.98
支台築造のための形成・印象	0.81	1.74	1.13	1.07
ポスト型仮封冠装着2日後	0.86	1.88	1.50	1.22
築造体合着・支台歯形成印象直後	0.74	2.35	1.29	1.61
クラウン型仮封冠装着1週後	0.64	1.36	0.88	1.02
金属焼付ポーセレン冠装着直後	0.65	1.63	0.81	1.05
装着2日後	0.68	1.74	1.13	1.36
装着1週後	0.86	1.63	1.06	1.11
装着1カ月後	0.78	1.31	1.05	1.02

た。
歯肉の荷重変位量は支台歯形成、印象採得直後急激に増加し、最大変位量で再形成直前の 310 μ m

表5 圧解放後の脈動波高とその推移 (被験例1, 11)

測定項目	圧解放後 50	100	150 (sec)
支台築造のための形成・印象	2.0	1.6	1.4
築造体合着・支台歯形成印象直後	1.5	1.3	1.1
クラウン型仮封冠装着2週後	1.0	0.8	0.8
金属焼付ポーセレン冠装着2週後	1.5	1.0	1.0
オーバーハング付与直前	2.4	1.5	1.3
付与10日後	1.9	1.8	1.6
ショルダー部再形成直前	0.7	0.5	0.3
再形成直後	1.5	1.1	1.1
クラウン型仮封冠装着1週後	1.6	1.3	1.1
金属焼付ポーセレン冠装着1日後	0.8	0.5	0.5
装着1週後	0.9	0.8	0.7
装着2週後	1.4	1.1	1.0
オーバーハング付与1日後	1.2	0.9	0.8
付与1週後	1.1	0.9	0.8
付与4週後	1.3	0.5	0.5 (μ m)

図22 補綴施術に伴う歯肉滲出液量の推移 (被験例1, 11, 比較的浅い支台歯形成)

図23 補綴施術に伴う歯肉の最大変位量の推移 (被験例 1, 11, 標準的な支台歯形成: 再形成)

に対して $382\mu\text{m}$ を示した(図23)。しかし、適合良好な金属焼付ポーセレン冠を装着すると荷重変位量は減少傾向を示し、最大変位量で1週後 $302\mu\text{m}$ 、2週後 $273\mu\text{m}$ となった。

クリープ曲線の推移を4要素模型で解析した結果が表6である。ショルダー部の再形成後に荷重変位量は著しく増加したが、これを4要素模型の各係数でみると、術前に対して E_1 は 0.70 から $0.58(\times 10^7 \text{dyn/cm}^2)$ 、 E_2 は 1.44 から $1.03(\times 10^7 \text{dyn/cm}^2)$ 、 η_1 は 1.08 から $0.67(\times 10^9 \text{poise})$ 、 η_2 は 1.22 から $1.17(\times 10^9 \text{poise})$ といずれも明らかな減少を示した。しかし、適合良好な金属焼付ポーセレン冠の装着に伴って弾性、粘性いずれの係数も増加する傾向を示した。

歯肉の脈動は再形成、印象採得直後に術前と比べて減衰の遅い比較的大きな波高の持続を示した。すなわち、圧解放後50, 100, 150秒における脈動波高をみると、術前が 0.7 , 0.5 , $0.3\mu\text{m}$ と減衰したのに対して、再形成直後には 1.5 , 1.1 , $1.1\mu\text{m}$ となった。この傾向はクラウン型仮封冠装着1週後においても持続していたが、適合良好な金属焼付ポーセレン冠の装着1日後には術前に近

表6 補綴施術に伴う辺縁歯肉の粘弾性係数の変化 (被験例 1, 11, 再形成)

補綴施術各過程	$E_1 \times 10^7 \text{dyn/cm}^2$	$E_2 \times 10^7 \text{dyn/cm}^2$	$\eta_1 \times 10^9 \text{poise}$	$\eta_2 \times 10^9 \text{poise}$
術前	0.72	1.44	1.01	1.30
術前	0.70	1.44	1.08	1.22
ショルダー部再形成直後	0.58	1.03	0.67	1.17
クラウン型仮封冠装着6日後	0.60	1.26	0.82	1.33
金属焼付ポーセレン冠装着4日後	0.82	1.63	1.01	1.39
装着1週後	0.67	1.56	1.17	1.45
装着2週後	0.81	1.53	1.30	1.42

図24 補綴施術に伴う歯肉滲出液量の推移 (被験例 1, 11, 標準的な支台歯形成: 再形成)

い状態となっていた。

歯肉滲出液量は再形成、印象採得直後に10ユニットから75ユニットと著しく増加したが、その後は急激に減少し、金属焼付ポーセレン冠の装着後には10ユニット前後となった(図24)。

③ 歯肉縁下を標準的な深さに支台歯形成したクラウン (11)

図25-A クラウン辺縁の適合状態 (被験例 1, 1)

図25-B オーバーハング付与後のクラウン辺縁の適合状態 (被験例 1, 1)

この被験歯は、第 1, 2 項と同一被験者の反対側同名歯である。支台歯の唇側ショルダーは標準的な深さに形成したが、測定の結果は歯肉縁下 $600\mu\text{m}$ の位置にあることを示した(図25-A)。なお、築造体合着時にショルダー部の修正は行わなかった。

歯肉の荷重変位量は補綴施術の各過程に伴ってやや減少する傾向を示した(図26)。適合良好な金属焼付ポーセレン冠の装着後、荷重変位量は一過性に増加し、3 日後には最大変位量で $405\mu\text{m}$ にまで達するが、その後はしだいに減少し、安定傾向を示した。

クリープ曲線の推移を 4 要素模型で解析した結

図26 補綴施術に伴う歯肉の最大変位量の推移 (被験例 1, 1)

表 7 補綴施術に伴う辺縁歯肉の粘弾性係数の変化 (被験例 1, 1, 標準的な支台歯形成)

補綴施術各過程	$E_1 \times 10^7$ dyn/cm ²	$E_2 \times 10^7$ dyn/cm ²	$\eta_1 \times 10^9$ poise	$\eta_2 \times 10^9$ poise
術前	0.52	1.02	0.56	0.86
ポスト型仮冠装着3日後	0.55	1.20	0.66	1.10
築造体合着・支台歯形成印象直後	0.56	1.10	0.77	0.97
クラウン型仮冠装着1週後	0.67	1.32	0.73	0.97
金属焼付ポーセレン冠装着直後	0.49	1.12	0.73	1.12
装着3日後	0.45	1.07	0.69	1.12
装着1週後	0.64	1.60	1.20	1.08
装着13日後	0.51	1.40	0.98	1.24
装着64日後	0.62	1.49	0.97	1.06

果が表 7 である。 E_1 , E_2 , η_1 , η_2 の各係数とも術前、術中とあまり変化を示さず、適合良好な金属焼付ポーセレン冠の装着 3 日後にわずかに減少したが、その後はしだいに増加し、安定した傾向を示した。

歯肉の脈動は補綴施術中、金属焼付ポーセレン冠装着後とともに明らかな変化は示さなかった(表8)。

歯肉滲出液量は補綴施術中にやや増加するが、いずれも10ユニット以下であった。また、金属焼付ポーセレン冠の装着後は、直後に8ユニットを示した以外は1～2ユニットと極めて少ない値を示した(図27)。

表8 圧解放後の脈動波高とその推移
(被験例1, 1)

測定項目	圧解放後		
	50	100	150 (sec)
術前	1.3	1.0	0.9
ポスト型仮封冠 装着3日後	2.0	1.5	1.1
金属焼付ポーセレン冠 装着直後	1.9	1.3	1.1
装着4日後	1.8	1.1	—
オーバーハング 付与3日後	2.5	1.3	1.0
付与1週後	2.8	2.4	2.4
付与2週後	1.8	1.1	1.0
付与3週後	1.5	1.0	—
付与4週後	1.3	1.0	0.9
オーバーハング 除去1週後	1.5	0.8	0.6
除去2週後	1.9	1.3	1.1
除去4週後	1.3	0.8	0.8
除去2ヵ月後	1.3	0.6	0.6

(μm)

図27 補綴施術に伴う歯肉滲出液量の推移 (被験例1, 1)

(2) 被験例2

術前、支台歯形成直後および金属焼付ポーセレン冠装着2週後の口腔内写真が図28～30である。なお、補綴部位の1辺縁歯肉には、術前より軽度の炎症がみられた。

図28 術前の口腔内 (被験例2)

図29 支台歯形成直後 (被験例2)

図30 金属焼付ポーセレン冠装着2週後の口腔内 (被験例2)

支台歯の唇側ショルダー部は術前のポケット探針による測定結果から、ほぼ歯肉溝底部に相当する歯肉縁下約 1,000 μ m の位置となった(図31-A)。この支台歯形成時には内縁上皮からの出血がわずかに認められた。

歯肉の荷重変位量は補綴施術の各過程を経るごとに増加を示し、最大変位量は術前の370から547

μ m にも増加した(図32)。適合良好な金属焼付ポーセレン冠の装着後、荷重変位量は減少傾向を示し、これを最大変位量でみると1日後で 472 μ m、1 週後は 520 μ m、2, 4 週後はそれぞれ 452, 434 μ m を示したが、370 μ m 前後であった術前までには回復しなかった。また、4 カ月後には荷重変位量が大きく増加したため、口腔清掃状態を確認す

図31-A クラウン辺縁の適合状態 (被験例 2)

図31-B オーバーハング付与後のクラウン辺縁の適合状態 (被験例 2)

図32 補綴施術に伴う歯肉の最大変位量の推移 (被験例 2)

図33 エリスロシンによるブラークの染め出し
(被験例2)

図34 ブラッシングの徹底に伴う歯肉の最大変位量の推移 (被験例2)

る目的でブラークの染め出しを行ったところやや不良と認められた (図33) ので、厳しくブラッシングを主体とするブラークコントロールを指導、実施させた。その結果、歯肉は肉眼的にも著明に改善され、荷重変位量もこれに伴って変化し、口腔清掃不良時に $632\mu\text{m}$ あった最大変位量が 9 日後には $520\mu\text{m}$ 、2 週間後には $410\mu\text{m}$ と明らかな減少を示した (図34)。このような現象は、口腔清掃の不良、徹底によって再度繰り返された。

表9 補綴施術に伴う辺縁歯肉の粘弾性係数の変化
(被験例2)

補綴施術各過程	E_1 $\times 10^7$ dyn/cm ²	E_2 $\times 10^7$ dyn/cm ²	η_1 $\times 10^9$ poise	η_2 $\times 10^9$ poise
術前	0.75	2.03	0.91	1.25
術前	0.78	1.74	0.96	1.15
支台築造のための形成・印象	0.66	1.30	1.04	1.08
ポスト型仮封冠装着3日後	0.60	1.41	1.06	1.16
築造体合着・支台歯形成印象直後	0.56	1.45	1.16	0.85
クラウン型仮封冠装着2週間後	0.53	1.27	1.08	1.01
金属焼付ポーセレン冠装着直後	0.46	1.43	0.72	0.95
装着1日後	0.56	1.54	0.85	1.05
装着1週間後	0.58	1.16	0.81	0.79
装着2週間後	0.65	1.32	0.66	1.03
装着4週間後	0.64	1.59	0.79	1.05
装着6週間後	0.72	1.20	0.62	0.85
装着3.5ヵ月後	0.54	0.99	0.54	0.90

クリープ曲線の推移を4要素模型で解析した結果が表9である。補綴施術の各過程において4要素模型の各係数は荷重変位量が増加するのとは逆に、減少する傾向を示した。ことに、 E_1 は術前の $0.78 (\times 10^7 \text{dyn/cm}^2)$ からクラウン型仮封冠装着2週間後の $0.53 (\times 10^7 \text{dyn/cm}^2)$ まで常に減少傾向を示した。適合良好な金属焼付ポーセレン冠の装着後は、弾性係数 E_1 は徐々に増加する傾向を示した。また、ブラッシングの効果は η_2 がやや異なる変動を示した以外は、 E_1 、 E_2 、 η_1 のいずれもが増加するという傾向として現れていた (表10)。

歯肉の脈動は支台歯形成、印象採得直後にとくに大きな波高とその持続を示した。すなわち、圧解放後50、100、150秒の各時点における脈動波高をみると、術前のそれが 2.0 、 1.5 、 $1.4\mu\text{m}$ と減衰したのに対し、支台歯形成、印象採得直後には

6.5, 3.8, 3.8 μm となった。この傾向は補綴
術中から金属焼付ポーセレン冠装着後まで継続し
た。しかし、ブラッシングを主体とする口腔清掃
の徹底9日後には2.0, 1.5, 0.8 μm と、著明な
波高の減衰が観察された(表11)。

歯肉滲出液は、補綴の施術とともに増加した
が、とくに仮封冠装着後には28, 38ユニットとい
う高い値を示した(図35)。金属焼付ポーセレン冠
の装着後も滲出液量は多かったが、ブラッシング
の徹底により減少する傾向を示した(図36)。

表10 ブラッシングの徹底に伴う辺縁歯肉の粘弾性
係数の変化 (被験例2)

ブラッシング	E_1 $\times 10^7$ dyn/cm ²	E_2 $\times 10^7$ dyn/cm ²	η_1 $\times 10^9$ poise	η_2 $\times 10^9$ poise
不良時	0.38	1.03	0.56	1.56
徹底9日後	0.51	1.35	0.65	0.98
徹底2週後	0.62	1.59	1.35	1.69
徹底17日後	0.56	1.86	1.21	1.40
不良時	0.47	0.94	0.56	1.03
徹底2日後	0.54	1.45	0.80	1.11
徹底1週後	0.64	1.71	1.11	1.14

表11 圧解放後の脈動波高とその推移 (被験例2)

測定項目	圧解放後		
	50	100	150(sec)
術前	2.0	1.5	1.4
支台築造のための 形成・印象	3.9	3.1	3.1
築造体合着・支台歯形成 印象直後	6.5	3.8	3.8
クラウン型仮封冠 装着2週後	3.3	2.8	2.6
金属焼付ポーセレン冠 装着2週後	4.0	3.0	2.8
装着4週後	4.5	3.8	3.3
装着6週後	3.3	2.4	1.8
ブラッシング 不良時	4.0	3.8	3.6
徹底9日後	2.0	1.5	0.8
徹底2週後	1.8	1.3	1.0
徹底17日後	2.4	1.6	1.5
オーバーハング 付与2週後	5.5	3.6	3.4
付与15日後	4.3	3.0	3.0
付与3週後	3.1	2.4	2.1
除去1日後	2.1	1.5	1.5
除去1週後	1.8	1.4	1.1
除去2週後	3.0	2.5	2.4(μm)

図35 補綴施術に伴う歯肉滲出液量の推移 (被験例2)

(3) 被験例 3

術前、支台歯形成直後および金属焼付ポーセレン冠装着29日後の口腔内写真が図37～39である。口腔清掃状態はほぼ良好で、肉眼的には術前の歯肉に炎症は認められなかった。

図36 ブラッシングの徹底に伴う歯肉滲出液量の推移 (被験例 2)

図37 術前の口腔内 (被験例 3)

図38 支台歯形成直後 (被験例 3)

支台歯形成した唇側ショルダー部は比較的浅く、歯肉縁下 370 μ m に位置していた(図40-A)。

図39 金属焼付ポーセレン冠装着29日後の口腔内 (被験例 3)

図40-A クラウン辺縁の適合状態 (被験例 3)

図40-B オーバーハング付与後のクラウン辺縁の適合状態 (被験例 3)

なお、支台歯形成時には近心隣接面部にわずかな出血が認められた。

歯肉の荷重変位量は補綴施術中に増加を示し、ことに支台築造のための形成後のポスト型仮封冠の装着1週間後には、最大変位量で術前の392 μm に対して555 μm という大きな値を示した(図41)。適合良好な金属焼付ポーセレン冠の装着後、歯肉の荷重変位量は安定状態を示していたが、装着27日後に最大変位量で562 μm という一過性の大きな増加があった。

クリープ曲線の推移を4要素模型で解析した結果が表12である。補綴施術中に荷重変位量は増加を示し、仮封冠装着1週間後には最高値を示したが、このとき4要素模型の各係数は E_1 が0.51から0.37($\times 10^7 \text{dyn/cm}^2$)、 E_2 が1.98から0.86($\times 10^7 \text{dyn/cm}^2$)、 η_1 が0.89から0.78($\times 10^9 \text{poise}$)と術前に比べて減少したが、 η_2 のみは逆に0.76から0.86($\times 10^9 \text{poise}$)とわずかに増加した。また、金属焼付ポーセレン冠の装着27日後には一過性の減少を示した。

図41 補綴施術に伴う歯肉の最大変位量の推移 (被験例3)

歯肉の脈動は、補綴の施術中を通して術前より常に大きな波高を示した。すなわち、圧解放後50, 100, 150秒の各時点における脈動波高をみると、術前が1.0, 0.6, 0.6 μm であったのに対し、支台歯形成、印象採得直後には2.9, 2.0, 1.8 μm を示した。適合良好な金属焼付ポーセレン冠の装着後、脈動の波高は装着2日後で1.9, 1.8, 1.3 μm とやや小さくなる傾向を示した(表13)。

歯肉滲出液は術前と比較して、補綴施術中に著しく増加したが、なかでもクラウン型仮封冠装着5日後の増量、51ユニットは突出していた(図42)。金属焼付ポーセレン冠装着後も滲出液量にはかなりの増減がみられた。

2) オーバーハングを付与したクラウンと辺縁歯肉

ここでの被験例はいずれも前項と同一の被験例である。

(1) 被験例1 (11)

① 歯肉縁下に比較的浅い支台歯形成をしたと

表12 補綴施術に伴う辺縁歯肉の粘弾性係数の変化 (被験例3)

補綴施術各過程	$E_1 \times 10^7 \text{dyn/cm}^2$	$E_2 \times 10^7 \text{dyn/cm}^2$	$\eta_1 \times 10^9 \text{poise}$	$\eta_2 \times 10^9 \text{poise}$
術前	0.56	2.02	1.01	1.04
術前	0.51	1.98	0.89	0.76
支台築造のための形成・印象	0.39	1.34	1.08	0.76
ポスト型仮封冠装着1週間後	0.37	0.86	0.78	0.86
支台体歯形成・印象採得のための仮封冠装着1週間後	0.49	0.87	0.79	0.89
クラウン型仮封冠装着5日後	0.51	1.19	0.77	1.20
金属焼付ポーセレン冠装着直後	0.46	1.36	0.95	1.25
装着2日後	0.47	1.51	1.05	1.49
装着24日後	0.45	1.36	0.75	0.91
装着27日後	0.36	0.86	0.56	0.98
装着29日後	0.44	1.01	0.55	1.06

表13 圧解放後の脈動波高とその推移（被験例3）

測 定 項 目	圧解放後		
	50	100	150 (sec)
術 前	1.5	1.1	1.1
術 前	1.0	0.6	0.6
支台築造のための 形成・印象	2.3	1.8	1.8
ポスト型仮封冠 装着1週後	3.0	1.8	1.4
築造体合着・支台歯形成 印象直後	2.9	2.0	1.8
クラウン型仮封冠 装着5日後	2.1	1.8	1.5
金属焼付ポーセレン冠 装着直後	2.4	1.5	1.5
装着2日後	1.9	1.8	1.3
装着29日後	2.0	1.0	0.9
オーバーハング 付与直前	2.0	1.5	1.5
付与1週後	2.3	1.1	1.1
付与2週後	1.6	0.9	0.6
付与16日後	3.4	2.1	1.5
付与3週後	1.6	1.1	0.9
付与4週後	1.3	0.8	0.6
除去1日後	1.3	1.0	—
除去1ヵ月後	1.6	1.0	1.0 (μm)

図42 補綴施術に伴う歯肉滲出液量の推移（被験例3）

きのオーバーハングのあるクラウン

マージンチェッカーによる測定結果は、400μmのオーバーハングが金属焼付ポーセレン冠の歯肉縁下220μmのところにあることを示した。

歯肉の荷重変位量、脈動をオーバーハングのあるクラウンの装着5ヵ月後まで測定したが、変化はほとんど認められなかった(図43, 表5)。

また、4要素模型による解析においても、係数の変化はとくにみられなかった(表14)。

歯肉滲出液は、オーバーハングを付与したクラウン装着後10日までは0～2ユニットと非常に少ない値を示していたが、2ヵ月後からは漸次増加傾向を示し、5ヵ月後には16ユニットを示した(図44)。

② 歯肉縁下を標準的な深さまで再形成したときのオーバーハングのあるクラウン
マージンチェッカーによる測定結果は、400μm

図43 オーバーハングの付与に伴う歯肉の最大変位量の変化（被験例1，Ⅰ，比較的浅い支台歯形成）

表14 オーバーハングを付与したクラウンの装着に伴う辺縁歯肉の粘弾性係数の変化（被験例1，Ⅰ，比較的浅い支台歯形成）

オーバーハング	E_1 $\times 10^7$ dyn/cm ²	E_2 $\times 10^7$ dyn/cm ²	η_1 $\times 10^9$ poise	η_2 $\times 10^9$ poise
付 与 前	0.96	1.67	1.25	1.36
付 与 前	0.81	1.63	1.06	1.53
付与直後	0.98	1.44	1.29	1.53
付与1日後	1.14	1.31	0.98	1.42
付与4日後	0.79	1.74	1.31	1.22
付与10日後	0.81	1.63	1.30	1.91

のオーバーハングが金属焼付ポーセレン冠の歯肉縁下 $400\mu\text{m}$ のところにあることを示した。

歯肉の荷重変位量はオーバーハングのあるクラウンの装着後徐々に増加し、2週後には最大変位量で $350\mu\text{m}$ という最高値を示したが、以後は減少傾向を示し、4週後には $300\mu\text{m}$ とほぼ装着前の水準まで戻った(図45)。

クリープ曲線の推移を4要素模型で解析した結果が表15である。荷重変位量はオーバーハングのあるクラウン装着後2週まで増加したが、4要素模型の各係数はいずれも減少する傾向を示した。しかし、装着4週後では各係数とも増加を示した。この間、 E_1 でみられた変化は $0.61\sim 0.76(\times$

$10^7\text{dyn/cm}^2)$ と小さく、他の係数とはやや異なる経過をとった。

歯肉の脈動はこの間ほとんど変化を示さなかった(表5)。

歯肉滲出液はオーバーハングのあるクラウンの装着1日後に若干増加したが、以後は比較的変動の小さい増減をくり返した(図46)。

3) 歯肉縁下を標準的な深さに支台歯形成したときのオーバーハングのあるクラウン

マージンチェッカーによる測定結果は $350\mu\text{m}$ のオーバーハングが、金属焼付ポーセレン冠の歯肉縁下 $600\mu\text{m}$ のところにあることを示した(図25-B)。

歯肉の荷重変位量は、オーバーハングのあるクラウンの装着後5週の間に増加、減少、増加とい

表15 オーバーハングを付与したクラウンの装着に伴う辺縁歯肉の粘弾性係数の変化(被験例1, 1, 標準的な支台歯形成: 再形成)

オーバーハング	E_1 $\times 10^7$ dyn/cm^2	E_2 $\times 10^7$ dyn/cm^2	η_1 $\times 10^9$ poise	η_2 $\times 10^9$ poise
付与前	0.76	1.44	0.98	1.35
付与1日後	0.63	1.77	1.33	1.61
付与1週後	0.64	1.53	0.84	1.11
付与2週後	0.61	1.22	0.55	1.22
付与3週後	0.72	1.16	0.81	0.85
付与4週後	0.71	1.56	0.97	1.22

図44 オーバーハングの付与に伴う歯肉滲出液量の変化(被験例1, 1, 比較的浅い支台歯形成)

図45 オーバーハングの付与に伴う歯肉の最大変位量の変化(被験例1, 1, 標準的な支台歯形成: 再形成)

図46 オーバーハングの付与に伴う歯肉滲出液量の変化(被験例1, 1, 標準的な支台歯形成: 再形成)

図47 オーバーハングの付与に伴う歯肉の最大変位量の変化 (被験例1, Ⅱ)

う変動を示した(図47)。すなわち、装着前に $375\mu\text{m}$ であった最大変位量は装着後3日で $465\mu\text{m}$ まで増加し、これを最大値として以後減少傾向を示し、3週後には装着前より少ない $275\mu\text{m}$ まで減少したが再び増加して、5週後には術前に近い値となった。その後、オーバーハングを除去して良好な形態に戻すと、2カ月後まで歯肉の荷重変位量は術前の状態を中心とするわずかな変動にとどまっていた。

クリープ曲線の推移を4要素模型で解析した結果が表16である。荷重変位量は3日後および3週後をそれぞれ最高、最低値とする増加、減少を示したが、この時弾性係数 (E_1 , E_2) はこれとほぼ逆の減少、増加を示した。すなわち、オーバーハングのあるクラウンの装着3日後に E_1 は $0.40(\times 10^7 \text{dyn/cm}^2)$, E_2 は $1.02(\times 10^7 \text{dyn/cm}^2)$ と最小値を、また3週後に E_1 は $0.75(\times 10^7 \text{dyn/cm}^2)$, E_2 は $1.72(\times 10^7 \text{dyn/cm}^2)$ といずれも最大値を示した。粘性係数 η_1 , η_2 にも変動がみられたが、明らかな傾向は認められなかった。オーバーハングの除去後は各係数値とも安定傾向を示した。

歯肉の脈動はオーバーハングのあるクラウンの装着1週後で最も強い反応を示した。すなわち、圧解放後50, 100, 150秒の各時点における脈動波

表16 オーバーハングを付与したクラウンの装着に伴う辺縁歯肉の粘弾性係数の変化 (被験例1, Ⅱ, 標準的な支台歯形成)

オーバーハング	E_1 $\times 10^7$ dyn/cm ²	E_2 $\times 10^7$ dyn/cm ²	η_1 $\times 10^9$ poise	η_2 $\times 10^9$ poise
付 与 前	0.59	1.03	0.62	0.74
付与直後	0.47	1.18	0.77	0.75
付与3日後	0.40	1.02	0.51	0.77
付与1週後	0.47	1.06	0.79	1.22
付与2週後	0.53	1.32	0.66	0.90
付与3週後	0.75	1.72	0.86	0.93
付与4週後	0.54	1.44	1.08	0.86
付与5週後	0.52	1.12	0.67	0.90
除去1日後	0.46	1.18	0.71	0.75
除去1週後	0.53	1.12	0.67	0.86
除去2カ月後	0.48	0.93	0.51	0.90

高をみると、2.8, 2.4, $2.4\mu\text{m}$ と高い波高の持続を示した。しかし、以後は平常状態に復し4週後には1.3, 1.0, $0.9\mu\text{m}$ となった(表8)。

歯肉滲出液はオーバーハングのあるクラウンの装着によって著明な増加を示し、装着後の1カ月間に行った7回の測定のうち6回は10ユニット以上であり、4週後には最大値26ユニットを示した(図48)。オーバーハングを除去して良好な形態に

図48 オーバーハングの付与に伴う歯肉滲出液量の変化 (被験例1, 11)

すると滲出液は減少し、1週後には4ユニットとなった。

(2) 被験例2

マージンチェッカーによる測定結果は $350\mu\text{m}$ のオーバーハングが、金属焼付ポーセレン冠の歯肉縁下 $1,000\mu\text{m}$ のところにあることを示した(図31-B)。

歯肉の荷重変位量はオーバーハングのあるクラウン装着後に増加を示し、2週後には最大変位量が $550\mu\text{m}$ にも達したが、これは一過性の現象で3週後には術前の状態に回復した(図49)。ついで、オーバーハングを除去し、良好な形態にするとその直後を除いて荷重変位量はやや減少した。

クリープ曲線の推移を4要素模型で解析した結果が表17である。4要素模型の各係数はオーバーハングのあるクラウンの装着1～2週後に最小値を示し、その後増加する傾向を示した。オーバーハング除去後はとくに大きな変化はみられなかった。

歯肉の脈動はオーバーハングのあるクラウン装着2週後において最も著明な変化、すなわち高い波高とその持続を示した。このとき、圧解放後50, 100, 150秒の各時点における脈動の波高は5.5, 3.6, $3.4\mu\text{m}$ であった(表11)。オーバーハングを除去し、良好な形態にすると1週後には1.8, 1.4, $1.1\mu\text{m}$ と術前に近い状態まで回復し

図49 オーバーハングの付与に伴う歯肉の最大変位量の変化 (被験例2)

表17 オーバーハングを付与したクラウンの装着に伴う辺縁歯肉の粘弾性係数の変化 (被験例2)

オーバーハング	E_1 $\times 10^7$ dyn/cm^2	E_2 $\times 10^7$ dyn/cm^2	η_1 $\times 10^9$ poise	η_2 $\times 10^9$ poise
付与前	0.56	1.86	1.27	1.14
付与2日後	0.59	1.71	0.77	0.88
付与1週後	0.59	1.14	0.74	1.11
付与2週後	0.48	1.17	0.76	1.08
付与3週後	0.60	1.50	0.83	1.16
除去1日後	0.65	1.41	0.92	1.16
除去1週後	0.62	1.67	1.09	1.53
除去3週後	0.59	1.86	0.75	1.29

たが、2週後には再び3.0, 2.5, $2.4\mu\text{m}$ と増加を示した。

歯肉滲出液はオーバーハングのあるクラウンの装着後徐々に増加し、1週後には最大値30ユニットを示したが、以後はわずかに減少傾向を示した(図50)。また、オーバーハングを除去しても、滲出液量に大きな変化はみられなかった。

(3) 被験例3

マージンチェッカーの測定結果は $250\mu\text{m}$ のオ

図50 オーバーハングの付与に伴う歯肉滲出液量の変化 (被験例2)

オーバーハングが、金属焼付ポーセレン冠の歯肉縁下370 μm のところにあることを示した(図40-B)。

歯肉の荷重変位量はオーバーハングのあるクラウン装着後16日まで増加し、最大変位量は672 μm に達した。3週後以降は減少傾向を示したが、4週後でも最大変位量は510 μm とオーバーハング付与前より40 μm 大きな値を示していた。オーバーハングを除去し良好な形態のクラウンにすると、最大変位量はほぼ術前のレベルに戻った(図51)。

クリープ曲線の推移を4要素模型で解析した結果が表18である。4要素模型の各係数は、荷重変位量が最高値を示した装着16日後にいずれも最小値を示し、以後徐々に増加する傾向を示した。

歯肉の脈動は、オーバーハングのあるクラウンの装着16日後にのみ高い波高とその持続がみられた。すなわち、圧解放後50, 100, 150秒の各時点における脈動波高は3.4, 2.1, 1.5 μm であった。しかし、それ以外の時点において明らかな変化はみられなかった(表13)。

オーバーハングのあるクラウンの装着以前より歯肉滲出液は比較的多かったが、装着後においてもこの傾向は続いていた。また、オーバーハング

図51 オーバーハングの付与に伴う歯肉の最大変位量の変化 (被験例3)

表18 オーバーハングを付与したクラウンの装着に伴う辺縁歯肉の粘弾性係数の変化 (被験例3)

オーバーハング	$E_1 \times 10^7$ dyn/cm ²	$E_2 \times 10^7$ dyn/cm ²	$\eta_1 \times 10^9$ poise	$\eta_2 \times 10^9$ poise
付与前	0.44	1.01	0.55	1.06
付与1日後	0.45	1.39	0.97	0.87
付与1週後	0.41	0.96	0.43	1.13
付与2週後	0.32	1.00	0.65	1.13
付与16日後	0.32	0.86	0.35	0.47
付与3週後	0.39	0.98	0.54	1.17
付与4週後	0.40	1.04	0.73	0.78
除去1日後	0.41	1.21	0.85	1.10
除去1ヵ月後	0.45	0.98	0.74	0.89

を除去した後に歯肉滲出液量はやや減少し、10ユニット程度となった(図52)。

なお、3被験例とも術前の歯肉溝は1mm前後と浅く、術後の測定においてもその深さに変化はみられなかった。また、歯肉の退縮により、ショルダー部の歯肉縁下における深さが浅くなるという現象もみられなかった。

図52 オーバーハングの付与に伴う歯肉滲出液量の変化(被験例3)

IV. 考 察

歯冠補綴の目的が機能および形態の回復にあることはいうまでもないが、回復された機能が長期間にわたって維持されることもまた重要なことであり、そのために歯周組織の健康は不可欠の要因のひとつとなっている。したがって、装着される歯冠補綴物ならびに装着に至るまでの補綴施術が歯周組織に及ぼす影響、為害作用は最小限にとどめなければならない。

歯冠補綴物の歯周組織、ことに辺縁歯肉に及ぼす影響を考える場合、まずクラウンの歯頸部辺縁の位置およびその適合状態が問題となる。歯冠補綴物を装着する際には、隣接歯および対合歯との接触関係についてはある程度の調整が可能であり、実際にもこれが行われているが、辺縁部の適合に関してはその調整がほとんど不可能である。このような観点から間接法の主眼はクラウン歯頸部辺縁での適合性に置かれ、その実験結果は現在ほぼ満足しうる状況にあることを示している¹⁴⁻¹⁶⁾。しかしながら臨床から報告される適合状態は必ずしも良好なものばかりでなく、不適合といわれる程度のものでかなり広範な結果がみられる^{8,17,18)}。このようなことから歯冠補綴物が歯周疾患の直接的な原因、ないしは誘因として指摘されることも多く、歯冠補綴物の辺縁は歯肉縁上

に設定すべきであるとの主張も出てくる。また、その適合のいかんを問わず、補綴施術が歯肉を損なう、あるいは装着後の歯冠補綴物が歯肉縁下にあること自体が刺激になるということから、歯冠補綴物の辺縁は歯肉縁下に設定すべきではないとする意見もある^{1,3,6)}。

しかし、歯冠補綴学の臨床においては現に存在するウ蝕の位置、範囲、二次ウ蝕に対する予防、作製する歯冠補綴物の保持力あるいは外観などの問題から、歯肉縁下にその辺縁を設定しなければならない症例がその多くを占めている。そこで、歯冠補綴物の辺縁を歯肉縁下のどういう位置へ、どういう形の適合状態で入れれば歯肉への為害性を少なくできるかが重要な研究課題となってくる。

Gilmore ら¹⁹⁾は、X線写真によって臼歯隣接面の充填物によるオーバーハングを診査し、あわせて同部位の歯肉、歯周組織の状態を診断した結果、無処置の反対側同名歯部に比べて有意に高度の歯周疾患との関連がみられ、歯槽骨頂の位置においても平均0.22mmの差があったと報告している。また、村上ら⁸⁾は剖検例において歯冠補綴物の適合性、ならびに歯肉の状態についての病理組織学的検索を行い、補綴群の歯肉には対照群と比較してより高度の炎症性変化がみられたと報告している。

これらの報告はいずれも歯冠補綴物辺縁の著しい不適合、オーバーハングによる歯周疾患を観察したものであるが、通法となっている間接法で歯冠補綴物を作製するとき極端な不適合が生じることはあり得ない。本研究では現在の間接法でもなおかつ起こりうる程度の不適合を対象とするので、これによって生じる歯肉の反応もまた軽微であろうと考えられる。また、歯冠補綴物は被験者に装着することから、辺縁歯肉に侵襲を加えることなく、早期にその反応をとらえなければならない。したがって、視診、触診、X線写真、歯肉炎指数等による従来の診査法のみでは不十分となり、歯肉の変化を早期かつ無侵襲にとらえることができ、しかも客観性をもった炎症の診断法が必

要となってくる。そこで、歯肉の健康状態に関しては肉眼的観察に加えて一定荷重下における歯肉変位量の時間的推移(クリープ)、歯肉の脈動および歯肉滲出液量の測定を行い、総合的に診断することを試みた。

一方、歯冠補綴物の辺縁適合状態は、上下的には歯肉縁下の支台歯形成の深さとセメントライン量(間隙量)で、また水平的にはいわゆるオーバーハング量で表現できる。そこで、水平および垂直方向に現在の間接法でもありうる種々の形態を与えて、さまざまな適合状態にあるクラウンを作製し、これらを実際に口腔内に装着して、その支台歯に対する辺縁適合状態をマージンチェッカータイプⅡを用いて定量的に描記、測定して、これを既知のものとした。その上で前述の総合的な歯肉の炎症に関する診断法を用いて、歯冠補綴物の歯頸部辺縁と辺縁歯肉、歯冠補綴の各施術と辺縁歯肉との関係を明らかにすべく検討を加えることとした。

1. 研究方法

1) 歯肉の炎症の診断

辺縁歯肉の炎症は在来の臨床的診断法に以下の3項目を加えて客観的かつ早期に、しかも非侵襲的に診断した。

(1) 歯肉の荷重変位量の診断的意義

慢性および急性炎症は、正常時の弾力性のある歯肉の硬さを変化させるといわれている。Glickman²⁰⁾は、歯肉の硬さの臨床的变化と病理組織学的変化とを対比させて以下のように記述している。すなわち、歯肉を軽く圧迫しただけでくぼむような軟かい腫脹が存在するとき、上皮ならびに上皮下組織には漿液と炎症性細胞の浸潤がみられる。したがって、歯肉の硬さの変化をとらえれば、逆に歯肉の炎症状態を知ることができることになる。

内科、皮膚科の領域では浮腫の診断に際して皮膚の圧迫による診査を常に行う。吉利ら²¹⁾は、荷重変位測定法によって皮膚の浮腫性変化に関する研究を行い、その結果を4要素模型で解析して各係数の持つ意味に説明を加えている。 E_1 は皮膚

の弾性要素で、その動きやすさから大部分は血管内の血液の反映であり、浮腫の際にはとくに変化がみられない。 η_2 は毛細血管の透過性を反映したものであり、加圧後は徐々に増加して圧解放後も残留変位として残る部分である。そして Voigt 要素の E_2 、 η_1 は皮膚の形態保持作用を担っており、 η_1 はとくに組織間隙における水分子の動きやすさを示すとしている。

Klettら²²⁾は炎症歯肉のクリープを4要素模型で解析し、各係数について以下のように述べている。 E_1 は結合組織の状態の反映であり、炎症時には線維の吸収と構造の弛緩が起こるためにこの係数は減少して、瞬間弾性による1次変位の直線部分の増加となって現れる。 η_2 は組織間隙における液体成分の反映で、炎症時にこの係数も減少するが、これは2次変位部分の傾斜の勾配が急になることで現れてくる。また、Voigt 部分(E_2 , η_1)は粘性を示す細胞質と弾性を示す細胞膜が緊密に結合して弾性余効となって現れる。

このように4要素模型の各係数に対する意味づけは現在必ずしも一致していないが、炎症性浮腫時に荷重変位量は増加して、これを4要素模型で解析すると弾性、粘性の各係数は減少すると考えてもよいようである。

4要素模型による解析は歯肉厚径が一定であることが前提となっているが、各被験者について歯肉厚径を実測することはできなかった。しかし、腫脹性変化によって歯肉の厚径が増せば、厚みの増加に比例して変位量も増加し²³⁾、また炎症の消退に伴ってその変位量が1/2にも減少しても、歯肉の形態に変化は認められなかったことから、歯肉厚径の影響は多少あるとしても、荷重変位量の変化の大部分は粘弾性の変化によるものと考えて大過なからう。

なお、 η_2 は4要素模型上では圧解放後も永久歪として残る部分であるが、長時間経過後には消失する部分である。しかし、測定時間内では永久歪として扱いうる挙動を示したので、ここでとくに問題とする必要はなからう。

以上のことから、歯肉の荷重変位量を測定し

て、その粘弾性係数の変化を調べることは、歯肉の炎症状態を客観的に知る上に極めて有用な診断方法ということになる。

(2) 歯肉の脈動の診断的意義

炎症反応は、細動脈-メタ細動脈-中心毛細血管と、それらの間を介する真性毛細血管から成る、いわゆる“微小循環系”と呼ばれる部分を中心として起こってくる²⁴⁾。また、炎症の発生と進行に局所の微小循環動態の異常が強く関与していることは、発赤、熱感、腫脹、疼痛という炎症の4主徴からも明らかである。したがって、この微小循環系の変化を直接記録すれば、炎症反応を早期にしかも動的にとらえることが可能となる。このような観点から炎症診断の一方法として歯肉の脈動の測定を行った。

歯肉の脈動記録から得られる情報は波高および波形であるが、局所の血液循環状況をより反映しているという意味で、とくに波高に注目して解析を行った。一般に、脈動の波高は外圧と血管内圧に応じて変化するもので、両者が等しい時最大になる²⁵⁾。したがって、歯肉の脈動もある外圧を加えることにより最も効率良く測定できることになるが、ここでは歯肉のクリープと同時測定という記録方法をとっているため、圧解放後の脈動波高に注目することにした。

歯肉の脈動の波高は圧解放直後に、加圧前に比べて著しく大きくなる。脈動波高は加圧中には測定子直下の組織の一時的な駆血状態のために著しく低下するが、圧解放と同時に血流が一気に回復するため、反応性充血様の現象が起こって急速に高まるものと考えられる。

このように、歯肉の脈動は測定圧によっても影響を受けるが、波高を決める大きな因子のひとつには、局所の血液循環量もあろう。Mierauら²⁶⁾は、種々の温度の水で健康歯肉の歯間乳頭部を灌流したときの容積脈波の波高を定量的に検討して、水温の上昇、下降に伴って波高も増減を示したことから、脈動の波高は末梢の循環状況を直接に示す指標であると述べている。Hofmann²⁷⁾は歯牙、歯周組織のプレチスモグラフを記録して、辺縁歯

肉の脈動波高が炎症時に大きくなることを観察し、これは局所の血液循環量が増加したためと報告している。また、Glickman²⁰⁾は歯肉炎の初期徴候として歯肉滲出液量の増加と、軽くポケット探針で診査した際にみられる歯肉溝からの出血の2つをあげている。この出血は、毛細血管の拡張と充血がその背景にあり、このような血管が炎症性上皮下組織とともに上皮を内側から圧迫することに伴って、上皮が薄くなり変性して生じるものである。また発赤も同様に、血管新生と上皮がうすくなることで生じると記している。これらのことから、炎症状態にある歯肉の脈動波高はその初期においても正常時に比べて大きくなると考えられる。

血管壁の粘弾性も波高に影響を及ぼす。血管の微小構造は炎症の進行に伴って変化を示し、その結果として血管壁の粘弾性にも変化が現れる。また、炎症によって血管の透過性が亢進し、種々の成分が血管外へ滲出して、膠原線維の吸収なども起こるので、血管周囲組織の粘弾性にも変化がみられる。本歯肉脈動測定法では、血管内の血液の搏動性の容積変化を歯肉表面の動きとしてとらえているので、ここでの歯肉の脈動には血管壁、および血管周囲組織の粘弾性の変化をも含むものと考えられる。

したがって、辺縁歯肉の脈動を測定し、その波高を解析すれば、歯肉の炎症反応を早期にしかも動的に把握できることになる。

(3) 歯肉滲出液量の診断的意義

歯肉滲出液は Brillら¹²⁾により発表されて以来、その量、組成について多くの研究が行われてきた。

とくに、歯肉炎との関係が注目されていて、炎症が存在すると歯肉滲出液量が増加することが知られている。歯肉滲出液量は歯肉の組織学的な炎症の程度とは必ずしも一致しないとの報告²⁸⁾もあるが、多くの研究者は歯肉の炎症と滲出液量の増加との間には密接な関係があると主張している。すなわち、臨床所見（歯肉炎指数、G・I）と歯肉滲出液量の間には高度の相関があるとする報

告²⁹⁻³¹⁾、そしてまた臨床的に炎症所見が明らかとなる以前にすでに滲出液は増加しているという報告³⁰⁾もあり、滲出液量の測定は炎症の早期診断を可能にするものと考えられる。

歯肉滲出液の採取にあたっては、ストリップを歯肉溝底に軽く抵抗が感じられるまで挿入したが、これは歯肉溝上皮の血管透過性を人為的に亢進させるので、溝上皮の被刺激性を診査している³²⁾のと同じ意味になる。したがって、挿入時の刺激さえ一定にできればこの方法は小さな炎症性変化をも明確に判定できる利点をもっていることになる。また、表面的な炎症が消退したときにも、歯肉溝底部を中心とする部分の炎症状態をこれによつて的確に表現できるのである。

以上に加えて、歯肉滲出液の採取にはくり返し同じ部位から無侵襲に情報が得られるという利点もあり、補綴物装着後の歯肉の状態を経時的に調べる本実験のような場合、とくにその診断的意義は大きいと考えられる。

2) 正常歯肉と炎症歯肉

歯肉に炎症を惹起するためブラッシングプロテクターを作製し、ブラッシング時に被験者に使用させたが、明らかな炎症を認めることはできなかった。これは、ブラッシングの停止期間が10日と短かったために、プラークが十分成熟できなかった³³⁾ことによるものと考えられる。しかしながら、ブラッシング停止以前より軽度の歯肉炎が存在した部分は、10日間のブラッシング停止によって増悪し、著明な炎症性変化を示した。そこで、この炎症歯肉と健康歯肉について前項に記した炎症診断法の適用を試みた。

(1) 歯肉の荷重変位量 (クリープ)

正常歯肉では歯肉の最大変位量は4回の測定で $362\sim 400\mu\text{m}$ と小さく、しかも $40\mu\text{m}$ 程度で再現性のある変位様相を示した(図12)。これに対して、炎症歯肉は著しく大きな荷重変位量を示し、最大変位量は $945\sim 1,200\mu\text{m}$ 以上にも達した。そしてこの最大変位量はブラッシング再開による炎症の消退とともに漸次減少する傾向を示した(図15)。これは炎症歯肉と健康歯肉との荷重変位量

を比較して最大変位量、圧解放後の戻りとも炎症歯肉の方が大きかったとする Mierau ら³⁴⁾の報告とも一致している。

このように炎症状態にある歯肉は、荷重時の最大変位量だけからも正常歯肉と明確に区別しうるが、クリープ挙動においても差異を示した。クリープ挙動を4要素模型にあてはめて解析した結果が表2であるが、炎症歯肉では特定の係数だけではなく4つの係数のいずれもが減少する傾向を示し、炎症時には歯肉の粘性、弾性の双方に変化が起こっていることがわかった。

(2) 歯肉の脈動

正常歯肉では脈動の波高は圧解放50秒後で $1.0\sim 1.3\mu\text{m}$ と小さく、しかも150秒では $0.5\sim 1.0\mu\text{m}$ と時間の経過に伴う波高の減衰がみられた(表1)。一方、歯肉炎時の脈動は圧解放50秒後で $6.8\mu\text{m}$ と波高が大きく、また150秒後でも $5.5\mu\text{m}$ と圧解放後の時間の経過に伴う波高の減衰は極めて緩徐であった(表3)。

このように歯肉の脈動は炎症時に波高、減衰経過とも正常時とは大きく異なる状態を示した。

(3) 歯肉滲出液量

正常歯肉で歯肉滲出液量は極めて少なく、ほとんどが5ユニット以下であった(図13)。これに対して、炎症歯肉で滲出液量は著明に増加し最大値26ユニットを示したが、ブラッシングによって炎症が消退するとともに漸次その値を減じて、ブラッシング再開6日後以降は5ユニット以下となった(図18)。この結果は肉眼的に観察した炎症反応の推移とも一致していた。

なお、正常歯肉で得られた結果からみて、ストリップ挿入時の刺激は毎回歯肉溝に対してほぼ一定であったと考えられる。

以上のように、歯肉の荷重変位量、歯肉の脈動、歯肉滲出液とも歯肉の炎症状態を的確に表したことから、いずれも歯肉の炎症判定の指標となりうると思われるが、3項目の結果のすべてを総合して検討すれば、さらに正確な炎症の診断が可能であろう。そしてこれら3項目に従来からの肉眼などによる観察を加えれば、本研究の目的で

ある歯冠補綴物による辺縁歯肉の炎症に関する診査を客観的に、早期に、しかも無侵襲に行うことができる。

3) 歯冠補綴物の辺縁適合状態

歯冠補綴物の辺縁適合状態としては、支台歯形成の歯肉縁下での深さと補綴物の辺縁部の形態、支台歯に対する適合状態が問題となる。そこで、これらの各因子に種々の変化を与えた金属焼付ポーセレン冠を作製し、口腔内に装着後、マージンチェッカータイプⅡを用いてその適合状態を定量的に測定した。

(1) 支台歯形成の深さ

支台歯形成の深さは歯肉縁下に入れる上下的な量により比較的浅い形成、標準的な形成および比較的深い形成の3段階とした。全被験例とも歯肉溝が1mm程度であったことから、標準的な支台歯形成の深さとしては歯肉縁下0.5mmを一応の基準とし^{35,36)}、意識的にこれより浅い支台歯形成および深い支台歯形成を行った。また、同一被験歯に浅い支台歯形成を行った後に深い形成を行って、形成の深浅が辺縁歯肉に及ぼす影響についても検討を加えた。そしてこの支台歯形成の深さはマージンチェッカーで定量的に測定できる。

(2) 歯冠補綴物の辺縁形態と適合状態

歯冠補綴物の辺縁適合状態は垂直方向はセメントラインないしは間隙量で、また水平方向はオーバーハング量として表現できる。水平方向の不適合であるオーバーハングが歯周組織に対して為害性を発揮することは、Gilmoreら¹⁹⁾、井上⁷⁾、松井⁹⁾らの研究により明らかであり、この量の大小はその形態とともに極めて重要な因子と考えられる。オーバーハング量に関しては現在の間接法を前提にして実際に臨床で起こりうる範囲内の量とし、その形態は外側に張り出した部分がほぼ90°の角度をなすようにポーセレンを追加焼成した(図53)。

マージンチェッカーは模型上でも使用できることから、模型上で作製する歯冠補綴物の形態を規定できる。したがって、意図した量、意図した形態に極めて近いオーバーハングをクラウンに、そ

図53 オーバーハングの付与方法（模式図）

して口腔内に実現することができる。

以上のように歯冠補綴物の辺縁適合状態を規定でき、しかもクラウンを口腔内へ装着した状態で定量的に測定できることから、前段での炎症の診断法ともあわせて、クラウンの適合状態が辺縁歯肉に対してもつ意味を明らかにすることができる。

2. 歯冠補綴の施術と辺縁歯肉

歯冠補綴を行うに当たっては支台歯形成、印象採得、仮封冠調整などと辺縁歯肉とかかわりの深い過程を経ねばならない。また、歯冠補綴物は装着後も常に辺縁歯肉と対面した形にある。したがって、歯冠補綴の各過程および装着後の経緯を辺縁歯肉での炎症という面から論じなければならぬことになる。

なお、表19～21は各過程での測定項目ごとの辺縁歯肉の反応を、(Ⅲ)～(一)までの5段階に分けて相対的に表示したものである。

1) 歯冠補綴施術各過程と辺縁歯肉

(1) 支台歯形成、印象採得

支台歯形成は、被験歯がいずれも根管治療後の無髄歯であったので、築造体のための形成と築造体装着後の修正の2回行った。支台歯形成時、唇側ショルダー部は歯肉縁下へ設定するため、内縁上皮へ多少とも損傷を与えることは不可避でありその侵襲の程度に応じた炎症反応が惹起される。

ショルダー部が浅く支台歯形成時に全く出血のみられなかった被験例1で、形成の影響は明らかではなく、荷重変位量は支台歯形成後にやや減少

表19 荷重変位量（クリープ）からみた，補綴施術各過程における辺縁歯肉の反応

測 定 項 目	被験例 1			2	3
	1	1	1	1	1
	再形成				
支台築造のための形成・印象	±			+	+
ポスト型仮封冠の装着	—	—		+	+
築造体合着・支台歯形成印象	—	+	—	+	+
クラウン型仮封冠の装着	+	+	±	+	—
金属焼付ポーセレン冠の装着	—	±	±	±	+
オーバーハングの付与	±	+	+	+	+

表20 脈動からみた，補綴施術各過程における辺縁歯肉の反応

測 定 項 目	被験例 1			2	3
	1	1	1	1	1
	再形成				
支台築造のための形成・印象	±			+	+
ポスト型仮封冠の装着	±	±			+
築造体合着・支台歯形成印象	±	+		+	+
クラウン型仮封冠の装着	—	+	±	+	+
金属焼付ポーセレン冠の装着	±	—	—	+	±
オーバーハングの付与	±	—	+	+	+

する傾向を示した(図21)。これは炎症反応とは逆の方向を示す結果であり，形成時のタービンの水流による冷却の影響が出たものと考えられる。一方，ショルダー部が歯肉縁下にやや深く及んだこともあって，支台歯形成時に多少の出血がみられた被験例2，3では荷重変位量，脈動のいずれにおいても著明な反応がみられた。しかし，歯肉滲出液量にはあまり変化はなかった。なお，各被験例とも築造体のための形成時の変化に比べて築造体合着，支台歯形成，印象採得直後にみられた変化の方が大きかった。これは，後者の方が歯肉へ与えた損傷が大きかったことに加え，印象用歯

表21 歯肉滲出液量からみた，補綴施術各過程における辺縁歯肉の反応

測 定 項 目	被験例 1			2	3
	1	1	1	1	1
	再形成				
支台築造のための形成・印象	—			—	—
ポスト型仮封冠の装着	±	±		+	+
築造体合着・支台歯形成印象	±	+	±	—	±
クラウン型仮封冠の装着	—	+	—	+	+
金属焼付ポーセレン冠の装着	—	—	—	+	±
オーバーハングの付与	+	+	+	+	±

トレーの辺縁適合操作等を含む印象採得の影響をも反映した結果と考えられる。

被験例1の1は，最初の形成時には唇側ショルダーを浅く形成（歯肉縁下220 μ m）したが，8カ月後にショルダー部のみをやや深く再形成（歯肉縁下400 μ m）した。最初の形成時には辺縁歯肉への影響がほとんどみられなかったのに対し，再形成直後には測定3項目のいずれにおいても明らかに形成の影響とみられる変化が現れた。すなわち，荷重変位量は増加して，最大変位量で術前の310 μ mから382 μ mとなり(図23)，これに伴う粘弾性係数の減少も認められた(表6)。歯肉脈動も再形成直後には大きな波高の持続を示し(表5)，滲出液量は10ユニットから75ユニットへと著明に増加した(図24)。これはショルダー部を歯肉縁下のより深い位置へ設定することに伴って，形成時の侵襲も増大したことを示すものであろう。

歯肉縁下でのマージンの設定位置に関しては，歯肉溝底部と歯肉縁との中間点³⁶⁾あるいは歯肉縁下0.5～0.6mm³⁵⁾という基準が成書にみられる。これらはいずれも歯肉溝底部，上皮付着を意識したマージンの設定基準である。しかし，臨床での前歯部補綴においては，やや深すぎるとされる支台歯形成が行われている例がしばしばみられ

る。これは歯肉の退縮によるマージン部の露出を恐れるためかと考えられる。

歯肉縁下への深い支台歯形成を行うと、辺縁歯肉は縁下1,000 μ mまで形成した被験例2にみられるように強い反応を示す(図32, 表11), 被験例1のようにわずか200 μ mほどの再形成ですらその影響を現すことから(図23, 24, 表5), 深い形成は好ましいとはいいがたい。また、深い形成に伴う印象、合着などの操作時に常に大きな侵襲を加える可能性が高いこと、操作の困難さに関連するクラウンの適合性、歯肉の健康維持に不利な環境なども辺縁歯肉にとって大きな問題となろう。

歯肉退縮の対応策としては術前歯肉の健康状態の改善もその前提にあるが、歯肉への侵襲を小さくすることこそ肝要である。したがって、マージンの位置を決定するに際してはいたずらに深くすることなく支台歯形成に先立ち、歯肉溝の深さを測定するなどの慎重さをもって対処することが重要となる。

(2) 仮封冠

仮封冠を装着することによって多くの場合に何らかの反応を歯肉は示したが、とくに滲出液量において著明な増加がみられた(図24, 35, 42)。これは適合の良いレジンポスト冠装着後に滲出液の増加をみた長尾³⁷⁾や、レジンポンティック基底面の歯肉を観察した田端³⁸⁾らが記述したように、レジンの吸水性と表面へのプラークの付着、および残留モノマーによる材料自体の刺激性が原因しているものと考えられる。また、仮封冠は最終補綴物に比べて適合性が劣る場合も多く、これが仮封材の刺激ともあいまって辺縁歯肉へ何らかの影響を与えている可能性もあろう。したがって、仮封冠はできうるかぎり早い時期に永久的な歯冠補綴物に置き換えるべきであろう。

なお、仮封冠装着の時期は支台歯形成の直後からであり、そのとき歯肉自体が形成による傷の治療途上にあるので、ここで歯肉が示した反応のすべてが仮封冠のみによる影響とはいいい切れない。また、仮封冠が創傷の治療にどのような影響を及ぼしたかについては明らかにできなかった。

(3) 適合良好なクラウン

装着した金属焼付ポーセレン冠は5例いずれも、口腔内において比較的良好な適合状態を示していた(図19, 25-A, 31-A, 40-A)。

被験例1では左側中切歯の支台歯形成の浅めの場合、標準的な場合、右側中切歯の3例とも辺縁歯肉の反応は、クラウン装着後もほとんど問題のない状態であった(図21, 23, 26)。また、被験例3はクラウン装着1カ月後に荷重変位量に一過性の増加がみられた(図41)以外は、被験例1と大差のない反応を示していた。これに対して被験例2ではクラウン装着後4週でも、歯肉の荷重変位量は減少傾向にあるものの術前の水準には達せず(図32)、歯肉の脈動は波高が大きく、減衰も遅く(表11)、また歯肉滲出液も相当多い(図35)といった歯肉の反応を示していた。

このように適合良好な金属焼付ポーセレン冠を装着しても被験例により、その反応はさまざまであったが、全体的な傾向としてはクラウン装着後荷重変位量、滲出液量とも徐々に減少を示し、脈動は変化が少なかった。また、装着直後には一過性の反応がみられたが、これは余剰な仮封材の除去などの操作に伴う刺激に原因するものであろう。

適合良好な臼歯部全部鋳造冠を装着しても滲出液量、ニンヒドリン陽性物質の量に変動はみられなかったという報告³⁷⁾がある反面、補綴物の装着に伴って有意に滲出液量が増加したという報告³⁹⁻⁴¹⁾もみられる。しかし、術前の辺縁歯肉の状態、装着されている歯冠補綴物の適合状態が不明なため、ここでの直接の比較検討は困難である。

被験例2が他と異なる反応を示したのは、恐らく軽度とはいえ術前の辺縁歯肉に炎症があったこと、加えて支台歯形成がショルダー部で歯肉縁下1,000 μ mとなったことが原因となった可能性がある。

したがって、クラウンの作製に際しては当然のことながらも歯肉を健康にした上で、マージンの位置を歯肉縁下で深すぎないように適切に設定することが、クラウンの適合性の前提にあるより

基本的な因子ということになる。

2) オーバーハングを付与したクラウン

クラウンにオーバーハングを付与することによって、いずれの被験例でも辺縁歯肉は強い反応を呈した。荷重変位量は被験例 1 の 1 を除いては、いずれも実験中最大の変位量を示した(図47, 49, 51)。脈動の波高も被験例 1 の 1 を除いて、著明に増加した(表 8, 11, 13)。また、滲出液量は全例とも増加傾向を示し、被験例 1 の 1 ですら長期観察の結果では、装着 5 カ月後においてもなお増加傾向にあった(図44)。

以上のことから、オーバーハングは歯肉縁下での位置とは無関係に、辺縁歯肉に為害性を及ぼす因子ということになる。

ここで実際に付与したオーバーハングの量は 250~400 μm であり、相当地に大きな不適合とも考えられるが、実際に合着した金属焼付ポーセレン冠を抜去歯牙で観察した結果、かなりのオーバーハング量がみられたとの報告¹⁷⁾もある。これは、陶材の厚みで色調を出そうとすることに原因しているであろう。なお、クラウンへのオーバーハングの付与に伴い、歯肉縁上 2 mm ぐらいまでの唇面豊隆度に変化をきたした(図53)。したがって、オーバーハングの付与は歯肉への機械的刺激、辺縁歯肉の形態の変化、歯肉溝よりの異物排出機能の抑制ということに加えて、この部の豊隆度と密接な関係にある歯垢沈着の相違⁴²⁾という問題をも包含していることになる。

オーバーハングによる辺縁歯肉の荷重変位量の増加、脈動の変化は多くの場合にクラウン装着後 2 週前後をピークとして減少傾向へ向かった。これは被験者がいずれも良好な口腔清掃状態を維持していたこと、装着期間が短いこと、オーバーハングの量、形態、材料的な問題、さらにはオーバーハングだけが独立して適合自体は良好という、好条件に恵まれたためかと考えられる。したがって、これらの条件のいずれかが崩れれば、最大変位量の増加、脈動の変化を再び招来することになる。

オーバーハングを付与したクラウンの装着期間

図54 オーバーハングのあるクラウンを撤去した後の口腔内(被験例 1)
隣接歯間部歯肉には発赤が認められる

中、滲出液量は常に増加の傾向にあった(図44, 46, 48, 50, 52)。また、このオーバーハングを除去すると、歯肉の反応は旧に復する傾向を示すが、術前の条件の悪かった被験例 2 では除去 2 週後でもなお脈動の波高は高く、減衰も緩徐であり(表11)、滲出液量も減少を示さなかったことは注目する必要がある。

クラウンのオーバーハングはそれによる歯肉の反応が時間の経過によって吸収されることなく、常に歯肉に炎症傾向を内在し、口腔環境のわずかな変化によって直ちに増悪への道を辿ると同時に、たとえオーバーハングを除去しても容易に治癒せぬ危険性を含んでいることになる。

また、本実験では測定対象部位を唇側辺縁歯肉に限定したが、肉眼的観察では常に隣接歯間部での炎症性変化の方が強く(図54)、被験例 2 ではオーバーハングのあるクラウンの撤去時にわずかではあるが出血がみられた。したがって、歯冠補綴物と辺縁歯肉全体ということで考えると、本研究以上になお厳しい結論が導き出されることとなるであろう。

3) 口腔清掃

被験例 2 は適合良好なクラウン装着後も荷重変位量が大きく、補綴部位の歯肉は術前の状態に復していなかった。さらに、装着 4 カ月後には荷重変位量が大きく増加し、最大変位量で 632 μm という値を示し、肉眼的な観察においても辺縁歯肉

に発赤と腫脹がみられた。そこで、歯垢の染め出しを行ったところ、口腔清掃状態がやや不良であった(図33)ので、ブラッシングを主体とする徹底したプラークコントロールを実施させた。その結果、歯肉は肉眼的にも著しい改善を示し、最大変位量も9日後には $520\mu\text{m}$ 、2週後には $410\mu\text{m}$ と減少した(図34)。これに伴って、脈動波高も明らかな減衰を示した(表11)。また、歯肉滲出液も荷重変位量ほど著明ではなかったが、ブラッシングの徹底とともに減少する傾向を示した(図36)。その後、しばらくは良好な口腔清掃状況が維持され、補綴部位の辺縁歯肉も健康な状態を保っていたが、2カ月後に測定したところ、歯肉は再び不良な状態となっていた。そこで、再度歯垢の染め出しを行ったところ口腔清掃が不良であったので、ブラッシングを再度徹底させた。その結果、歯肉には肉眼的に改善がみられ、また測定3項目すべてにおいて、前回とほぼ同様の経過がみられた。

この被験例において適合良好なクラウン装着後も歯肉が不良な経過を辿ったのは、その支台歯形成が歯肉縁下やや深くに及んだことも一因と考えられるが、術前より辺縁歯肉に軽度の炎症が存在していたこと、および術後の口腔清掃が不良であったことが大きく影響していたと思われる。ここでは口腔清掃の不良、徹底を2回くり返したが、それに伴う辺縁歯肉の炎症状態の増悪、軽快は肉眼所見、測定各項目のいずれにおいても明らかであった。

以上のことから、口腔清掃の徹底は極めて効果的であり、補綴物の予後を確かなものにするためには不可欠の要因のひとつであると考えられる。

V. 結 論

正常歯肉、炎症歯肉および種々の辺縁適合状態を有する金属焼付ポーセレン冠を装着した部の辺縁歯肉について、歯肉のクリープ、歯肉の脈動、歯肉滲出液量を測定し、以下の結論を得た。

1. 正常歯肉では一定荷重下における変位量は小さく、再現性のあるクリープ挙動を示した。歯

肉の脈動波高は小さく、しかも時間の経過に伴う著明な波高の減衰を示した。歯肉滲出液は極めて少量であり、ときとして全く検出されない場合もあった。

2. 炎症歯肉では、荷重変位量は正常歯肉に比べて増大し、このときのクリープ曲線を4要素模型で解析すると弾性、粘性双方の係数の低下がみられた。炎症が消退するとそれに伴って荷重変位量も減少した。圧解放後にみられた炎症歯肉の脈動波高は正常歯肉に比べて大きく、しかも時間の経過に伴う波高の減衰は極めて緩徐であった。歯肉滲出液量は、炎症歯肉で著明に増加した。

3. 結論の第1項および第2項から歯肉のクリープ、歯肉の脈動、歯肉滲出液量をもって歯肉の炎症を早期かつ無侵襲に、しかも客観的に判定できることがわかった。

4. 補綴施術各過程を通法にそって正しく行い、適合の良いクラウンを装着すれば、歯肉縁下にマージンを設定しても、辺縁歯肉へとくに問題となるような影響を及ぼすことはなかった。

5. 歯肉縁下への深すぎる支台歯形成は、歯冠補綴の予後を不良とする危険性を示唆した。

6. 歯冠補綴物辺縁のオーバーハングは辺縁歯肉に為害作用を及ぼし、オーバーハング除去後にもその影響は完全には消退しなかった。

7. 歯冠補綴を行うに当たっては、術前の歯肉の健康状態はもとより、術後の口腔清掃にも十分な考慮を払うことの必要性が明らかとなった。

謝 辞

稿を終るに臨み、ご指導ならびにご校閲を賜りました田端恒雄教授に謹んで感謝の意を表します。また、本研究に種々ご援助下さった第2歯科補綴学教室の諸先生方に厚くお礼申し上げます。あわせて本研究にご協力頂いた被験者各位に深謝致します。

本論文の要旨の一部は、昭和56年10月、第68回日本補綴歯科学会総会において発表した(本研究の一部は文部省科学研究費補助金によった)。

文 献

- 1) Silness, J.: Periodontal conditions in patients treated with dental bridges. III. The relationship between the location of the crown margin and the periodontal condition. J. periodont. Res. 5: 225-229, 1970.
- 2) 丸山剛郎, 他: 金属焼付ポーセレンの予後に関する臨床的研究. 第3報 患者リコールによる診査結果について. 補綴誌 16: 387-401, 1973.
- 3) Newcomb, G. M.: The Relationship Between the Location of Subgingival Crown Margins and Gingival Inflammation. J. Periodontol. 45: 151-154, 1974.
- 4) Marcum, J. S.: The effect of crown marginal depth upon gingival tissue. J. Prosthet. Dent. 17: 479-487, 1967.
- 5) 荒木啓之: 歯肉に対する全部鑄造冠の影響に関する実験的研究. 補綴誌 13: 44-60, 1969.
- 6) Karlsen, K.: Gingival reactions to dental restorations. Acta Odont. Scand. 28: 895-904, 1970.
- 7) 井上昌幸: 辺縁性歯周疾患における歯冠補綴物の原因性に関する研究 第2報 特にその歯頸側辺縁部に関する検討. 補綴誌 21: 10-20, 1977.
- 8) 村上繁樹, 内田康也, 浦郷篤史: 歯冠補綴物が歯牙・歯周組織に及ぼす影響について. 剖検顎骨の病理組織学的研究. 補綴誌 22: 650-663, 1978.
- 9) 松井裕子: 鑄造冠辺縁が歯周組織に及ぼす影響. 補綴誌 25: 207-226, 1981.
- 10) 望月 洋: 歯冠補綴物辺縁適合性の機械的測定. 補綴誌 24: 111, 1980.
- 11) 中川鶴太郎: レオロジー. 東京, 1960, 岩波書店, 152-170.
- 12) Brill, N. and Krasse, B.: The passage of tissue fluid into the clinically healthy gingival pocket. Acta Odont. Scand. 16: 233-245, 1958.
- 13) 椎名晋一: 脈波の鑑別診断. 東京, 1970, 医学出版社, 9-19.
- 14) 吉田恵夫: 歯科鑄造法の実用的精度について. 補綴誌 2: 55-82, 1958.
- 15) 吉田恵夫, 他: 全部鑄造冠及び3/4冠の適合状態について. 補綴誌 3: 259-264, 1959.
- 16) 宮内修平: 金属焼付ポーセレン冠の適合性に関する研究一歯頸部辺縁形態ならびに陶材被覆形態について一. 補綴誌 20: 63-86, 1976.
- 17) 橋本 収, 宮内修平, 丸山剛郎: 金属焼付ポーセレン冠の臨床的観察; 歯牙と共に抜去したクラウンの適合状態について. 補綴誌 17: 10-15, 1973.
- 18) 尾崎元則, 他: クラウン・ブリッジの臨床的適合度一前歯部3症例における観察一. 九州歯会誌 33: 164-171, 1979.
- 19) Gilmore, N. and Sheiham, A.: Overhanging Dental Restorations and Periodontal Disease. J. Periodontol. 42: 8-12, 1971.
- 20) Glickman, I.: Clinical Periodontology. Philadelphia, 1979, Saunders, 79-105.
- 21) Yoshitoshi, Y. and Nagasaka, M.: Viscoelastic Properties of Edematous Skin. Jap. Heart J. 3: 220-230, 1962.
- 22) Klett, R. und Mierau, H.-D.: Quantitative Beschreibung des Gingivaturgors durch ein mechanisches Mehr-Parameter-Modell. Dtsch. zahnärztl. Z. 31: 425-427, 1976.
- 23) 田中資郎: 口蓋粘膜のクリープに関する研究. 補綴誌 16: 358-379, 1973.
- 24) 東 健彦, 他: 微小循環. 東京, 1979, 中山書店, 3-149.
- 25) 戸川達男: 脈波と脈流. 日本バイオレオロジー学会論文集 1981, 51.
- 26) Mierau, H.-D. und Hering, B.: Das Pulsverhalten der Gingiva bei unterschiedlichen Temperatureinflüssen. Dtsch. zahnärztl. Z. 35: 717-721, 1980.
- 27) Hofmann, M.: Zur Oszillographie des Gingivapulses. Dtsch. zahnärztl. Z. 19: 765-768, 1964.
- 28) Shapiro, L., Goldman, H. and Bloom, A.: Sulcular Exudate Flow in Gingival Inflammation. J. Periodontol. 50: 301-304, 1979.
- 29) Oliver, R. C., Holm-Pedersen, P. and Löe, H.: The Correlation Between Clinical Scoring, Exudate Measurements and Microscopic Evaluation of Inflammation in the Gingiva. J. Periodontol. 40: 201-209, 1969.
- 30) Löe, H. and Holm-Pedersen, P.: Absence and Presence of Fluid from Normal and Inflamed Gingivae. Periodontics. 3: 171-177, 1965.
- 31) Tsuchida, K. and Hara, K.: Clinical Significance of Gingival Fluid Measurement by "Periotron". J. Periodontol. 52: 697-700, 1981.
- 32) Egelberg, J.: Permeability of the dento-gingival blood vessels. II. Clinically healthy gingivae. J. Periodont. Res. 1: 276-286, 1966.
- 33) Löe, H., Theilade, E. and Jensen, S. B.: Experimental Gingivitis in Man. J. Periodontol. 36: 177-187, 1965.
- 34) Mierau, H.-D. und Kräutler, M.: Der Gingivaturgor unter physiologischen Verhältnissen. Dtsch. zahnärztl. Z. 29: 862-867, 1974.
- 35) Johnston, J. F., Phillips, R. W. and Dykema, R.

- W.: Modern Practice in Crown and Bridge Prosthodontics. Philadelphia, London, Toronto, 1971, Saunders, 404, 451.
- 36) Tylman, S. D.: Theory and practice of crown and fixed partial prosthodontics (bridge). St. Louis, 1970, Mosby, 94.
- 37) Nagao, M.: Influence of prosthetic appliances upon the flow of crevicular tissue fluid. Part 2. Crevicular tissue fluid followed up after the insertion of prosthetic appliances. Bull. Tokyo Med. Dent. Univ. 14: 259-266, 1967.
- 38) 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, 1962.
- 39) 松永和子, 他: 金属焼付ポーセレン冠が歯肉に及ぼす影響に関する臨床的研究—歯肉溝浸出液について. 補綴誌 22: 551-557, 1978.
- 40) 香川博一郎: 全部鋳造冠辺縁の歯肉に及ぼす影響—歯肉溝浸出液による観察—. 愛院大歯誌 17: 131-147, 1979.
- 41) Jameson, L. M.: Comparison of the volume of crevicular fluid from restored and nonrestored teeth. J. Prosthet. Dent. 41: 209-214, 1979.
- 42) 川島泰三: 天然歯および歯冠補綴物の歯肉辺縁付近における歯垢沈着について. 補綴誌 22: 432-459, 1978.