原 著 論 文

歯科用 CAD/CAM システム CEREC® に関する臨床的研究

—ラミネートベニアの適合性について—

中村 隆志 田中 豊* 小河 宏行 赤尾 剛
今西 仰 日野 年澄 丸山 剛郎

A Clinical Study on Dental CAD/CAM CEREC® System

—Fitness of CEREC® Porcelain Laminate Veneers—

Takashi Nakamura, Yutaka Tanaka*, Hiroyuki Ogawa, Takeshi Akao,
Aogu Imanishi, Toshizumi Hino and Takao Maruyama

Abstract : Recently, the chairside porcelain restorations such as inlay or laminate veneer can be made immediately and set to the patient during the same visit. These restorations are done by dental CAD/CAM CEREC® system (Siemens AG). In this experiment, the fitness of CEREC® porcelain veneers was studied.

The experiment was done by investigating the veneer fabricated on the maxillary central incisor. Four groups porcelain veneers (fifteen CEREC® veneers and five refractory model veneers) were made and set on epoxy models with or without cementation. Two different dual cure resin cements (Claparl DC, Kuraray Co. or Duo Cement, Vita Zahanfabrik) were used for cementation. The measurements were taken at three points (incisal, central and cervical area) with profile projector V-12 (Nikon Co.).

The mean gaps between CEREC® veneers and abutment teeth were 41.8~116.6 μm without cementation and 61.8~149.2 μm with cementation. However, no significant difference was observed between the two resin cements. The mean gaps between refractory model veneers and abutment teeth were 35.3~115 μm with cementation. In contrast to refractory model veneers, CEREC® veneers showed significantly wider gaps in the central area ($p<0.01$).

Key words : CAD/CAM, porcelain laminate venner, fitness

I. 緒 言

大阪大学歯学部歯科補綴学第一講座

• (株)モリタ

Department of Fixed Prosthodontics, Osaka University
Faculty of Dentistry

• Morita Co.

平成4年10月8日受付

最近, 歯冠修復のステップにコンピュータを取入れる
る 歯 科 用 CAD/CAM (Computer Aided Design/
Computer Aided Manufacturing) システムに関する

研究が数多く行われている¹⁻⁴⁾。中でも Moermann らが開発した CEREC® (Siemens AG) は世界で最初に実用化された歯科用 CAD/CAM システムとして大きな注目を集めている⁵⁾。CEREC® システムを用いると、チェアサイドでポーセレンのインレー、ラミネートベニアの製作が可能であるが⁶⁾、このシステムに関する研究は、インレーの適合性や摩耗、予後調査に関するものが中心で⁶⁻⁸⁾、ラミネートベニアに関しては未だ不明な点が多い。

ポーセレンラミネートベニアは最小限の歯質削除のみで審美性の改善が可能であるため臨床的にきわめて有効な方法であるが⁹⁾、耐火模型によりポーセレンシェルを製作するため煩雑で熟練のいる技工操作が不可欠なものであった。このような従来の製作方法に比較して CEREC® システムでは、技工の熟練度に左右されず短時間にポーセレンシェルが製作可能であるという CAD/CAM の利点が大きく生かされている。

そこで本研究では、模型上で実際に CEREC® システムを用いてラミネートベニア用ポーセレンシェルを製作し、その適合性に関する検討を行い、あわせて従来法との比較を行った。

II. 研究方法

1. 支台歯模型

上顎右側中切歯を対象として、通常のポーセレンラミネートベニアと同様の形成⁹⁾を行ったエポキシ模型を製作した(図1)。唇面の削除量は0.5(歯頸部)~0.7mm(切端部)とし、辺縁はシャンファー形態とした。切縁部および隣接面コンタクト部の削除は行わなかった。

図1 実験に使用したエポキシ支台歯模型

2. ポーセレンシェルの製作と合着

1) CEREC® によるポーセレンシェルの製作

支台歯模型は、CEREC® (2796100, Siemens AG) を用い、メーカーの指示通りに、形成面へのパウダーの付与、CCD カメラによる光学印象、モニター上での修復物デザインの決定、ミリングマシンによる削り出しを行いポーセレンシェルを製作した。操作はすべて CEREC® を用いて少なくとも 50 以上の修復物製作の経験がある術者が行った。ソフトウェアは COS 2.1 を用い、シェルの厚さはプログラム上で 0.7 mm に規定した。ポーセレンブロックは、Vita Block Mark II (Vita Zahnfabrik) の A 2 色を用いた。完成したポーセレンシェルを用いて、レジンセメントを介在させずに支台歯に固定したもの、および 2 種類のレジンセメントで支台歯に合着したものの 3 条件の試料を製作した。

レジンセメントを介在させない試料は、ポーセレンシェルを指圧で支台歯に適合させ、その状態でシアノアクリレート系接着剤 LABO CYANON (高圧ガス工業(株)) で模型に固定し製作した。

レジンセメントは、実際の臨床で用いられる Clearfil DC ((株)クラレ)、Duo Cement (Vita Zahnfabrik) の 2 種の光化学重合型レジンセメントを用いた。これらのレジンセメントをメーカーの指示通りに練和を行った後ポーセレンシェルの内面に塗付し、指圧にて支台歯に圧接、光照射を行いセメント合着試料とした。

試料は、上記の 3 条件それぞれ 5 個計 15 個製作した。支台歯模型に固定した試料は臨床応用の場合と同様に、ポーセレンシェルの周囲の外表面をダイヤモンドポイントで部分的に調整を行い、支台歯とポーセレンシェルが滑らかに移行する状態とした。

2) 耐火模型によるポーセレンシェルの製作

CEREC® で製作したポーセレンシェルとの比較を行うために、一般に用いられる耐火模型法⁹⁾によりポーセレンシェルを製作した。ここでは、ポーセレンベニア製作システムであるコスモテック ((株)ジーシー) を使用した。

エポキシ支台歯をビニールシリコン系印象材 Exaflex ((株)ジーシー) で印象採得を行い、専用の耐火模型材を用い模型を製作した。模型上で通法に従いデンチンポーセレンおよびエナメルポーセレンの築盛、焼成を行ったのち耐火模型材を除去してポーセレンシェルを完成させた。ポーセレンシェルは、光化学

図 2 試料の計測点
A: 切端部, B: 中央部, C: 歯頸部

重合型のレジンセメント Clapearl DC ((株)クラレ)を用いて先の CEREC® の場合と同様にエポキシ支台歯に合着し試料とした。試料は 5 個製作した。

3. 測定方法

完成したそれぞれの試料は、エポキシ包埋後に歯冠の近遠心的中央部で長軸方向に切断した。切断面は、エメリーペーパーで研磨を行った後、切端部、中央部、歯頸部の 3 点でポーセレンシェルと支台歯との間隙を測定した (図 2)。測定には、万能投影機 V-12 ((株)日本光学) を用いた。

各条件で得られた間隙量の平均および標準偏差を求め、t 検定により統計的な解析を行った。

III. 結 果

1. CEREC® ポーセレンシェルにおける適合性

セメントの介在しない試料では、支台歯とポーセレンシェルの間隙は、切端部、中央部、歯頸部でそれぞれ平均 116.6, 41.8, 57 μm であった。切端部では中央部および歯頸部に比較して有意に大きな間隙量が観察された ($p < 0.01$) (図 3)。

セメント合着後の試料における間隙量は Clapearl DC の場合、切端部、中央部、歯頸部でそれぞれ平均 136.4, 78.2, 61.8 μm であった。また、Duo Cement では、それぞれ平均 149.2, 83.2, 68.2 μm であった (図 3)。どの部位でもセメントを介在させない試料に比較して、セメント合着後の試料ではやや大きな間隙量を示し、中央部では両者に有意差が認められた ($p < 0.05$)。しかしながら、各部位ともに 2 種のセメント間で間隙量に有意差は認められなかった。

図 3 CEREC® で製作した試料における間隙量

図 4 耐火模型によって製作した試料と CEREC で製作した試料における間隙量。いずれの場合も合着にはレジンセメント (Clapearl DC) を使用した

2. 耐火模型法との比較

耐火模型で製作した試料の間隙量は、切端部、中央部、歯頸部でそれぞれ平均 115, 35.3, 58 μm であった (図 4)。同じセメントで合着した CEREC® の試料と比較すると中央部での間隙量が耐火模型の試料において有意に小さな値となった ($p < 0.01$)。他の切端部や歯頸部でも平均の間隙量は耐火模型の試料がやや小さな値を示すものの、両者に有意差は認められなかった。

IV. 考 察

1985年にプロトタイプが開発された CEREC® は、チェアサイドでポーセレンのインレーやラミネートベニアの製作が可能な歯科用 CAD/CAM システムとして、臨床で大きな注目を集めている。このシステムでは、支台歯形成後、専用の CCD カメラにより支台歯の光学印象を採得し、システムに内蔵されたコンピュータ制御の画像処理装置を用いてモニター画面上で修復物のデザインを決定し、ダイヤモンドディスクによりポーセレンブロックから修復物を自動的に機械切削する形式が用いられている¹⁰⁾。CEREC® によってラミネートベニア補綴を行う場合は、切削されたポーセレンシェルを光化学重合型のレジンセメントで支台歯に接着した後、辺縁部の調整、ポーセレンシェル外面の形態修正、研磨を行い処置が完了する。

今回の実験では、セメントを介在させない試料においては平均 $57\ \mu\text{m}$ (歯頸部)、 $41.8\ \mu\text{m}$ (中央部)、 $116.6\ \mu\text{m}$ (切端部) の間隙量が得られた。CCD カメラの規格解像度が約 $50\ \mu\text{m}$ であり¹¹⁾、機械切削の際にもある程度誤差が生じることを考慮すると中央部や歯頸部における間隙量の値は良好なものと思われた。CEREC® の適合性には、術者の熟練度、パウダー層の厚みや修復物デザインの方法にも影響を受ける可能性がある。しかしながら、今回の実験では CEREC® に熟練した術者が操作を行ったこと、さらに対象がラミネートベニアであり均一で薄いパウダー塗布や修復物デザインも容易に行えることから、これらの要素の影響はきわめて小さいものと思われる。実際の支台歯形成はダイヤモンドバーを用いて行うが CEREC® では、直径 $40\ \text{mm}$ のダイヤモンドディスクのみでポーセレンブロックを近心から遠心に削りだし種々の形態を作りだす¹¹⁾。このためインレーの底面のような平坦な面は比較的容易に削除が行われるが、ベニアのように歯頸部から切端部にかけて彎曲のある面の削除には限界があり、結果として切端部の間隙量が大きくなったものと思われた。

2 種類のレジンセメントで合着した CEREC® ベニアでは間隙量は $61.8\sim 149.2\ \mu\text{m}$ であった。CEREC® で製作した MOD インレーにおける辺縁部の間隙量は平均で $140\ \mu\text{m}$ であることが報告されており⁸⁾、今回の実験結果は MOD インレーと同程度あるいはより良好なものであることが示された。MOD インレーはセ

メント層が直接咬合面に表れるが、ラミネートベニアでは舌側の咬合に関与する部分は歯質削除を行わない。そのためラミネートベニアではセメント層が咬合に与える影響は小さいものと思われるが、臨床成績の評価は従来の CEREC® インレー^{6,7)}と同様に数年間あるいはより長期の経過観察が必要であろう。Essig ら¹²⁾は抜去中切歯に CEREC® を用いてポーセレンシェルを製作し内面の間隙量を測定したところ、内面の調整なしでは平均 $248\ \mu\text{m}$ であったものが内面を一層削除すると平均 $128\ \mu\text{m}$ に減少したと報告している。今回の実験に用いたシステムは 1992 年にハードウェアの変更をうけたもので切削にトルクの強い電気モーターを採用することにより、従来は切削用ダイヤモンドディスク一回転あたりに $55\ \mu\text{m}$ ポーセレンブロックが移動したものの¹¹⁾が、半分の $27.5\ \mu\text{m}$ の移動量となったことで結果としてより細かい切削面が得られている。このため、Essig ら¹²⁾のように内面の削除を行わなくても同程度の間隙量が得られたものと思われた。レジンセメントで合着した試料では 2 種類のセメント間に有意差は認められないものの、セメントなしの試料に比較して間隙量が大きくなる傾向を示した。これはレジンセメントによる浮き上がりが原因と考えられた。合着に用いるレジンセメントは直径数 $\mu\text{m}\sim$ 十数 μm のフィラーを含むため⁸⁾修復物の浮き上がりはある程度避けられず、臨床ではこの影響を可及的に避けるためポーセレンシェルの十分な圧接を行った状態で光重合を行う必要がある。

耐火模型で製作した試料と CEREC® の試料を比較すると間隙量はどの部位においても耐火模型の試料の方がやや小さくなる傾向がみられ、中央部では両者に有意差が認められた。耐火模型を使用する方法ではポーセレンと近似した熱膨張曲線を有した耐火模型材が開発されたことで良好な適合性が得られ、さらに必要があれば部分的に追加焼成も可能である⁹⁾。耐火模型を用いる方法に比較して CEREC® では単一色のポーセレンブロックから修復物を機械切削するため修復物の色調再現には限界があり、歯冠の各部で異なる色調を用いるなどの微妙な色調回復は困難である。しかしながら、CEREC® は耐火模型の製作や、陶材の築盛、焼成といった煩雑な技工操作が不用である大きな利点をもっている。コンポジットレジンによる直接法のベニアも同様に技工操作は不用であるが、レジン特有の変色や耐摩耗性といった点で問題を有しており¹²⁾、この点でもポーセレンで修復を行う CEREC®

は有利であるものと思われる。今後は、臨床での修復物の長期的な観察とともに色調に関しても唇側面へのステイン陶材の応用なども検討を行うことが必要であろう。

V. 結 論

歯科用 CAD/CAM システム CEREC® を用いてポーセレンラミネートベニアを製作し、その適合性に関して検討を行った結果以下の結論を得た。

1. セメントを介在させない試料では、支台歯との間に 41.8~116.6 μm の間隙量が認められ、切端部の間隙量は、中央部、歯頸部に比較して有意に大きな値となった。

2. レジンセメントで合着した試料では間隙量が増加する傾向がみられたが、2 種のセメント間には有意差が認められなかった。

3. 耐火模型で製作した試料は、CEREC® で製作した試料に比較して間隙量がやや小さくなる傾向を示した。

以上の結果から、セメント合着後も数十 μm ~百数十 μm の間隙量を示し、1 回の来院でポーセレンラミネートベニアの処置が完了する CEREC® は臨床で大きな可能性を持つことが示唆された。

文 献

- 1) Rekow, D. : Computer-aided design and manufacturing in dentistry : A review of the state of the art, J Prosthet Dent, 58 : 512~516, 1987.
- 2) Duret, F., Blouin, J.L. and Duret, B. : CAD/CAM in

dentistry, J Am Dent Assoc, 17 : 715~720, 1988.

- 3) 野々村友佑 : 歯科修復用 CAD/CAM システムにおける光学印象の検討, 愛院大歯誌, 27 : 83~114, 1989.
- 4) 川中正雄 : 歯科用 CAD/CAM システムの開発に関する研究, 阪大歯学誌, 35 : 206~239, 1990.
- 5) Moermann, W.H., Brandestini, M., Lutz, F. et al : Chairside computer-aided direct ceramic inlays, Quintessence Int, 20 : 329~339, 1989.
- 6) Moermann, W.H., Brandestini, M., Lutz, F. et al : CAD-CAM ceramic inlays and onlays : a case report after 3 years in place, J Am Dent Assoc, 120 : 517~520, 1990.
- 7) Isenberg, B.P., Essig, M.E., Mueninghoff, L.M. et al : Clinical evaluation of CEREC CAD/CAM restorations, J Dent Res, 69 : 308, 1990.
- 8) Fett, H.P., Moermann, W.H., Krejci, I. et al : The effect of short bevels and silanization on marginal adaptation of computer-machined mesio-occlusodistal inlays, Quintessence Int, 22 : 823~829, 1991.
- 9) 丸山剛郎, 中村隆志, 日野年澄 : ポーセレンラミネートベニアの臨床応用, 1~87, クインテッセンス出版, 東京, 1991.
- 10) 中村隆志, 今西 仰, 丸山剛郎 : セレックシステム—新ソフトウェアを備えた歯科用 CAD/CAM システム—, 歯科審美, 4 : 47~53, 1992.
- 11) Moermann, W.H. and Brandestini, M. : Die CEREC Computer Reconstruction : Inlays, Onlays und Veneers, 17~33, Quintessenz, Berlin, 1989.
- 12) Essig, M.E., Isenberg, B.P., Leinfelder, K.F. et al : In vitro evaluation of Cerec veneers utilizing standardized preparation template, edited Moermann, W.H., Proceedings international symposium on computer restorations, 547~552, Quintessence, Chicago, 1991.
- 13) Horn, H.R. : Porcelain laminate veneers bonded to etched enamel, Dent Clin North Am, 27 : 671~684, 1983.