

세 가지 방식으로 제작된 레진코핑의 내면적합성 평가: 3차원적 분석

강신영, 박진영*, 김동연, 김웅철

고려대학교 대학원 보건과학과 치의기공전공, 고려대학교 보건과학연구소*

Assessment of internal fitness on resin copings fabricated by 3 – ways methods: Three - dimensional analysis

Seen-young Kang, Jin-Young Park*, Dong-Yeon Kim, Woong-Chul Kim

Department of Dental Laboratory Science & Engineering, College of Health Science, Korea University
Institute for Health Science, College of Public Health Science, Korea University*

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the internal fitness of the resin coping that was fabricated by the traditional and Digital manufacturing methods through 3-dimensional analysis.

Methods: maxillary right second molar was chosen implant master model. Custom-built impression trays were manufactured. After screwing the pick-up impression coping onto the master cast, impressions were made with silicone impression. The Working model was then made with type IV stone. The coping was fabricated: SLAC group (n=8), APPC group (n=8), LAPC group (n=8)

Resin coping data was measured by using a three-dimensional evaluation program. Internal fitness was calculated by RMS (Root Mean Square). It measures mean and Standard Deviation (SD).

Results: Three groups are measured $47.11 \pm (3.08) \mu\text{m}$ total RMS of SLAC group, $48.35 (\pm 1.55) \mu\text{m}$ for total RMS of LAPC group, $43.45 \pm 2.09 \mu\text{m}$ for total RMS of APPC group. Measured value is gradually increased. Followed by autopolymerized pattern resin; Stereolithography resin, Light-activated pattern resin But there were no differences statically ($P > 0.321$).

Conclusion: Evaluation of internal fitness on Resin copings was fabricated by three-ways methods showed that no differences statistically significant and clinically acceptable results

● **Key words:** : Light-activated pattern resin; Autopolymerized pattern resin; Stereolithography; 3D-mensional analysis; Coping

교신저자	성명	김 웅 철	전화	010-8257-8592	E-mail	kuc2842@korea.ac.kr
	주소	서울시 성북구 안암로 145 고려대학교 보건과학대학 치기공학과				
접수일	2016. 10. 28	수정일	2017. 3. 6	확정일	2017. 3. 15	

I. 서론

치아가 상실되면 교합 기능뿐만 아니라 심미적, 심리적인 문제까지도 유발된다. 상실된 치아의 수복을 위해서는 얼마 전까지만 해도 주로 치과용 브릿지 보철물의 제작 방식이 활용되었다(Gyung-Joon Chae et al, 2005). 그러나 1985년 Branemark가 개발한 티타늄 골유착 임플란트가 생물학적 적합성이 있고 임상적으로 수용 가능한 것으로 정의되면서, 임플란트의 상용화가 이루어졌고, 세계적으로 널리 사용되게 되었다(Turkyilmaz 2006). 그리고 현재 수준의 치과용 임플란트가 있기까지는 수많은 실패의 과정이 있었다. 이러한 과정 속에서 고정성 임플란트수복물의 성공여부는 어버트먼트와 픽스처 사이의 수동적인 적합과 골유착성이 가장 중요한 요소로서 자리매김 하기에 이르렀다(Cox and Zarb 1987). 그렇기 때문에 마진에 적합되지 않는 수복물은 2차우식을 일으킬 수 있을 뿐만 아니라 임플란트가 식립되어진 치조골의 손상을 가져올 수 있으며, 궁극적으로 임플란트 시술의 실패로 돌아갈 수도 있다(Ness et al, 1992)

임플란트 수복물의 코핑을 제작하기 위해서 오랜 기간 동안 자가중합형 패턴레진이 가장 많이 이용되고 있다. 최초의 자가중합형 레진은 1950년대에 개발되었다. 자가중합형레진은 왁스보다 크기 안정성이 좋아 변형이 적으므로 코핑의 내면이 헐거워지는 등의 현상을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 분말과 액을 이용하므로 조작이 간편하고, 특히 작업시간 단축되므로 치과분야에서 꾸준히 사용되고 있다(Jørgensen and Ono, 1984). 그리고 재료의 지속적인 발전에 따라 광경화성 패턴레진이 개발되었는데, 이것은 합성유기 재료로 주로 자외선 빛의 에너지로 경화시킨다. 이 재료는 수축률이 적고, 성형성이 높으며 표면안정성이 우수하므로 특히 임플란트 어버트먼트의 내면 구조체 또는 지그 제작에 많이 이용된다.

최근에 디지털 치과산업과 재료는 눈부시게 발전하고 있다(Jung et al, 2015). 특히 디지털 프린팅의 발전은 치과기공분야에서 기존의 사용되던 복잡한 아날로그 방식의 생략을 가능하게 하고 있다. 디지털 프린팅은 복

잡한 과정의 단순화, 시간 효율성의 증대, 높은 정밀도, 재료의 소모 감소 등의 장점이 있다.

디지털 프린팅 기술 가운데 하나는 Stereolithography (SLA) 방식이 있다. SLA는 1986년 Charles와 Hull이 소개하였는데, UV를 이용하여 레진의 층을 형성하고, 이를 경화시키는 방법이다. 레진 층은 보통 0.025~0.05mm 두께로 적층하고 플랫폼이 밑에서부터 위로 올라가며 UV가 liquid photopolymer와 liquid 표면에 조사됨으로써 레진 층을 형성한다(Van Noort 2012). SLA 적층방식은 디지털 프린팅 기술에 있어서 가장 먼저 시도된 가공방법으로서 레이저를 이용하는 적층방식이므로 정밀도가 높고 표면조도가 우수하며, 가장 널리 쓰이고 있는 방식이다. 그럼에도 불구하고 아직까지 임플란트 분야에서 디지털 프린팅 방법을 이용한 코핑의 품질 가운데, 특히 적합도의 평가에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 치과의료산업 분야에서 최근에 이르기까지 많이 사용되고 있는 디지털 방식으로 제작된 레진코핑과 기존의 전통적인 방식으로 제작된 레진코핑의 어버트먼트에 대한 내면적합도를 3차원적 분석을 통하여 분석 평가하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 주작업모형의 선정

본 연구를 위한 주모형으로는 치과용 임플란트상부 구조물(US cement abutment, OSSTEM IMPLANT CO., Ltd, korea)과 랩 아날로그 (US fixture lab analog, OSSTEM IMPLANT CO., Ltd, korea)가 체결된 임플란트모형을 사용하였다. 이것은 표준화된 임플란트 형태를 갖추고 있으므로 선정하게 되었다. 즉 기성 어버트먼트는 hex type이고 크기는 diameter 5.0mm, gingiva height (G/H) 1.0mm height 7.0mm 하였다.

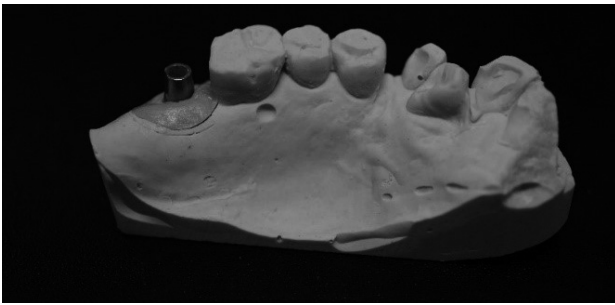
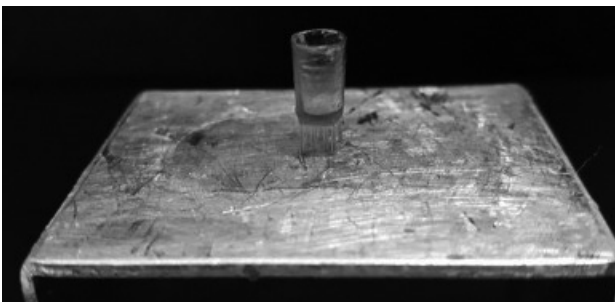
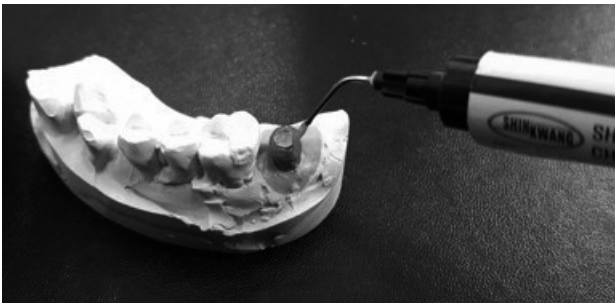


Fig.1 working model

2. 레진 코핑 시편 제작



A. Digital printing technique



B. Injection technique



C. Brush on technique

Fig.2. working processing

실험군은 디지털 3차원 프린팅 기술에 의해 제작된 SLA Resin coping (SLAC) 그룹 8개, 광경화성 패턴 레진 Light-activated pattern resin coping (LAPC) 그룹 8개로 하였고, 대조군은 자가중합형 패턴레진 Autopolymerized pattern resin coping (APPC) 그룹

8개로 하였다. 그리고 본 실험을 위해 총 24개의 코핑을 시편으로 제작하였다.

1) 디지털 3차원 프린팅 기술에 의한 SLA 레진 코핑 시편 제작

임플란트 주모형을 블루스캐너(Identica Blue, medit, seoul, korea)를 이용하여 스캔하였다. 이어서 디자인 프로그램(DentCAD, Delcampc., Birmingham, UK)을 이용하여 총 8개의 코핑을 디자인하였는데, 코핑의 두께는 0.5mm, 시멘트 공간은 30 μ m를 부여하였다. 디자인이 완성된 데이터를 적층가공방식인 3D프린터(ProJet 1200, 3D Systems, Rock Hill, SC, USA)에 적용하여 8개의 레진코핑 시편을 제작하였다.

2) 광경화성 패턴레진 코핑 시편 제작

실린지타입의 광경화성 패턴레진(SKA-MMP 40, SHIN KWANG CHEMIALS Co., Ltd, Korea)을 손기술에 의존하는 주입식도포법(Injection technique)으로 쌓아 올려 시편을 제작하였다. 코핑 시편의 외형을 0.5mm 일률적인 두께로 축성과 성형을 한 후, 90초 동안 광중합기(VIP Dental Curing Light Unit, BISCO Inc, Schaumburg, USA)에서 마무리 경화시킴으로써, 광경화성 패턴레진 코핑(LAPC) 8개를 제작하였다.

3) 자가중합형 패턴레진 코핑 시편제작

임상에서 가장 많이 사용되는 재료인 자가중합형 패턴레진(GC PATTERN RESIN Corp., Tokyo, Japan)을 이용하였다. 부속품인 Rubber cup에 레진 분말(Polymer)과 용액(monomer)를 1:1 비율로 계량한 후, 임플란트 지대치에 붓 도포법(Brush on technique)을 적용하여 쌓아 올렸다. 변연부 및 내면의 정밀적합이 이루어지도록 레진을 축성하였고, 두께는 일률적으로 0.5mm가 되도록 하였다. 그리고 과도하게 도포된 레진 부위는 핸드피스와 카바이드바(carbide bur) 등으로 조심스럽게 다듬어 줌으로써, 8개의 시편을 제작하였다.

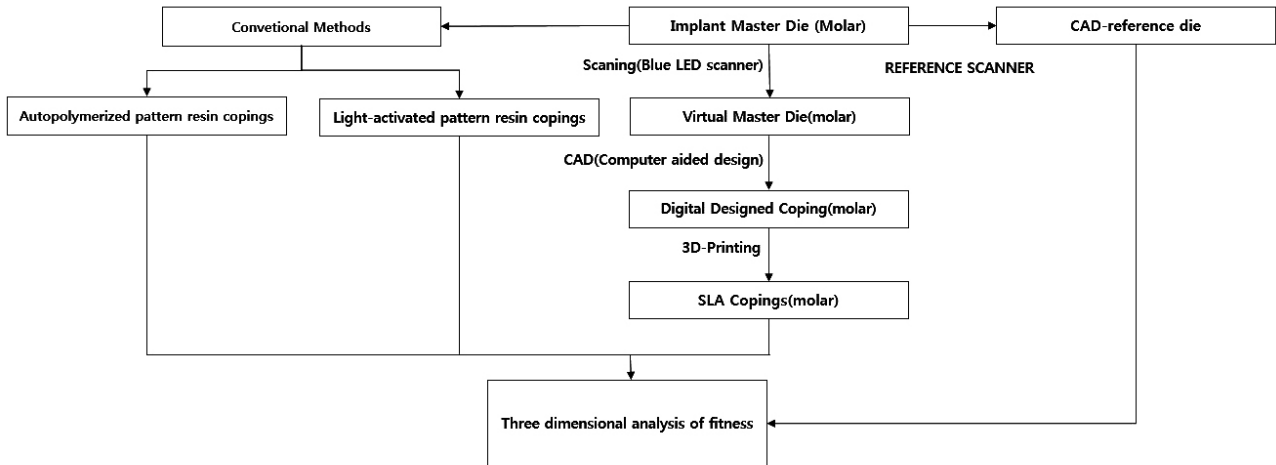


Fig. 3. Experiment procedure

3. 디지털3차원 모형 데이터의 제작

3차원모형 데이터의 제작을 위해 reference die인 임플란트 지대치(abutment)의 표면과 24개의 시편인 레진코핑의 내면에 전용의 Scanning powder(Vita Cerec® Powder with Cerec® Propellant, VITA, Bad Saeckingen, Germany) 를 일률적인 두께로 도포하였다. 이어서 지대치 및 코핑 내면을 정확도가 10 마이크로론 이하의 Blue Light scanner(Identica, Medit, Seoul, Korea)로 스캔하여 디지털 3차원 모형 데이터를 얻었다. 스캔 과정에서는 고정판 위에 임플란트 지대치를 고정시켰고, 기타 과정은 제조 회사의 지시를 따랐다(Fig. 4).



Fig. 4. Scanning

4. 3차원적 분석

디지털 3차원 모형으로 얻어진 데이터는 3차원적 평가 프로그램(Geomagic Verify, Geomagic GmbH, Stuttgart, Germany)으로 측정하였다. 먼저, CAD Reference die를 스캐닝한 후, 스캐닝으로 얻어진 24개의 디지털 코핑 데이터와 Reference Die를 3차원적 디지털 중첩을 통하여 Best fit alignment 시켰다. 이어서 Difference images를 통해 3차원적 비교를 하였다. CAD - reference die와 디지털 형상화된 코핑데이터 사이의 차이는 Root Mean Square (RMS) 값으로 계산되었다.

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

RMS값은 공식에 따라 측정되며, X1은 reference 측정 포인트(measure point)를 말하며, X2는 디지털화된 코핑 데이터 그리고 n은 측정된 포인트(measure point)의 총수를 말한다.

한편 시편에 대한 적합성 평가는 Color difference로도 확인할 수 있다. 여기서 빨간색은 낮은 적합도를, 초록색은 적합성이 가장 좋은 것을 표현하며, 측정값의 수치가 낮을수록 적합도가 좋은 것으로 정의된다(Schaefer, Watts et al, 2012)

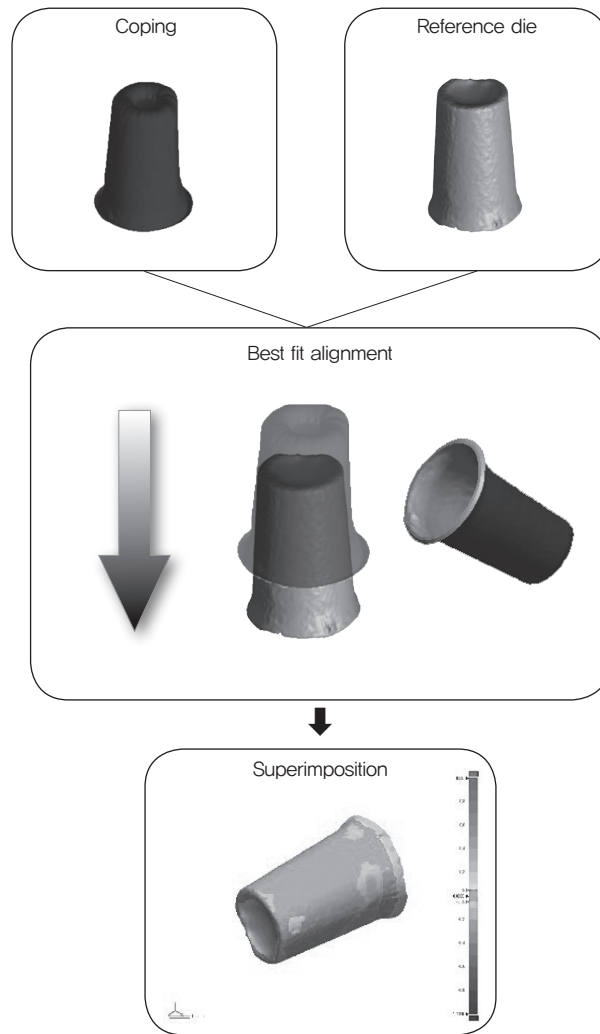


Fig.5 3D – Analysis process

5. 통계분석

제작방식에 따른 코핑의 적합도를 측정 한 다음에, 획득된 데이터에 대한 통계적 유의성을 검증하기 위하여 통계 소프트웨어(IBM SPSS Statistics 23.0, IBMSPSS Inc., ,USA)를 이용하였다. 측정값의평균과 표준편차를 구하였고 정규분포의 가정이 만족되었다($P>0.05$). 세가지 방식으로 제작된 레진 코핑 사이의 유의한 차이를 검정하기 위하여 일원분산분석(ONE-WAY ANOVA)을 시행하였고, 통계적 판단을 위한 제 1종 오류의 수준을 0.05로 하였다.

III. 결과

세가지 방식으로 제작된 레진 코핑을 3차원 평가를 위하여 소프트웨어 프로그램 상에서 종합적인 데이터 결과를 RMS(Root Mean Square)값으로 환산하였고, 평균과 표준편차를 구하였다(Table. 1). Table. 1에서와 같이 RMS 값은 실험군인 SLA 레진코핑에서 $47.11(3.08) \mu\text{m}$ 이었고, 광중합 레진코핑에서는 $48.35(1.55) \mu\text{m}$ 이었고, 대조군인 자가중합형 레진코핑에서는 $43.45(2.09) \mu\text{m}$ 이었다. 그리고 이들 사이에, 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($P>0.321$).

Table 1. Comparison of resin coping is fabricated by various methods (Unit: μm)

Group	RMS(μm)				P-value
	Mean (μm)	SD (μm)	95% CL		
			LOWER	UPPER	
SLAC	47.11	3.08	39.84	54.38	0.321
LAPC	48.35	1.55	44.67	52.02	
APPC	43.45	2.09	38.50	48.39	

IV. 고찰

최근까지 치과기공소에서 제작되는 임플란트 상부 구조물은 주로 자가중합형 패턴레진 제품의 분말과 액을 혼합 축성하여 제작하여왔다. 자가중합형 패턴레진은 흐름성이 커서 작업 이외의 부위까지 침투하여 작업의 효율성이 떨어지는 문제가 있었다. 또한 레진액의 피부접촉으로 인한 작업자의 피부염이나 발진 등의 직업병의 발생 위험도 있었다. 따라서 이러한 여러 문제들을 극복하기 위하여 흐름성이 적절하고, 혼합이 필요하지 않으며, 편리성도 좋은 실린지 타입의 광경화성 패턴레진이 개발되었다. 가장 최근에는 3차원 프린트 방식을 이용하는 SLA 방식의 레진도 개발되었다. 따라서 본 연구에서는 고정밀 3차원 평가를 통하여 기존에 임플란트의 제작에 사용되는 자가중합형레진코핑, 광경화성 패턴레진코핑, 그리고 3차원프린트 기술인 SLA 방식의 레진 코핑에 대한 내면적합도를 비교 및 평가하고자 하였다. 적합도의 측정방식은 크게 2차원측정법과 3차원측정법으로 구분된다.

2차원 측정법으로는 눈으로 직접보고 측정하는 방법, 단면을 잘라서 측정하는 방법, 임프레션을 이용하여 측정하는 방법 그리고 직접 눈으로 찾아서 탐침하는 방법 등이 있다(John A and Sorensen, 1990). 그러나 이러한 방법들은 정확성이 다소 떨어질 수 있으며 실험모형이 손상되거나, 많은 시간이 소요된다. 선행연구에서는 2차원적 적합성 평가에 있어서는 레진의 수축이 시간단위에 따라 달라지는 것을 입증하였다(Rajagopal, Chitre et al, 2012). 즉 GC사의 제품은 0.36~0.37%의 수축률을 가졌고(GC Pattern Resin, 2009.), 자가중합

형 패턴레진은 1-7% 정도의 수축률(Pagniano, Scheid et al, 1982; Cahi, Rosen et al, 1996; Shillingburg, Hobo et al, 1997), 그리고 광경화성패턴레진은 0.45-1.89%정도의 수축률을 가지고 있는데, 이러한 수축률은 코핑의 적합도에 영향을 준다고 한다(Rajagopal, Chitre et al, 2012). SLA 방식의 적층가공에 있어서도 UV의 빛 조사 에너지가 거울에 반사되어 UV 레진 liquid에 조사될 때, 빛의 양이나 회절현상의 정도에 따라 적층의 상태가 변화하므로 패턴의 적합도가 달라진다고 한다(Berger and Uwe, 2015). 3차원 평가방법은 초기에는 디지털 모형의 기하학적 차이로부터 얻어진 데이터를 질적으로 평가하는 방법으로 이용되었고(Persson et al, 2006). 스캔된 모형과 지대치는 임상적으로 허용 가능한 범위에 있는 것으로 발표되었다(DeLong et al, 2003). 본 연구에 있어서도 3차원 분석은 STL 파일로 저장된 CAD reference die와 Digitized coping data를 3차원 중첩프로그램(Verify)을 사용하여 오차 값이 최소값이 되게 하는 Best-fit alignment를 적용하였다. 그리고 선행 연구들과 같이 가장 최적화된 적합을 먼저 확인 한 후에, Superimposition을 실행하여 color difference map의 색상을 통해 레진코핑의 적합도를 확인하였다(Bae et al, 2016). Color difference map에서 빨간색에 가까울수록 Virtual master 모형과 레진코핑 사이에 차이가 있으며, 초록색에 가까울수록 간격의 차이가 적정한 범위 이내에 속하여, 적합도가 좋다는 것을 의미한다. 3차원적 평가방법은 2차원 분석법과는 달리 스캐닝을 통하여 측정하고 평가하므로 불필요한 손실이나 복잡한 과정을 줄여주는 장점이 있다. 그리고, 2차원 분석으로 평가하며 측정하기 어려운 부위

까지도 쉽게 측정할 수 있는 것이 장점이 있다(Chong-Myeong Kim et al, 2016). 본 연구에서도 가공방식과 재료에 따른 임플란트 어버트먼트 코핑의 내면 적합도를 3차원으로 측정하였으므로, 측정의 타당도와 신뢰도를 유지할 수 있었다는데 의의가 있다고 본다. 그리고 각 그룹 사이에 통계적인 유의성은 없었으나, 선행연구들과는 달리 자가중합형 패턴레진 코핑 그룹의 내면 적합성이 SLA 그룹이나 LAPC 그룹보다 더 양호하게 나타남으로써, 현재 임상에서 가장 많이 사용되고 있는 자가중합형 패턴레진이 용도에 적합하다는 의미가 있다고 생각한다.

한편 본 연구의 한계점으로는 연구에 있어서 레진코핑의 내면을 3차원으로 측정하기 위해 비접촉식 스캐너인 광학식 스캐너를 사용하였다는 것이다. 광학식 스캐너는 빛을 물체에 투영화시켜서 물체의 면적을 측정하는 방법이다(Kuroda et al, 1996). 그러나 레진은 빛을 통과시키지 때문에 스캔전용 스프레이의 사용이 요구되었고, 스캔전용 스프레이를 일률적인 두께로 도포한다고 하였지만 이것에 대한 오차가 존재할 수 있다고 생각한다. 또한 기존의 방식으로 제작되는 패턴레진코핑은 작업자의 숙련도에 따라 조건이 달라질 수 있으므로 이로 인한 오차도 제어하기에 한계가 있었을 것이라고 생각한다.

V. 결론

본 연구는 세가지 방식으로 제작되어진 레진코핑의 내면 적합도에 대한 3차원적 비교분석의 결과 통계학적으로 유의한 차이($P > 0.321$)는 없었고, 임상적으로 사용이 가능하다고 본다.

REFERENCES

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*, 2016.

Berger U. Aspects of accuracy and precision in the additive manufacturing of plastic gears. *Virtual phys prototype* 10(2), 49-57, 2015.

Cahi E, Rosen M, Becker P. A comparison of the dimensional stability of three inlay pattern materials. *J Dent Assoc S Afr*, 82(6), 337-342, 1996.

Kim CM, Jeon JH, Lee JJ, Kim JH, Kim WC. Precision evaluation of crown prosthesis manufactured by two bur and three bur. *The Journal of the Korea Academy of Dental Technology*, 38(2), 57-62, 2016.

Cox J. and G. Zarb. The longitudinal clinical efficacy of osseointegrated dental implants: a 3-year report. *Int Oral Maxillfac Implants*, 2(2), 1987.

DeLong R, Heinzen M, Hodges J, Ko CC, Douglas W. Accuracy of a system for creating 3D computer models of dental arches. *J Dent Res*, 438-442, 2003.

Chae GJ, Jung UW, Kim CS, Shim JS, Cho KS, Kim CK, Choi SH. Retrospective analysis of frialit-2[®] implant system placed in maxilla. *Journal of Korean Academy of Periodontology*, 35(2), 2005.

Jörgensen KD. Oon T. Distortion of wax crowns. *Eur J Oral Sci*, 92(3), 253-256, 1984.

Jung JK, Lee SO, Kim KB. Evaluation of shear bond strength between metal core fabricated by 3D printing and dental porcelain. *J Korea Acad Industr Coop Soc*, 16(4), 2585-2592, 2015.

Kuroda TN, Motohashi Tominaga R, Iwata K. Three-dimensional dental cast analyzing system using laser scanning. *Am J Orthod*

- Dentofacial Orthop, 110(4), 365-369, 1996.
- Ness E J, Nicholls JE, Rubenstein DS. Accuracy of the acrylic resin pattern for the implant-retained prosthesis. *Int J Prosthodont* 5(6), 1992.
- Pagniano RP, Scheid RC, Clowson RL, Dagefoerde RO, Zardiackas LD. Linear dimensional change of acrylic resins used in the fabrication of custom trays. *J Prosthet Dent*, 47(3), 279-283, 1982.
- Persson A, Andersson M, Oden A, Sandborgh-Englund G. A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner. *J Prosthet Dent*, 95(3), 194-200, 2006.
- Rajagopal P, Chitre V, Aras MA. A comparison of the accuracy of patterns processed from an inlay casting wax, an auto-polymerized resin and a light-cured resin pattern material. *Indian J Dent Res*, 23(2), 152, 2012.
- 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.
- Shillingburg H, Hobo S, Whitsett L, Jacobi R, Brackett S. *Fundamentals of fixed prosthodontics*. Chicago, Quintessence, ISBN 0-86715-201-X, 1997.
- Sorensen JA. A standardized method for determination of crown margin fidelity. *J Prosthet Dent*, 64(1), 18-24, 1990.
- Turkyilmaz I. A comparison between insertion torque and resonance frequency in the assessment of torque capacity and primary stability of Brånemark system implants. *J Oral Rehabil*, 33(10), 754-759, 2006.
- Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dental materials*, 28(1), 3-12, 2012.
- Chae GJ, Jung UW, Kim CS, Shim JS, Cho KS, Kim CK, Choi SH. Retrospective analysis of frialit-2® implant system placed in maxilla. *J Korean Acad Periodontol*, 35(2), 2005.
- Pattern GC. *Resin LS low shrinkage modelling resin tips and tricks: technique and handling of GC Pattern Resin*. 2009.