原 著 論 文

歯冠修復物辺縁の適合性について

—適合状態の分類, 命名および評価法—

中本 宏 杉沢 肇 佐藤 友彦 島田 和基
五十嵐孝義 深瀬 康公* 西山 實*

Marginal Fit of Dental Restorations

—Classification, Nomenclature and Evaluation of the Fit—

Hiroshi Nakamoto, Hajime Sugisawa, Tomohiko Sato, Kazuki Shimada,
Takayoshi Igarashi, Yasumasa Fukase* and Minoru Nishiyama*

Abstract: The marginal fit of dental restorations is one of the most important factors influencing the prognosis. For evaluation of the marginal fit, the actual states of fit of the margin to the finish line should be classified and named systemically and reasonably.

The purposes of this study were to select the criteria of marginal fit, to present a system of nomenclature of the types of marginal fit, and to evaluate a scanning laser microscope system for observation and measurement of the marginal fit.

It was attempted to select four criteria for evaluation: ① Ideal (Id), ② Open-Closed (Op-CI), ③ Extra-Lined-Intra (Ex-Li-In), and ④ Overlapped (Ov); and the eight types of fit are named as ① Id, ② Op-Ex, ③ Op-Li, ④ Op-In, ⑤ Op-Ex-Ov, ⑥ CI-Ex, ⑦ CI-In, and ⑧ CI-Ex-Ov.

The system of scanning laser microscope (Lasertec Co. Japan) was a very suitable apparatus for observing and measuring the marginal fit because of no material limitation and no special treatment of specimen, as well as easy measurement and digital display system for values.

Key words: dental restoration, marginal fit, nomenclature, scanning laser microscope

I. 緒 言

歯冠修復物辺縁の支台歯に対する適合性の良否はその予後を左右するきわめて重要な評価因子である。そして、評価のためには修復物の支台歯に対するさまざまな適合の状態を分類・命名する必要もあり、Kaiser¹⁾, Holmes²⁾, Felton³⁾は修復物辺縁の適合状態の水平的および垂直的

要素を同時に表現した分類・命名法を報告しているが、決定的な表示方法ならびにその測定・評価方法が確立されているとはいえない。

修復物の適合状態を定量的に測定し、評価するためには支台歯上に固定した修復物の適合状態を外側から観察・測定したうえで、さらにはその試料を包埋し、求める方向で切断したその断面からそのマージン付近および内面を観察・測定する方法が一般的である。また、走査型電子顕微鏡でその適合状態を直接的、あるいは、間接的にそのレプリカを観察・測定する方法もあるが、試料には真空中での特殊な表面処理も必要となる。いずれにせよ、試料の加工あるいは破壊なしに適合状態を観察・測定することは難しく、さらに、1つの修復物の各製作段階での変化を追及することも、切断に適さない試料、例えばワックスの段階で

日本大学歯学部歯科補綴学教室クラウンブリッジ学講座 (主任: 五十嵐孝義教授)

*日本大学歯学部歯科理工学教室 (主任: 西山 實教授)
Department of Crown and Bridge Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry (Chief: Prof. Takayoshi Igarashi)

*Department of Dental Materials, Nihon University School of Dentistry (Chief: Prof. Minoru Nishiyama)

平成8年5月30日受付

のクラウンなどにおいても困難な課題である。

しかし、科学技術の進歩に伴い、適合状態の観察・測定手段がより有効的なものとなるに従い、修復物の種類や支台歯辺縁形態の種類などに左右されない、より合理的な適合状態の分類とその命名法を検討し、考案する必要も生じてきていると考える。

そこで著者らは、フィニッシュラインとマージンの相対的位置関係から、修復物の適合状態を表す3つの評価基準を選定し、それらの組合せで実際に存在し得る8つの適合状態を選定し、命名を試みた。そして、適合状態の観察および測定のために、測定試料材質の制約を受けず、観察のための特殊表面処理などの必要もなく、切断等の破壊的操作も必要なく、1つの修復物辺縁の適合状態を経時的にそのままの状態を観察でき、同時に、その適合状態の垂直および水平成分を定量的に測定・表示可能で、さらには、その部の表面形状の三次元コンピュータグラフィックスによる再構築画像からも評価可能な走査型レーザー顕微鏡²⁾に着目した。

本研究は、歯冠修復物の支台歯に対する辺縁部の適合状態の合理的な表現・評価方法の確立と、この適合状態の観察および測定への本走査型レーザー顕微鏡システム応用の有用性を実証することを目的とした。

II. 材料および方法

1. 適合状態表示法

歯冠修復物の支台歯に対する適合状態は、通常は歯軸を基準垂直軸として表示されている。しかし、修復物の種類によりそのマージンが支台歯上のどの部位に位置しているかはさまざまであり、これまでに報告されたクラウンマージンについての表現方法ではインレー・アンレーなどの各歯面における適合状態への適応は困難である。

そこで著者らは、支台歯上のフィニッシュラインの存在位置およびその辺縁形態の種類にかかわらず、修復物の適合状態を合理的に表現し、かつ、定量的に表示できるようにするために、フィニッシュラインに到る支台歯の非形成面を基準とした。すなわち、フィニッシュラインに直交する切断面において、非形成面のプロファイル線と連続する適正なカントアップの修復物のあるべきプロファイル線を水平基準線、そして、その水平基準線上でフィニッシュラインを通る垂直線を垂直基準線とした。

この基準設定に加え、各種支台歯辺縁形態に本来は完全に適合する修復物マージン部を想定した場合、フィニッシュラインあるいは形成面とマージンの存在し得る相対的位置関係から、以下の4つの評価基準を選定した。

① Ideal (Id と略す)：フィニッシュラインとマージンが理想的に適合しているもの。

② Open-Closed (Op-CI と略す)：フィニッシュライ

ンとマージンとの間に間隙があるものを Open、フィニッシュラインまたはフィニッシュラインに到る形成面との間に間隙がなく連続しているものを Closed とする。

③ Extra-Lined-Intra (Ex-Li-In と略す)：水平基準線に対してマージンが外方にあるものを Extra、線上にあるものを Lined、内方にあるものを Intra とする。

④ Overlapped (Ov と略す)：フィニッシュラインを越えてマージンが重なっているものを Overlapped とする。

以上、4つの評価基準の組合せで、ショルダーなどのバッドジョイントおよびシャンファーなどのスリップジョイントにおいて現実に関り得る8つの適合状態図およびその表現法を図1に示した。また、参考として Kaiser¹⁾、Holmes ら²⁾、Felton ら³⁾の分類、表現方法をまとめて図2に示した。

2. 観察・測定方法および観察試料

修復物辺縁の適合性の観察・測定には走査型レーザー顕微鏡 1 LM 21 W (レーザーテック社) および表面形状ソフトウェア (レーザーテック社) をパーソナルコンピュータ PC 9801 RA (NEC) で用い、データ処理にはパーソナルコンピュータ 466/M (DELL, USA) を使用した (図3)。なお、本研究では観察・測定は250倍で行った。計測量の表示は Step Height Standards (VLSI, USA) を用いて校正され、測定誤差は 0.01 μm である。

観察試料として、全部被覆冠のために 0.8 mm 幅のフルショルダーで形成したエポキシレジン上顎小白歯支台歯上にワックス、金属、オールセラミック (エンプレス) で、観察する歯頸辺縁部分の適合状態を前もってさまざまに調整したクラウンを製作した。

ワックスクラウンには Ideal な状態を、全部鋳造冠には Open-Intra な状態を、エンプレスクラウンには Open-Extra な状態をそれぞれ人為的に実体光学顕微鏡下で付与した。

その後、本支台歯試料のフィニッシュライン直下の非形成面は歯軸とほぼ平行であるので、試料を自家製の試料取付け装置 (図4) に支台歯歯軸が水平となるように固定した。本装置のつまみを回転させることで、修復物マージンを全周にわたり観察・測定することができる。

モニター画像上のカーソル線を測定すべき部位に移動させることで、そのプロファイル曲線が画像内に表示される。マージン部のギャップはこのプロファイル曲線に二次元の段差として表示され、その X および Y 方向にそれぞれの2本の測定用カーソルを合わせることで、その間の距離がデジタル表示される。フィニッシュラインとクラウンマージンの間隙部ではギャップの深さゆえにレーザーの反射がなく、その部のプロファイルは両点を結んだ直線として補間、表示される。この画像は写真として記録できる。

図 1 Eight types of marginal fit and each naming by authors
著者らの設定した 8 つの適合状態とその命名

Kaiser¹⁾, Holmes²⁾, Felton³⁾より引用

図 2 Types and naming of marginal fit by Kaiser¹⁾, Holmes et al.²⁾, Felton et al.³⁾
Kaiser¹⁾, Holmes²⁾, Felton³⁾の適合状態とその表現

加えて、この画像の三次元コンピュータグラフィックスによる表面形状の再構築画像を得て、総合評価を試みた。

III. 結 果

レーザー顕微鏡から得られたワックスクラウンの頬側面中央部における辺縁部の適合状態の画像とカーソル線（黄

色線）上のプロファイル曲線（赤色線）を図 5 に示す。プロファイル曲線はフィニッシュライン直下部からワックスクラウンマージン部にかけて移行的でギャップはなく、製作どおりの良好な適合状態（Ideal）であるといえるが、支台歯およびワックス面の表現性状が表面あらし曲線として認識できる。

図 6 は全部鑄造冠のもので、プロファイル曲線のギャッ

図3 A scanning laser microscope system (Lasertec Co.)
走査型レーザー顕微鏡システム (レーザーテック社)

ブ部における直線補間が鑄造冠試料側に下向きの傾斜になっている。このことは Open-Intra の適合状態であることを示している。2本のY方向の測定用カーソル(緑色線)を画像上のフィニッシュラインとマージンの位置を参考とし、プロファイル曲線の直線補間部に合わせることで、Open: $23.5\mu\text{m}$ 、同様にX方向の測定用カーソルを合わせることで Intra: $21.0\mu\text{m}$ と表示される。この部の適合状態は Op-In: $23.5-21.0$ と表現する。

図7は、エンプレスクラウンのもので、プロファイル曲線のギャップ部における直線補間がクラウン試料側に上向きの傾斜になっていることから、Open-Extra の適合状態を示し、測定値は Open: $34.7\mu\text{m}$ 、Extra: $35.1\mu\text{m}$ となる。すなわち、Op-Ex: $34.7-35.1$ と表現される。

図8は図7に示した画像の三次元再構築画像で、この場合、約 $750\mu\text{m}$ の長さのフィニッシュライン部を約 $800\mu\text{m}$ の幅で観察していることになる。この画像から試料辺縁部の適合状態およびその表面性状を立体的に把握、表示することができる。

IV. 考 察

著者らは修復物の支台歯に対する適合状態をそのフィニッシュラインとマージンとの相対的位置関係から4つの評価基準、すなわち、① Ideal, ② Open-Closed, ③ Extra-Lined-Intra, ④ Overlapped で分類し、命名を試みた。実際に存在し得る適合状態は8つ(図1)となり、上記の用語を組み合わせることで表現すればきわめて明解に命名でき、また、図2に示した Kaiser¹⁾、Holmes²⁾ および Felton³⁾ の示す各種適合状態も統一して、以下のように命名でき、かつ、その適合状況をより明解に把握することができる。すなわち、Kaiser¹⁾ においては、IDEAL → Id, OPEN → Op-Li, OPEN AND SUBMARGINAL → Op-In, CLOSED AND SUBMARGINAL → Cl-In, OPEN AND SUPRAMARGINAL → Op-Ex-Ov, CLOSED AND SUPMAR-

図4 A mounting stand for specimen to observe the marginal fit
適合状態観察のための試料取付け装置

GINAL → Cl-Ex-Ov と表現できる。Kaiser¹⁾ による OPEN は Op-Ex であるのか、Op-Li であるのかの区別がなく(作図では Op-Li の状態)、また、OPEN AND SUPRAMARGINAL と CLOSED AND SUPRAMARGINAL においても、著者らの表現の方がそれらの状況をきわめて明解に伝達することができるものと考ええる。

Holmes²⁾ では、NO MARGINAL GAP (CLOSED)・NO OVEREXTENSION・NO UNDEREXTENSION → Id, MARGINAL GAP (OPEN)・NO OVEREXTENSION・NO UNDEREXTENSION → Op-Li, MARGINAL GAP (OPEN)・UNDEREXTENSION → Op-In, NO MARGINAL GAP (CLOSED)・UNDEREXTENSION → Cl-In, MARGINAL GAP (OPEN)・OVEREXTENSION → Op-Ex, NO MARGINAL GAP (CLOSED)・OVEREXTENSION → Cl-Ex-Ov, と明解に表現できる。また、Holmes²⁾ 自身、自身の歯軸を基準とした適合状況の terminology²⁾ で、HORIZONTAL または VERTICAL MARGINAL DISCREPANCY を指摘しているにもかかわらず、その状況が6つの適合状態の中には表現されていない。

さらに、Felton³⁾ においては、Ideal/closed margin → Id, Margin underextended/closed → Cl-In, Margin underextended/open → Op-In, Margin overextended/closed → Cl-Ex-Ov, Margin overextended/open → Op-Ex あるいは Op-Ex-Ov と、それぞれ表現できるが、著者らの評価基準: Ex-Li-In の Li の基準が、さらに、Ov の基準がないために、適合状況の詳細は伝わりにくい。

以上、Kaiser¹⁾、Holmes²⁾、Felton³⁾ の命名はクラウンマージンに対するものであって、インレー、アンレーなどの修復物ではそれらのフィニッシュラインは歯頸部のみに存在するものではないために、彼らの命名法では明解に表現できない。

著者らの評価基準: Ex-Li-In は、Ideal の適合状態でのプロファイル線を基準としてそのマージンの内外的な存在位置からの評価であるので、その線をどのように決める

図 5 A picture and profile line showing the marginal fit of the wax crown

ワックスクラウンの適合状態の観察像とプロファイル曲線

図 7 A picture and profile line showing the marginal fit of the Empress crown

エンプレスクラウンの適合状態の観察像とプロファイル曲線

図 6 A picture and profile line showing the marginal fit of the full cast crown

全部铸造冠の適合状態の観察像とプロファイル曲線

図 8 Three dimensional reconstructed image of Fig. 7

図 7 の三次元再構築画像

かが問題となる。本顕微鏡では 250 倍での観察・測定で、画面の大きさは $400 \times 600 \mu\text{m}$ となる。したがって、画面上でのフィニッシュライン直下部の非形成面の観察幅は $100 \sim 300 \mu\text{m}$ ときわめて小さい値であるので、その延長線が ideal の適合状態でのプロファイル線としても問題はないものとする。

著者らの命名法は辺縁形態の種類に影響されず、また、クラウンのみならず、インレー、アンレーにおける各部分の適合状態をも同一の用語で明解に表現することができるきわめて合理的な命名法と考える。

本研究に応用したレーザーテック社の走査型レーザー顕微鏡はこれまでにない多くの長所をもって、1990 年、日

本市場に紹介された⁴⁾。すでにこの顕微鏡を応用したさまざまな分野の研究が報告されている⁵⁾。

本顕微鏡を歯冠修復物辺縁部の適合状態の観察および測定に応用する場合、以下の利点が挙げられる。

1. 観察試料の材質的制約がほとんどない。
2. 試料への加工、特殊処理などの必要がなく、そのまま観察・測定できる。その結果、1つの試料の製作段階毎の適合状態を追従できる。
3. 適合状態の垂直的および水平的成分が同時にモニター上で定量、表示できる。さらに、必要ならそのプロファイルされた部分の表面あらさ値をも表示できる。
4. 測定部の表面性状の立体画像構築が可能で、その適合状態、試料の表面性状を三次元画像として評価できる。また、以下の問題点が挙げられる。

1. 同一視野内に輝度差の大きく異なる試料が存在する場合、および、ガラスのように透明度の高すぎる場合は観

察・測定しにくく、また、水分などを含め、ガスを発生するものは観察不可能である。

2. ギャップの幅に比して深さが大きい場合、その底部まで観察できない場合がある。

3. 最低倍率は250で、それ以下の観察・測定は困難である。

4. 適合状態がOverlappedのものはフィニッシュラインを含めた観察はできない。

以上、いくつかの問題点もあるが、歯冠修復物辺縁の適合状態の観察・測定に走査型レーザー顕微鏡を応用することは、上記に挙げた利点によりきわめて有効な手段であると確信する。本装置の測定法も、本研究で表現したOverlappedのものを除けば、きわめて容易にその垂直成分および水平成分が測定・表示され、加えて、測定部付近を三次元再構築画像で表示できるので、適合状態の総合評価には非常に有効な手段であると考え。特に、マージンを直接観察してこの三次元再構築画像法で表示すれば、マージンそのもののクォリティを評価する手段として注目できる。しかし、適合状態がOverlappedのものと、修復物の内面的な適合状態およびセメント合着後の状況については、従来のように試料を包埋、切断、研磨してその断面から観察する破壊的手段をとらざるをえないものと考え。

V. 結 論

本研究から、以下の事項を結論としたい。

1. 修復物マージンの支台歯フィニッシュラインに対する適合状態を以下の4つの基準で評価する。

① Ideal (Id), ② Open-Closed (Op-CI), ③ Extra-

Lined-Intra (Ex-Li-In), ④ Overlapped (Ov)

2. フィニッシュラインとマージンの相対的位置関係から、適合状態を以下の8つに分類する。

① Ideal, ② Open-Extra, ③ Open-Lined, ④ Open-Intra, ⑤ Open-Extra-Overlapped, ⑥ Closed-Extra, ⑦ Closed-Intra, ⑧ Closed-Extra-Overlapped

3. 修復物辺縁の支台歯に対する適合状態を観察・測定するために、本走査型レーザー顕微鏡システムはきわめて合目的性の装置である。

本研究にあたり、ご協力を頂いたレーザーテック社および同社の小堀めぐみ氏に心より感謝申し上げます。

本論文の要旨は、第93回日本補綴歯科学会学術大会（平成7年6月9日、横浜）において発表した。

文 献

- 1) Kaiser DA. Anatomy of the cast gold margin. J Prosthet Dent 50: 437-438, 1983.
- 2) Holmes JR, Bayne SC, Holland GA et al. Considerations in measurement of marginal fit. J Prosthet Dent 62: 405-408, 1989.
- 3) Felton DA, Kanoy BE, Bayne SC et al. Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. J Prosthet Dent 65: 357-364, 1991.
- 4) 大出孝博. レーザー走査顕微鏡の開発 42-53. 東京: 日経サイエンス社, 1990.
- 5) アプリケーション・レポート材料・新素材, 東京: レーザーテック社, 1995.