

투고일 : 2016. 6. 27

심사일 : 2016. 7. 4

게재확정일 : 2016. 7. 11

CAD-CAM 인레이/온레이 수복을 위한 와동형성의 가이드라인

부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

손 성 애

ABSTRACT

Preparation guidelines for CAD/CAM inlay/onlay restorations

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University
Song Ae Son, DDS, Ph.D,

Currently with the continuous development of ceramic and cementation materials, CAD-CAM(Computer-aided design/Computer-aided manufacture) restorations are becoming increasingly popular in esthetic dentistry. Preparation design is influenced by the selected restorative material, the fabrication method, and the ability to bond the restoration. For long-lasting CAD/CAM inlay/onlay restoration, clinicians should understand the basic knowledge of CAD/CAM restoration's cavity design to obtain the fracture resistance and proper fitting margin. This article gives an overview of preparation guidelines for CAD/CAM inlay/onlay restorations.

Key words : CAD-CAM(Computer-aided design/Computer-aided manufacture), preparation guidelines, inlay, onlay

Corresponding Author

손성애

부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

E-mail : song-ae@hanmail.net

I. 서론

1971년 FrancoisDuret의 Spha시스템을 시작으로 도입된 치과용 CAD/CAM (Computer-aided design/Computer-aided manufacture) 시스템은 전통적인 치과 수복물의 제작 방식에 큰 변화를 가져오고 있다. 특히 인상재와 트레이를 이용한 아날로그식 인상 시스템과 달리, 디지털 인상 과정을 통해 환자의 구강 상태를 3차원적으로 입력한다. 디

지탈 인상은 구강 내 스캐너를 이용하여 환자의 구강 정보를 직접 채득하는 방식과, 인상 과정을 통해 제작한 석고 모형을 데스크탑 스캐너를 이용하여 간접적으로 채득하는 방식으로 나눌 수 있으며, 이를 바탕으로 수복물을 설계하고(CAD), 밀링 머신을 이용하여 수복물을 제작(CAM)한다^{1~3)}. 오늘날 치과용 CAD/CAM 기술은 1980년대 중반에 CEREC 시스템의 초기 버전이 소개된 이후 지속적으로 새로운 모델이 개발되고 있다. 치아와 수복물간 접착기술의 발

달과 더불어 보다 나은 물성을 가지면서도 심미적인 치과용 세라믹이 소개되고 있으며, CAD/CAM 기술은 이러한 재료의 개발과 함께 더욱 발전하였다⁴⁾.

CAD/CAM시스템으로 제작된 수복물의 정밀성은 CAD/CAM 시스템 및 스캐너의 종류, 광학인상채득 방법뿐만 아니라 치아 삭제 형태, 수복 재료, 접착 방법 등 수복물이 구강 내에 장착되기까지 거치게 되는 각 과정의 영향을 받는다. CAD/CAM 기술은 밀링 기계를 이용하여 일체형 블록을 삭제하는 방식으로 수복물이 제작되며 CAD/CAM 시스템의 종류에 따라 밀링방식의 영향을 받게 된다⁴⁾. 특히 밀링기계에 부착되어 있는 bur의 형태학적 구조는 수복물 내/외면의 형태 재현성과 밀접한 관련이 있다. 즉, CAD상에서는 치아의 와동구조에 따라 수복물이 디자인 되었음에도 불구하고, 실제적으로 밀링하는 bur의 길이나 직경 등으로 인해 수복물 형태의 재현성에 한계가 존재할 수 있으며, 결과적으로 이것이 수복물의 내면 및 변연 적합에 부정적인 영향을 줄 수 있다^{5, 6)}. 그러므로 임상가는 CAD/CAM 시스템 자체가 가지는 이러한 한계를 인지해야 하며, 와동형태와 밀링 과정을 통해 제작된 실제 수복물 형태 간의 오차를 줄일 수 있도록 와동의 형태를 디자인하고, 적절한 재료 및 접착방법을 선택할 수 있어야 한다.

CAD/CAM 기술로 제작된 수복물에 대한 많은 연구들에서 치아 삭제 형태가 내면적합성, 변연적합성, 수복물의 파절저항성 등에 미치는 영향에 대해 보고하고 있다⁶⁻¹⁰⁾. 일반적으로 CAD/CAM 시스템을 이용하여 인레이 또는 온레이를 제작하기 위해서는 적절한 삭제량, 명확한 변연, 치은측에서 교합면 방향으로 벌어지는 축벽, 등근 내측 선각, 언더컷이 없는 와동 디자인을 추천한다⁹⁻¹²⁾. 본 지면에서는 CAD/CAM 시스템으로 제작되는 인레이 또는 온레이 수복물의 와동형성에 대한 기본적인 가이드라인에 대하여 자세히 알아보고, 이를 치아 모형 상에서 적용해 보아 향후 CAD/CAM 시스템을 이용한 수복 시술에 도움을 주고자 한다.

II. CAD/CAM 인레이/온레이 수복물을 위한 와동형성 원칙

1) CAD/CAM 시스템의 milling bur에 대한 이해

와동형성의 원칙을 설명하기 전에 CAD/CAM 시스템의 밀링에 사용되는 bur의 구조를 이해해야 한다. 예를 들어 Chair side CAD/CAM system인 CEREC에서는 milling unit의 왼쪽 부분에 위치하는 밀링 bur인 Step bur 10번이 수복물의 내면(fitting surface)를 밀링 한다. Bur의 작업길이는 10.5mm이기 때문에 수복물 내면의 작업 길이가 10.5mm 이상인 경우에는 밀링하는 것이 어렵다. Cylinder pointed bur는 milling unit의 오른쪽에 위치하며 교합면의 형태를 밀링한다. 이 bur의 첨단부위의 디자인에 따라 교합면 형태 재현의 정밀성이 달라질 수 있다. 또한 milling bur의 직경도 CAD/CAM 수복물의 와동 디자인에 영향을 준다. Step bur 10번의 직경이 1.0mm이기 때문에 하악 전치와 같이 치아의 크기가 작은 경우, 삭제한 전치의 절단측 순של 두께가 적어도 1.0mm의 두께를 가져야 한다. 이보다 얇은 두께로 치아를 삭제하면 최종 수복물의 절단측 내면적합도가 떨어지고, 수복물의 약화가 초래 될 수 있다. 수복물의 corner 또한 bur의 직경과 관련하여 고려되어야 하는 부분이다. 두 개의 밀링 bur의 직경(cylinder pointed bur width: 1.6mm, Step bur 10: 1.0mm)에 따라 bur가 삭제할 수 없는 부분이 발생하기 때문에 이를 고려하여 와동을 적절하게 디자인해야 한다³⁾.

2) 와동의 외형 및 선각의 형성

CAD-CAM 수복을 위한 와동에서 모든 변연은 수복물과 치아의 변연 강도를 위하여 90°의 와연변연각도를 가져야 한다^{10, 12)}. 수복물과 치아에 대한 응력 집중을 방지하기 위해 모든 내면, 외면의 선각과 첨각을 둥글고 부드럽게 이행시키는 것은 파절 위험을 감소시키며, 수복물의 제작 또한 용이하게 한다. 소와 열구

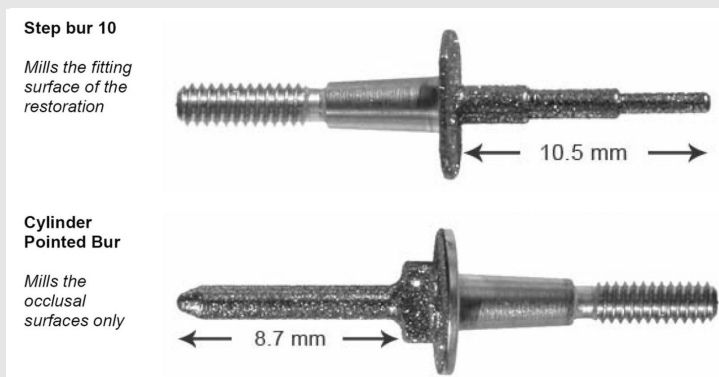


그림 1. Cerec 시스템의 밀링bur 사진 (Step bur 10번-길이: 10.5mm, 직경: 1.0mm(상단), Cylinder pointed bur-길이: 8.7mm, 직경: 1.5mm(하단))¹³⁾.

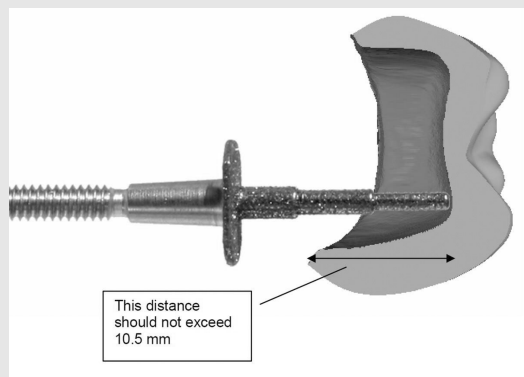


그림 2. Cerec 시스템의 수복물 내면 밀링시 작업길이가 10.5mm이상인 경우 step bur 10번의 작업장 길이를 넘어서게 되어 밀링이 어렵게 된다.¹³⁾.

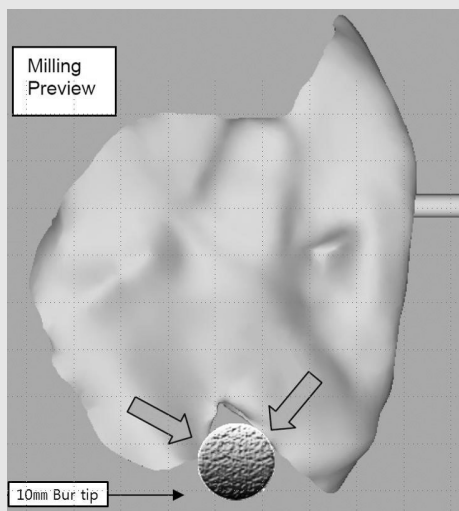


그림 3. 급격하게 꺾이는 corner부분에서는 milling bur의 직경으로 인하여 설정된 외형보다 과도한 milling이 발생할 수 있다. 이것은 수복물과 치아간 공극을 야기한다.¹³⁾.

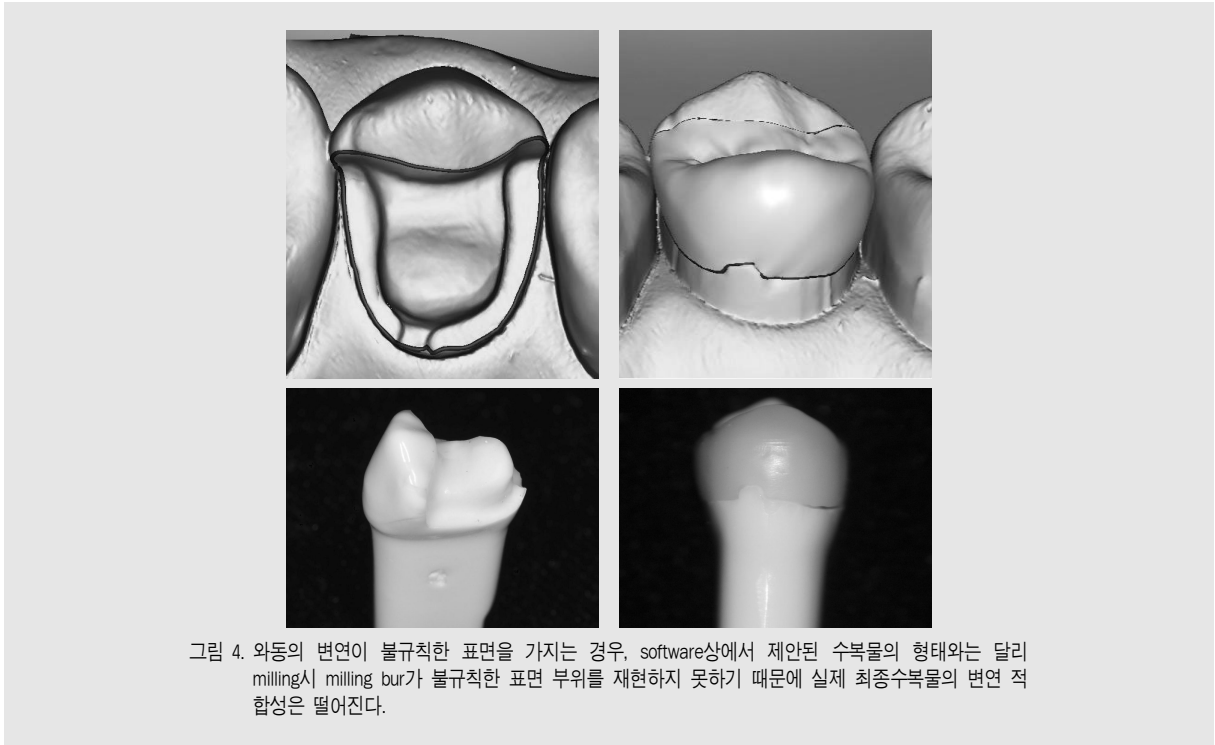


그림 4. 와동의 변연이 불규칙한 표면을 가지는 경우, software상에서 제안된 수복물의 형태와는 달리 milling시 milling bur가 불규칙한 표면 부위를 재현하지 못하기 때문에 실제 최종수복물의 변연 적 합성은 떨어진다.

를 따르는 교합면의 와동 외형을 복잡하게 설정할 경우, 앞서 언급한 밀링 bur의 직경 등으로 인해 와동의 외형이 이어지는 부위에서 기계적인 결함이 생길 수 있으므로 교합면 외형은 단순하면서도 부드럽게 이어 지도록 삭제한다. CAD-CAM 수복물의 두께는 대합 치와의 교합 상태에 따라 달라지며 와동에 대하여 수 동적인 삽입과 명확한 변연은 광학 인상채득 및 수복 물의 제작을 용이하게 한다¹⁴⁾.

3) 와동벽면의 이개도와 언더컷

일반적으로 언더컷이 없어야 수복물의 삽입과 철거

가 가능하며, 접착 과정에서 시멘트의 두께를 균일하 게 유지할 수 있다. 와동형성에 사용되는 버는 협측, 설측면이 교합면쪽으로 확대되는 형태를 가지고 있어야 하며, 이는 수동적인 수복물의 삽입과 철거를 가능 하게 한다. 기구의 장축면과 bur tip의 연결부위는 응력이 집중될 수 있는 예리한 내면각을 만들지 않도록 완만해야 한다. 치은에서 교합면 쪽으로의 이개도는 주조 금속 수복물에서 추천되는 최소 2-5° 보다는 큰 10-12°가 추천된다⁹⁾. 교합면 방향의 특정각도에 서 약간의 편차를 허용지만 이러한 각도를 부여하는 것은 광학인상채득 시 와동의 내부외형을 잘 인기하도

표 1. CAD/CAM 인레이/온레이 수복을 위한 와동형성의 가이드라인⁹⁾.

| Internal form | External form |
|--------------------------------------|---|
| 1.5 to 2mm of pulpal depth | 90° cavosurface margin |
| Rounded internal line angles | 2mm of isthmus width |
| 10° to 12° of axial wall convergence | 2mm of occlusal reduction for cusp coverage |
| 1 to 1.5mm of axial wall reduction | Smooth flowing margin |

록 하며 최종 수복물의 try-in과정에서 수복물과 와동의 내부 벽면사이의 과도한 접촉을 줄여 수복물의 최종적인 위치에 쉽게 안착 시킬 수 있게 한다. 그러나 변연부위가 아닌 와동의 내벽에 있는 아주 작은 언더컷인 경우에는 CAD software 자체에 광학 인상을 채득한 모형에 간단한 block-out 작업이 자동적으로 가능하므로, 이러한 기능을 이용하면 모든 언더컷을 완벽하게 제거하기 위하여 와동의 범위가 과도하게 확대되는 것을 막을 수는 있다³⁾.

4) 와동의 최소 삭제 두께와 교두 피개 디자인

CAD/CAM 수복물은 교합력에 대한 파절 저항성을 가지기 위하여 최종 수복물이 최소 1.5-2mm 두께를 가질 수 있도록 와동을 삭제해야 한다. 또한 교두 사이(isthmus)와 교합면 구의 연장 부위의 폭은 수복물 파절을 방지하기 위하여 적어도 2mm가 되어야 한다. 협측과 설측면은 건진 치질까지 연장되어야 하고, 교두 주위는 부드럽게 이행하도록 한다. 부적절한

수복물의 두께는 결국 수복물 파절저항의 약화를 초래한다. 수복물의 두께, 수복물의 교두사이 폭경, 부드럽게 이행되는 90°의 와연변연 각도는 수복물이 교합하중을 견디는데 중요한 역할을 한다⁴⁾.

CAD/CAM 수복을 위한 와동 형성 시 약화된 교두나 잔존치질의 양이 적어 치아 구조의 보호가 필요한 경우에는 와동 디자인을 변경할 필요가 있다. 와동이 중심구와 교두정간 거리의 2/3 이상 연장되면 수복물이 교두를 피개하는 형태를 가지도록 와동을 형성한다. 와동형성 디자인에 교두의 피개가 포함되는 경우에는 최소 교합면 삭제가 2mm 이상 되도록 하는 것이 교합력이 가해지는 상황에서 수복물의 파절저항에 유리하다. 특히, 중심 교합이나 기능운동 시에 접촉되는 교두는 shoulder 변연을 형성하며 이때, shoulder 부분의 측벽은 충분히 깊게 형성하여 수복물의 적절한 두께를 제공해야 한다⁹⁻¹¹⁾. 인접면 박스의 형성 시 협측, 설측, 치은측 변연은 인접치아와 적어도 0.5mm의 공간이 있도록 형성하며, 치은측 변연

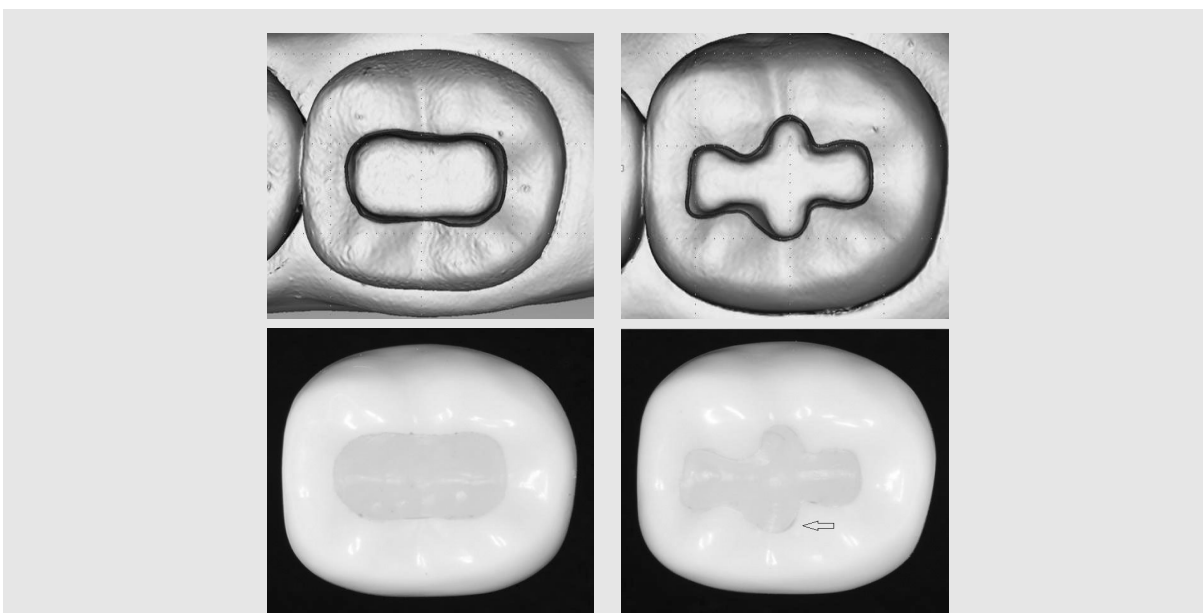


그림 5. CAD/CAM 수복물의 교합면 와동디자인은 소와 및 열구를 따라 와동의 외형을 복잡하게 설정하는 것 보다 단순한 외형을 가지는 것이 유리하다. (우측하단의 화살표: 와동의 외형이 복잡한 경우 수복물과 치아간 공극이 더 많이 관찰된다.)

의 위치가 법랑질에 위치하는 것이 수복물의 접착 후 변연봉쇄에 유리하다. 깊은 치은변연은 광학 인상채득이나 접착 과정에서 격리의 어려움이 있으므로 치은측 변연은 최소한으로 연장하는 것이 좋다.

그 밖의 협면 또는 설면에 우식이나 다른 손상이 있을 경우, 결손부위를 포함하기 위해서 와동은 치아의 능각을 돌아 연장하도록 하고 충분한 shoulder 변연을 형성하여 적절한 두께의 변연을 이루게 한다.

Ⅲ. 결론

수복치료에 있어 와동의 디자인은 사용하고자 하는 재료의 종류와 수복물의 제작/수복방법, 그리고 수복물-치아간 접착 유무 등에 따라 달라질 수 있다.

G.V.Black이 고안한 전통적인 와동의 디자인에서 수복물의 유지는 주로 와동의 기계적인 형태에 의존하였으나, 수복물-치아간 접착의 발달로 인하여 보다 최소 침습적인 치아 삭제가 가능하게 되었다. 더 나아가 CAD/CAM 수복을 위한 와동의 디자인을 위해서는 CAD/CAM 시스템 각 과정에서 발생 할 수 있는 기계적인 한계에 대한 이해가 더해져야 하므로, 과거의 주조형 수복물을 위한 와동의 형태와 근본적으로 다르다고 할 수 있겠다^{8, 9)}. 그러므로 성공적인 CAD/CAM 수복물의 제작을 위하여 적절한 증례를 선택하고, 수복 재료 및 접착 방법을 적용하는 것 뿐만 아니라, CAD/CAM 시스템에 대한 이해를 바탕으로 한 와동의 디자인 및 세부사항에 대한 주의 깊은 고려가 필요하다.

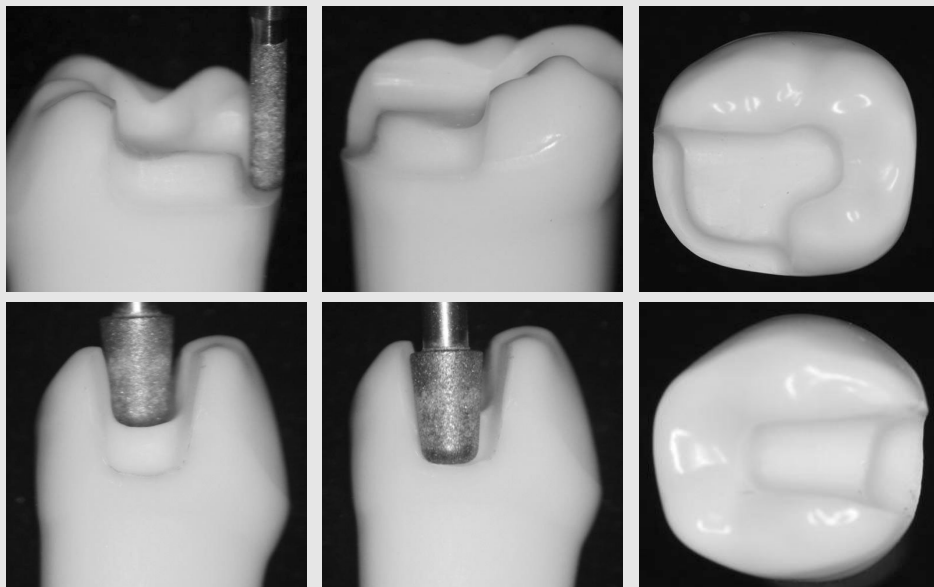


그림 6. CAD/CAM시스템을 이용한 인레이, 온레이의 와동형성 시 적절한 삭제량을 확보하고, 명확한 변연과 치은측에서 교합면 방향으로 벌어지는 측벽 및 둥근 내측 선각을 가지며, 언더컷이 없도록 치아를 삭제하는 것이 중요하다.

참 고 문 헌

1. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J*. 2009 Jan;28(1):44-56.
2. Christensen GJ. The state of fixed prosthodontic impressions: room for improvement. *J Am Dent Assoc*. 2005 Mar;136(3):343-6.
3. Rekow ED. High-technology innovations and limitations for restorative dentistry. *Dent Clin North Am*.1993;37(2):513-524.
4. Li RW, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res*. 2014 Oct;58(4):208-16.
5. Kachalia PR1, Geissberger MJ. Dentistry a la carte: in-office CAD/CAM technology. *J Calif Dent Assoc*. 2010 May;38(5):323-30.
6. Sjögren G. Marginal and internal fit of four different types of ceramic inlays after luting. An in vitro study. *Acta Odontol Scand*. 1995 Feb;53(1):24-8.
7. Mörmann W, Krejci I. Computer-designed inlays after 5 years in situ: clinical performance and scanning electron microscopic evaluation. *Quintessence Int*. 1992 Feb;23(2):109-15.
8. Molin M, Karlsson S. The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems. A clinical and in vitro study. *Acta Odontol Scand*. 1993 Aug;51(4):201-6.
9. Hopp CD, Land MF. Considerations for ceramic inlays in posterior teeth: a review. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2013 Apr 18;5:21-32.
10. Beier US, Kapferer I, Burtscher D, Giesinger JM, Dumfahrt H. Clinical performance of all-ceramic inlay and onlay restorations in posterior teeth. *Int J Prosthodont*. 2012 Jul-Aug;25(4):395-402.
11. Beier US1, Kapferer I, Dumfahrt H. Clinical long-term evaluation and failure characteristics of 1,335 all-ceramic restorations. *Int J Prosthodont*. 2012 Jan-Feb;25(1):70-8.
12. Arnetzl GV, Arnetzl G. Design of preparations for all-ceramic inlay materials. *Int J Comput Dent*. 2006 Oct;9(4):289-98.
13. CEREC 3D preparation guidelines. Sirona
14. Art and Science of Operative Dentistry. Sixth edition. 280-95.