

적층가공방식을 이용한 열가압 세라믹 라미네이트 비니어의 적합도: 3차원 분석

강신영, 이하나, 김어빈, 이경은, 김지환, 김웅철
고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공

Fitness of heat - pressed ceramic laminate veneer using additive manufacturing process: 3 Dimensional analysis

Seen-Young Kang, Ha-Na Lee, Eo-Bin Kim, Kyung-Eun Lee, Ji-Hwan Kim, Woong-Chul Kim
Department of Public Health Science, Graduate school, Korea University

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study is to analyze the fitness of heat - pressed ceramic laminate veneers fabricated using the additive manufacturing.

Methods: Impression was replicated by using light body silicone and heavy body silicone on the custom tray, and it was fabricated using Type IV Stone. The test specimens were prepared by using a dental scanner, a laminating veneer using a dental design program, and a specimen with a 3D printer . The control specimens were prepared by the lost wax technique and heat - pressed to fabricate the specimens. The data of the specimens were measured by the RMS value of the internal fitness a using a 3-dimensional measurement program.

Results: The Stereolithography laminate veneer group was measured at 78.10(4.09) μm and the LWV group was measured at 31.50(5.10) μm . There is a significant difference between the two groups ($p < 0.001$)

Conclusion : Evaluation of fitness laminate veneers was fabricated by additive manufacturing showed the difference statistically significantly and clinically acceptable result.

◉ **Key words:** Stereolithography; Additive manufacturing; 3 dimensional evaluation; Laminate veneer; Lithium disilicate

* 본 논문은 2016년도 중소기업청 산학연협력기술개발(1425098548)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

Corresponding author	Name	김 웅 철	Tel.	02-3290-5667	E-mail	kuc2842@korea.ac.kr
	Address	서울 성북구 안암로145 고려대학교 하나과학관 B동 377호				
Received	2017. 5. 25	Revised	2017. 9. 8	Accepted	2017. 9. 15	

I. 서론

세라믹 라미네이트 비니어는 1938년 영화산업에서부터 시작되었으며, 이는 근접촬영 시에 영화배우의 심미성을 향상시키기 위한 목적으로 얇은 도재를 치아에 붙여 사용하면서부터 시작되었다고 할 수 있다(Oh & Shin, 2003). 특히 라미네이트 비니어는 심미성을 대표하는 보철물로서 치아를 최소 삭제하여 치아의 표면에 접착시키는 심미보철이다. 현재 치과 보철물에 대한 만족도는 시대의 흐름에 따라 단순한 저작과 교합뿐만 아니라 심미적인 측면도 고려하는 방향으로 진행되고 있다. 현재 리튬디실리케이트는 세라믹이 이러한 보철물의 제작에 많이 사용되어지고 있으며, 특히 IPS Empress 가압성형법을 활용한 라미네이트 비니어가 자연치와 매우 유사한 것으로 평가되어지고 있다(Oh et al, 2000).

리튬디실리케이트는 친화성이 높고 열전도율이 낮으며 파절에 대한 저항성도 우수하다 (Zanotto, 2010). 또한 이것의 제작에 있어서 직접 도재를 적층하는 법(Layer)보다 IPS Empress 같은 가압성형법을 이용한 수복물이 변연 적합도가 더 좋다고 보고되고 있다(Sulaiman et al, 1997). 열가압성형법에 있어서는 기존의 보철물 제작방법과 같이 왁스를 용융시켜 왁스패턴을 제작한 후에, 매몰 및 소환을 하고 열가압 세라믹과 전용 소환로를 사용하여 주조를 한다 (Neves et al, 2014). 그러나 왁스는 열팽창계수가 높고, 탄성계수가 높으며 변형되기도 쉽다. 또한 왁스는 직접 조작할 때 0.4% 수축과 주조할 때 0.2%의 수축을 한다(Ural et al, 2010). 그리고 왁스를 용융시켜서 제작하는 보철물은 제작하는 사람의 숙련도에 따라 왁스의 성질이 달라지고, 보철물의 일률적인 제작이 불가능하며 가공시간과 노동력이 많이 요구되어 진다. 하지만 현재 이러한 점을 보완하기 위하여 보철물 제작의 자동화가 이루어지기 시작하면서 캐드캠의 도입이 치과기공계에서 적용되어지고 있다. 캐드캠시스템은 절삭가공방식과 적층가공방식으로 분류되고 있다. 절삭가공방식은 현재 치과기공계에서 대중화 되어져 사용되어지고 있다. 그러나 절삭가공방식은 블록형태의 재료를 절삭하여 보철물

을 제작하는 방식인데 불필요하게 소모되어지는 재료가 많으며 함몰부위가 깊거나 넓은 부분(undercut)의 재현성이 떨어지는 등의 단점이 있다(Han, 2016). 이에 반해 적층가공방식은 현재 일부 산업분야에만 사용되어졌으나, 의료계에서도 관심이 높아지면서 3D프린터의 연구개발이 활발히 이루어지고 있다(Beer, 2006). 3D프린터의 방식 중 μ -SLA (Micro-stereolithography) 방식은 CAD프로그램의 3D모델로 제작되어지며, 레이저는 광경화성 액상수지가 UV(ultra violet)를 직접 조사하여 레진을 경화시키며 적층하는 방식으로, 5-20 μ m의 얇은 두께로 적층되며, 해상도가 매우 뛰어나다.(Van Noort, 2012). 또한 현재 기존의 수작업으로 제작되는 왁스조각법을 대체하여 작업시간을 단축시킬 수 있어 일의 효율성이 증가되며, 재료의 소모도 적어 경제적이다(Kim et al. 2012).

그럼에도 불구하고 현재 캐드캠 가공방식인 적층가공 방식을 이용하여 제작한 열가압 라미네이트 비니어 보철물의 품질평가에 관한 연구는 별로 없는 형편이다. 더욱이 이를 3차원 분석프로그램(Geomagic Verify, Geomagic GmbH, Stuttgart, Germany)으로 내면적합도를 평가한 연구는 없다고 할 수 있다. 따라서 이 연구의 목적은 가공방식에 따라 리튬디실리케이트로 열가압하여 제작된 라미네이트 비니어 보철물의 내면적합도를 3차원적인 방법으로 평가함으로써 임상적 적용에 참고가 되는 것이다.

II. 연구 방법

1. 작업모형 선정

본 연구를 위한 주모형은 라미네이트 제작용 기성 모형(Model PE-PRO 001, NISSIN DENTAL Products inc, Japan)을 선정하였으며, 여기서 상악 좌측 중절치를 지대치로 사용하였다. 주모형을 Light body 실리콘(Aquasil Ultra XLV: Dentsply DeTrey, GmbH, Konstanz, Germany), Heavy body 실리콘(Aquasil Ultra Rigid: Dentsply DeTrey, GmbH, Konstanz, Germany)과 기성트레이를 이용하여 음형으로 복제

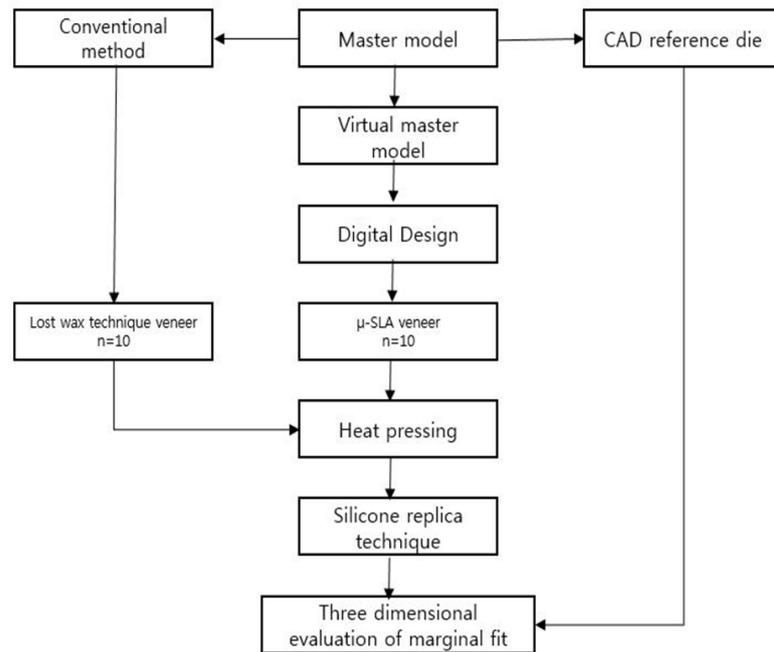


Figure 1. Experimental procedure.

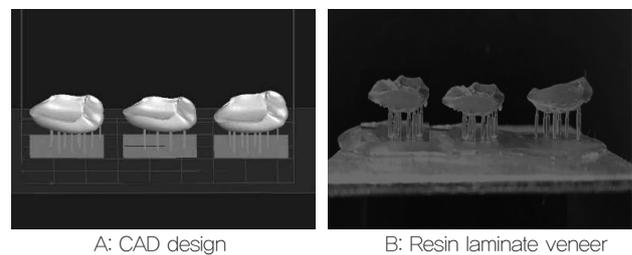
하고, TypeIV 경석고(GC Fujirock EP, GC Corp, Leuven, Belgium)를 주입하여 작업모형을 제작하였다.(Fig.2)



Figure 2. Master model.

2. Veneer 시편의 제작

실험군은 적층가공방식 기술에 의해 제작되어진 SLA veneer (SLV)그룹 10개, 기존의 전통적인 방식인 Lost wax technique veneer (LWV)그룹 10개로 하였다. 본 실험을 위해 총 20개의 시편을 제작하였다.



A: CAD design

B: Resin laminate veneer

Figure 3. SLA working process.

1) 적층가공방식을 이용한 SLA Veneer 시편 제작

라미네이트 주 모형을 랩 스캐너(Identica Blue, Medit, Seoul, Korea)로 스캔하고 STL 파일로 저장하였다. 그리고 저장된 STL파일을 캐드 디자인 프로그램(Exocad GmbH, Darmstadt, Germany)으로 이동하여 라미네이트 비니어를 디자인하였는데, 마진 상방 1mm 위에 시멘트 내면공간 20 μ m를 부여하였다. 디자인 후에 완성된 데이터를 3D 프린터 프로그램(Geomagic orint for projet 1200 program)을 이용하여 플랫폼에 3개씩 나열하고, 3D프린터 (ProJet 1200,

3D Systems, Rock Hill, SC, USA)로 적층가공하였다 (Fig.3).

2) 수작업방식을 이용한 veneer 시편 제작

주모형을 라이트 바디 실리콘(Aquasil Ultra XLV; Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) 과 헤비 바디 실리콘(Aquasil Ultra Rigid; Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany)으로 복제하고 TypeIV 경석고(GC Fujirock EP, GC Corp. Leuven, Belgium)를 주입하여 10개의 작업모형을 제작하였다. 모형의 마진상방 1mm 위로부터 대략 20 μ m 두께로 다이스페이서(Nice Fit; Shofu Inc, Kyoto, Japan)를 도포하고, 모델링 왁스(Yeti wax, Dentalproducte GmbH, Engen, Germany)로 veneer 시편을 제작하였다.

3) 세라믹의 열가압 성형

총 20개의 시편을 제작한 후에 프레싱 전용의 실리콘매몰링에 주입선을 3mm의 높이로 연결하였다. 이어서 전용의 매몰재(Prime vest, BK Giulini Ludwigshafen, Germany)를 제조회사의 지시에 따라 혼합하여 매몰을 실시하였다. 매몰링은 850 $^{\circ}$ C 소환하고 1시간 20분 동안 계류시켰다. 그리고 세라믹의 가압을 위해서 준비된 인고트(HASS Rosseta sp HT, HASS, Korea)를 매몰링 주입구 내에 삽입하였다. 이어서 플린저를 끼우고 920 $^{\circ}$ C의 열가압 전용 소환로에서 온도에서 열가압 성형을 하고, 매몰링을 서냉시켰다. 매몰링으로부터 프레스 되어진 보철물을 제거한 후에는 그 내면을 glass bead로 blasting하여 내면의 산화막을 제거하였다.

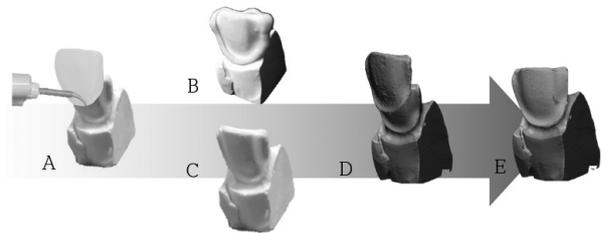
3. 실리콘 복제법을 이용한 3차원 측정

시대치와 라미네이트 비니어 사이의 시멘트공간은 라이트바디 실리콘(Aquasil Ultra XLV; Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany)을 주입하여 적

합한 후 손으로 직접 가압하는 방식으로 내면을 복제하였다(Fig.4). 이어서 외부로 넘쳐나온 실리콘을 조심스럽게 집게로 제거하고, 비니어를 조심스럽게 벗겨 내었다. 이어서 램 스캐너를 이용하여 스캔하여 silicone replica data를 얻었다. 그리고 이 silicone replica data와 reference data를 3차원 평가 프로그램(Geomagic Verify, Geomagic GmbH, Stuttgart, Germany)으로 best fit alignment 하였고, whole deviation을 통하여 전체 RMS값을 계산하였다(Schaefer et al, 2012).

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}}$$

RMS값은 위와 같은 공식에 의해 측정되어진다. 여기서 1은 reference 측정포인트, 2는 실리콘복제법 데이터, 그리고 n은 측정된 포인트(measure point)의 총수를 말한다(Geomagic Verify 2015; Geomagic GmbH).



A. Silicone replica processing B. Silicone replica model C. Reference model D. Best fit alignment (silicone replica + reference scan data) E. Superimposition

Figure 4. 3D -Analysis process.

4. 통계 분석

적층가공방식인 SLV그룹과 기존의 방식인 LWV그룹으로 제작한 라미네이트 비니어의 내면 스캔데이터의 값의 평균, 표준편차를 이용하여 통계적 유의성을 검정하였다. 통계 소프트웨어 프로그램으로는 IBM SPSS Statistics 23.0(IBM SPSS Inc., USA)을 이용하였다. 정규성검정은 Levene의 등분산검정을 만족시켰고, 적층가공방식과 기존방식으로 제작되어진 독립표본의 T-검정을 시행하였으며, 통계적 판단을 위해서는 제1종

의 오류의 수준을 0.05로 하였다.

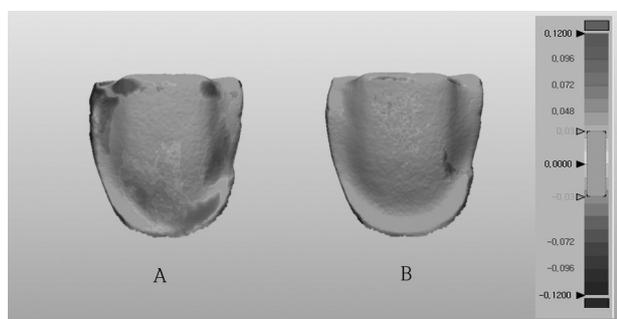
III. 결 과

적층방식으로 제작된 라미네이트 보철물 내면의 적합도를 알아보기 위하여 3차원적 프로그램에서 얻은 데이터 값을 RMS(root mean square)값으로 환산하였고 평균과 표준편차를 구하였다(Table 1).

RMS값은 실험군인 SLV그룹에서 78.10(4.09) μm 이었고, 대조군인 LWV그룹에서는 31.50(5.10) μm 이었다. 그리고 이들 사이에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($P < 0.001$).

Table 1. Comparison of Laminate veneer is fabricated by additive manufacturing and lost wax technique (Unit: μm)

Group	Mean (μm)	SD (μm)	RMS(μm)		P-value
			Lower	Upper	
SLV	78.10	4.09	72.50	84.50	$P < 0.001$
LWV	31.50	5.10	27.84	35.15	



A.SLA Veneer B. Lost Wax technique Veneer

Figure 5. Qualitative analysis.

IV. 고 찰

본 연구에서는 적층가공방식인 Micro SLA방식과 왁스를 조각하여 제작되어진 라미네이트 비니어 보철물의 내면 적합도를 고정밀 3차원 측정프로그램을 이용하여 정성적분석과 정량적 분석으로 평가하였다. 일반적으로 내면의 적합도를 측정하는 방식은 2차원 측정방

법과 3차원 측정방식으로 구분된다. 2차원 측정법으로는 눈으로 직접보고 측정하는 방법, 단면을 잘라서 측정하는 방법, 임프레션을 이용하여 마진의 깊을 측정하는 방법 그리고 눈으로 찾아서 탐침하는 방법 등이 있다 (Sorensen, 1990). 나아가 방사선을 이용하여 치아 및 보철물을 손상없이 분석하는 Micro CT 측정법도 있다 (Alajaji et al, 2017). 그렇지만 Micro CT측정법은 높은 비용과 측정 영상이 현미경보다 선명하지 못한 단점을 가지고 있다. 라미네이트 비니어 보철물의 측정에 있어서, 선행논문에서는 주로 전자현미경으로 직접 마진 부위를 확대하여 측정하는 방법을 이용하였다(Tahereh Ghaffari et al, 2016), 또한 비니어 보철물의 내면적합도를 시적된 보철물을 직접 절단하여 치아와 보철물 사이의 시멘트 두께를 전자현미경으로 측정하는 방식도 있다(Aboushelib et al, 2012). 그러나 이러한 방식은 모형에 손상을 줄 뿐만 아니라, 실험의 정확성도 낮고 많은 시간이 소모되는 단점이 있다.

한편 본 논문에서는 3차원 측정방식을 사용하였다. 3차원 적합도 측정법은 모형의 손상을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 스캐닝을 통해 보철물의 3차원 형상을 측정하므로 측정하기 어려운 부위까지도 측정이 가능한 장점을 가지고 있다(Kim et al, 2016). 이러한 측정법 가운데 기존의 3차원 적합도 측정법은 reference die 모형과 보철물 내면을 스캔한 data file을 직접 중첩하는 방법을 주로 사용하였다(Bae et al, 2017). 그러나 광학식 스캐너는 세라믹처럼 빛의 투과성이 큰 물체는 스캔이 어려우므로 물체의 표면에 스캔 스프레이를 일정하게 도포한다. 이렇게 되면 술자에 따라 스프레이 두께에 따른 오차 값이 다르게 발생할 수 있는 단점이 있다 (Dehurtevent et al, 2015). 그러나 본 논문에서는 선행 논문과 같이 2차원방식인 실리콘복제법을 이용하여 3차원적 측정을 실시하였다 (Kim et al, 2013). 실리콘 복제법을 이용하면 보철물 내면을 실리콘으로 대체하여 광학식 스캐너를 이용한 직접 스캔이 가능하므로 스캔 스프레이 사용하지 않아 오차를 줄일 수 있다. 그렇기 때문에 보다 정확한 데이터를 측정할 수 있다. 이러한 방식으로 취득되어진 데이터들은 best fit alignment을 실시한 후, superimposing을 하여 전체

적합도 값을 도출하였다.

정량적 분석에서는 SLV그룹 78.10(4.09) μm , LWV 31.50(5.10) μm 로 적층가공방식으로 제작된 라미네이트 비니어가 보다 더 높은 결과값을 나타냈으며, 정성적 분석에서는 color difference map을 통하여 적합도를 그림으로 수치화 하였다. Color difference map에서는 빨간색에 가까울수록 대조군 모형과 실험군 모형 사이의 거리에 차이가 있음을 나타내며, 초록색에 가까울수록 보철물 내면의 적합도가 적절한 범위 내에 존재한다는 것을 의미한다. LWV그룹에서는 보철물의 측정부위가 전반적으로 초록색을 띠는 반면, SLV그룹은 절단 우각부위와 마진부위에서 빨간색의 양의오차가 발생하여 모형 사이의 거리가 다소 떨어지는 양상을 보여주었다(Fig.5). 이러한 이유는 다양하지만 우선 SLA방식은 레이저 빛으로 적층하여 가공하는 방식에서 발생하는 레이저의 오차 또는 UV소스가 거울을 통하여 레진의 넓은 영역을 조사하였을 때, 광학 회절량이 증가한 결과 일 가능성이 있어 결과 값이 높게 측정되어졌다(Uwe, 2015). 그러나 정량적분석에서 임상적으로 적절한 범위 내에서 존재하기 때문에 적층가공방식으로 제작된 라미네이트 비니어 보철물이 임상적으로 사용되기에는 어려움이 없다고 생각한다. 그럼에도 불구하고 SLV 그룹의 마진부위가 양의 오차가 크게 나타나기 때문에, 라미네이트 비니어 제작에 있어서 앞으로 지속적인 개선이 이루어져야 한다고 생각한다.

한편 본 연구에서는 몇 가지 제한점도 있다. 먼저 지대치가 표준형태인 모형을 사용하였기 때문에 임상적으로 모두 적용 가능하다고 할 수는 없다. 또한 3차원 측정만으로 라미네이트 비니어 보철물의 적합도 평가를 일반화하기에는 한계성도 존재한다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 임상 지대치 형태를 사용하고, 2차원 측정법과 3차원 측정법을 보다 다양화 하는 등의 심층적으로 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 적층가공방식을 이용하여 제작된 열가

압 세라믹 라미네이트 비니어의 적합도를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. SLV그룹과 LWV그룹간의 적합도를 3차원적 비교 분석한 결과 통계학적으로 유의한 차이($P < 0.001$)를 보였으며, 적합도는 SLV그룹 78.10(4.09) μm , LWV그룹 31.50(5.10) μm 순으로 나타났다.

2. SLV그룹은 정량적 분석에서 임상적으로 적절한 범위이지만, 정성적 분석에서는 순면부와 근심면부 마진부위가 양의 오차가 뚜렷이 발생하기 때문에, 부위별 측정으로 면밀히 연구할 필요가 있다.

REFERENCES

- Aboushelib MN, Elmahy WA, Ghazy MH. Internal Adaptation, Marginal Accuracy and Microleakage of a Pressable Versus a Machinable Ceramic Laminate Veneers. *J Dent*, 40(8), 670–677, 2012.
- Alajaji NK, Bardwell D, Finkelman M, Ali A. Micro-Ct Evaluation of Ceramic Inlays: Comparison of the Marginal and Internal Fit of Five and Three Axis Cam Systems with a Heat Press Technique. *J Esthet Restor Dent*, 2016.
- Bae SY, Park JY, Jeong ID, Kim HY, Kim JH, Kim WC. Three-Dimensional Analysis of Marginal and Internal Fit of Copings Fabricated with Polyetherketoneketone (Pekk) and Zirconia. *J Prosthodont Res*, 61(2), 106–112, 2017.
- Berger U. Aspects of accuracy and precision in the additive manufacturing of plastic gears. *Virtual Phys Prototype*, 10(2), 49–57, 2015.
- De Beer N. Advances in Three Dimensional Printing—State of the Art and Future Perspectives. *J for New Generation Sciences*, 4(1), 21–49, 2006.

- Dehurtevent M, Robberecht L, Béhin P. Influence of Dentist Experience with Scan Spray Systems Used in Direct Cad/Cam Impressions. *J Prosthet Dent*, 113(1), 17–21, 2015.
- Ghaffari T, Hamed-Rad F, Fakhrzadeh V. Marginal Adaptation of Spinell Inceram and Feldspathic Porcelain Laminate Veneers. *Dent Res J*, 13(3), 239, 2016
- Han MS. An evaluation of quality of dental prostheses printed by dental 3-dimensional printing system. *J Korean Acad Dent Tech*, 38(3), 188–191, 2016.
- Kim CM, Jeon JH, Lee JJ, Kim JH, Kim WC. Precision Evaluation of Crown Prosthesis Manufactured by Two Bur and Three Bur. *J Korean Acad Dent Tech*, 38(2), 57–62, 2016.
- Kim KB, Kim JH, Kim WC, Kim HY, Kim JH. Marginal fit evaluation of 3 unit fixed dental prostheses fabricated by rapid prototyping method. *J Korean Acad Dent Tech*, 34(2) 105–11. 2012.
- Kim KB, Kim JH, Kim WC, Kim HY, Kim JH. Evaluation of the Marginal and Internal Gap of Metal–Ceramic Crown Fabricated with a Selective Laser Sintering Technology: Two- and Three- dimensional replica techniques. *J Adv Prosthodont*, 5(2), 179–86, 2013.
- Dehurtevent M, Robberecht L, Béhin P. Influence of dentist experience with with scan spray system used indirect CAD/CAM impressions. *J Prosthet Dent*, 113(1), 17–21, 2015.
- Neves FD, Prado CJ, Prudente MS, Carneiro TA, Karla Zancopé K, Davi LR, Mendonça G, Cooper LF, Soares CJ. Micro-Computed Tomography Evaluation of Marginal Fit of Lithium Disilicate Crowns Fabricated by Using Chairside Cad/Cam Systems or the Heat-Pressing Technique. *J Prosthet Dent*, 112(5), 1134–1140, 2014.
- Oh SC, Dong JK, Lüthy H, Schärer P. Strength and Microstructure of Ips Empress 2 Glass–Ceramic after Different Treatments. *Int J Prosthodont*, 13(6), 468–472, 2000.
- Oh SC, Shin YH. Esthetic restoration of upper anterior teeth by porcelain laminate veneer. *J Dent Rehabil appl Sci*, 19(1), 35–41, 2003.
- Schaefer O, Watts DC, Sigusch BW, Kuepper H, Guentsch A. Marginal and Internal Fit of Pressed Lithium Disilicate Partial Crowns in Vitro: A Three-Dimensional Analysis of Accuracy and Reproducibility. *Dent Mater*, 28(3), 320–326, 2012.
- Sorensen, JA. A Standardized Method for Determination of Crown Margin Fidelity. *J Prosthet Dent*, 64(1), 18–24, 1990.
- Ural Ç, Burgaz Y, Saraç D. In Vitro Evaluation of Marginal Adaptation in Five Ceramic Restoration Fabricating Techniques. *Quintessence Int*, 41(7), 585–590, 2010.
- Van Noort R, Richard. The Future of Dental Devices is Digital. *Dent Mater*, 28(1), 3–12, 2012.
- Zanotto ED. Bright Future for Glass–Ceramics. *American Ceramics Society Bulletin*, 89(8), 19–27, 2010.