

측정 방법에 따른 CAD/CAM으로 제작한 3본 브리지의 내면 적합도 비교

김시철
충북보건과학대학교 치기공과

Comparison of internal fit of a 3-unit bridge based for CAD/CAM according to the fit evaluation method

Si-Chul Kim

Department of Dental Laboratory Technology, Chungbuk health & science university

요약 본 연구에서는 치과용 CAD/CAM 시스템을 이용하여 연질의 Co-Cr 블록을 가공하여 적합도를 측정하였고 적합도 측정 방법은 인상재를 이용한 간접법(IM: Indirect Method)과 시편을 절단한 직접법(DM: Direct Method)을 이용하여 두 방법간의 적합도 차이가 있는지 비교분석 하고자 하였다.

2가지 형태의 변연(knife, chamfer)을 3-unit 주모형을 6개씩 12개를 제작하였고 CAD/CAM 시스템을 이용하여 Co-Cr보철물을 제작하였다. 제작된 시편은 내면 적합도를 간접법(DM)과 직접법(IM)으로 측정하였다. 측정부위는 보철물의 변연 부분과 지대치 변연 부분의 틈을 marginal opening(MO), 지대치 변연에서부터 상방 400 μm 에서 거리를 internal gap(IG)로 측정하였다. 지대치 측면은 3부분의 측정 평균값을 axial gap(AG), 교합면의 중앙부위 3부분의 측정 평균값을 occlusal gap(OG)로 측정하였다. 측정방법과 변연 형태에 따른 이월배치분산분석을 실시하였으며 각각의 평균값들은 일월배치분산분석과 Duncan's 사후 검정을 실시하였다.

전체적인 평균 적합도는 126 μm 이하의 값을 보였으며, 두 측정방법 (DM, IM)에 따른 적합도의 차이는 없었다. 또한, 연질의 Co-Cr 블록 가공을 통한 치과용 보철물의 적합도는 임상적 허용이 가능하였다.

Abstract This study examined the internal fit of a soft Co-Cr block fabricated using a dental CAD/CAM system by comparing the measured fit determined by two evaluation methods: indirect method (IM) using an impression material, and direct method (DM) using the cut specimen.

Two sets of six 3-unit bridge master models were fabricated with two types of margins (knife, chamfer); the CAD/CAM system was used to produce a Co-Cr prosthesis. The resulting specimen was evaluated for the internal fit using either the indirect method (IM) or the direct method (DM). The measurement sites were defined as marginal opening (MO) the space between the tip of the prosthesis and margin of abutment and internal gap (IG) the distance from the margin of abutment to a point 400 μm above. For the axial plane of the abutment, the mean of triplicate measurements of three areas was defined as the axial gap (AG), and the center three areas of the occlusal surface were defined as the occlusal gap (OG). Two-way ANOVA was performed for comparative analysis according to the fit evaluation method and margin type. One-way ANOVA and Duncan's post-hoc tests were performed for the comparative analysis of different mean values.

The mean overall fit was $\leq 126 \mu\text{m}$ with no significant variation across the measured sites according to the evaluation method. There was no difference in the fit between the two measurement methods (DM, IM). Our results indicate that the fit of a dental prosthesis through soft Co-Cr block processing is clinically acceptable.

Keywords : Marginal Gap, Internal Gap, CAD/CAM, Soft Metal, Adaptation

*Corresponding Author : Si-Chul Kim(Chungbuk health & science university)

email: iyoseb@chsu.ac.kr

Received July 25, 2022

Revised August 30, 2022

Accepted October 7, 2022

Published October 31, 2022

1. 서론

치과용 주조 보철물은 1907년 Taggart에 의해 처음 소개된 lost-wax technique으로 현재에도 가장 많이 사용되어지고 있다[1].

그러나 최근에는 치과용 보철물 제작에 CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)시스템 활용과 재료의 발전으로 주조방식으로 제작이 불가능한 지르코니아, 폴리머, 세라믹 재료 등이 다양한 치과 보철물의 형태로 제작이 가능하게 되었다[1,2]. 기존 주조방식을 통한 제작법은 석고 모형에 왁스형태의 보철물을 조각하여 주조라는 과정을 거쳐 왁스 형태가 비귀금속과 귀금속의 형태로 바꾸어 보철물을 제작한다. 이러한 수작업으로는 블록 상태의 다양한 재료를 사람이 깎아서 원하는 보철물의 형태를 만드는 것은 현실적으로 불가능하다. 그러나 치과용 CAD/CAM 시스템의 3D-스캐너와 CAD프로그램은 소프트웨어 상에서 가상의 치과 보철물을 디자인 할 수 있게 되었고 디자인된 가상의 보철물 형태는 STL파일로 저장 후 3D-프린터, 밀링머신등과 같은 치과용 장비로 실물의 형태로 제작가능하게 되었다. 그중 밀링머신에서 사용되어지는 블록형태의 재료들은 디자인된 형태대로 깎아서 보철물을 제작 가능하게 되었다[3]. 치과용 CAD/CAM시스템을 이용한 금속 가공은 금속재료의 높은 기계적 특성으로 오랜 가공 시간이 필요하고 사용되는 절삭용 버의 과도한 마모 등으로 효율적이고 경제적이지 못하다. 그래서 최근에는 이러한 문제를 해결할 수 있는 대안으로 연질 금속이라고 불리는 치과용 비귀금속 블록이 사용되고 있다. 연질의 비귀금속 블록은 치과용 합금을 미세한 구슬 입자들로 만들고 가소결한 블록 상태로 제조되어 기계적 특성이 높지는 않아 쉽게 밀링가공 할 수 있다. 밀링된 연질의 메탈은 최종 소결하여 주조용 합금 같은 높은 기계적 특성을 갖는다. 이는 금속 보철물이지만 전통적인 제작법인 주조과정을 거치지 않아 왁스패턴제작, 매몰, 소환 주조등의 과정이 필요가 없는 장점이 있다.

이러한 새로운 치과용 보철물 재료에 대한 평가는 여러 가지 요인에 의하여 결정된다. 그중에서도 치과용 보철물의 내면 적합도는 매우 중요한 요인 중 하나로 고정성 보철물에서 나쁜 적합도는 2차 우식증을 발생하게 하는 요인이다[4,5]. 현재 지르코니아와 CAD/CAM시스템을 이용한 적합도에 대한 선행 연구들이 많이 보고되고 있다.

이러한 대부분의 연구에서 적합도를 측정하는 방법은

크게 3가지로 시편에 보철물을 적합 시킨 후 변연의 틈을 평가하는 방법, 적합 후 시편을 절단하여 내면 적합도를 직접 보는 방법(직접법), 인상재를 이용하여 간접적으로 적합도를 평가하는 방법(간접법) replica technique 이 있다[6,7].

그중에서도 빠르고 쉽게 측정할 수 있는 인상재를 이용하는 연구 방법을 가장 많이 사용하고 있다. 간접법은 강도 및 경도가 강한 보철물을 시편 절단이 없이 사용할 수 있고 지대치 모형의 파절 방지와 내면의 측정 부위를 다양하게 선택하여 동시에 여러 부분을 측정할 수 있는 장점이 있다[6]. 그러나 간접법으로 측정된 시편을 실제로 시편을 적합시킨 후 절단하여 내면의 적합도를 비교 분석한 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 인상에서 지대치 형성 시 가장 많이 사용하는 knife 변연(KM, knife margin), chamfer 변연(CM, chamfer margin)의 3-unit 형태의 시편을 제작하여 CAD/CAM 시스템을 이용한 연질금속 블록을 가공하여 간접법으로 적합도 측정 후 동일 시편을 직접법으로 절단하여 두 방법간의 적합도 차이를 비교 분석하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 시편모형 제작

금속 스테인레스 모형을 사용하여 제2소구치와 제2대구치 지대치를 knife, chamfer 변연으로 각각 금속 모형을 제작하였다. 제1대구치는 가공치로 설정하였고 양쪽 지대치의 직경은 제2소구치(second premolar)는 7 mm 제2대구치(second molar)는 10mm 높이는 동일하게 5 mm로 설정하였다. 이때 가공치 간격은 제1대구치의 평균 직경을 고려하여 양쪽 지대치 중앙부에서 20 mm로 설정하였다. 지대치 측면(axial)은 수동식 치과용 밀링기(F4, Degudent, Germany)로 knife변연(KM, knife margin)은 2°, chamfer변연(CM, chamfer margin)은 6°로 형성하였고 교합면 중앙부는 깊이가 1 mm로 중앙와를 형성하였다. 지대치 교합면 우각부위는 부드럽게 이행되도록 연마 처리하였다. 제작된 2종류의 금속 모형은 치과용 실리콘(Dublisisil 15, Dreve, Germany)으로 복제하여 폴리우레탄 모형재(Polyurock, Metalor, Swiss)로 주 모형은 6개씩 12개를 제작하였다(Fig. 1).

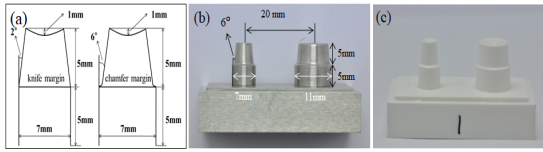


Fig. 1. 3-unit bridge master model (a) marginal shape (b) design of metal model, (c) 3-unit bridge model made of urethane model material

2.2 소프트 금속보철물 제작

우레탄 지대치 모형은 3D 스캐너(Ceramill MAP 400, Amann Girrbach, Austria)를 이용하여 스캐닝 하였다. 스캐닝 데이터는 치과용 CAD 프로그램 (Ceramill-mind, Amann Girrbach, Austria)을 사용하여 변연의 1 mm 상방에서 전체 내면에 40 μm 의 시멘트 공간을 부여하여 통상적인 고정성 크라운 보철물을 디자인하였다.

디자인된 보철물 데이터는 새 버를 장착하여 밀링장비 (Ceramill Motion 2, Amann Girrbach, Austria)로 소결 전 연질의 Co-Cr 금속 블록을 밀링하였다. 밀링된 연질 상태의 금속 보철물은 소결장비(Ceramill argotherm, Amann Girrbach, Austria)에 넣어 1280°C에서 소결을 진행하였다(Fig. 2).

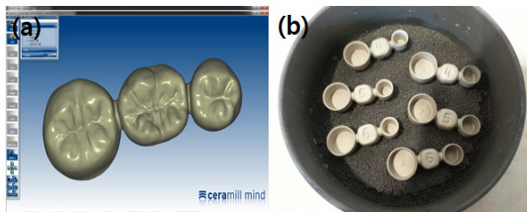


Fig. 2. Fabrication method of Co-Cr bridge by CAD/CAM. (a) design of 3-unit bridge (b) sintering of milled metal bridge

2.3 적합도 측정

적합도 측정을 위해 소결된 보철물은 우선 간접법(IM, indirect method)을 사용하였다. 소결된 보철물 내부에 실리콘 light body (Smartsil, Seilglobal, Korea)을 넣어 우레탄 모형에 시적 후 정하중기로 50 N의 압력으로 실리콘이 완전히 경화되도록 하였다. 실리콘이 완전히 경화되면 우레탄 모형에서 보철물을 조심히 제거하고 파라핀 왁스로 박싱(boxing)하여 실리콘 regular body(Charmflex, Denkist, Korea)을 넣은 후 포매 하

였다. 완전히 경화된 시편은 근원심 방향으로 정중앙에서 커터칼로 절단하였다. 절단된 시편은 실체현미경(S39A, MIC, USA)을 이용하여 측정하였다.

측정이 끝난 시편은 직접법(DM, direct method)을 시행하였다. 우레탄 모형과 소결된 보철물 내부에 시멘트(Elite cement, GC, Japan)를 채워 넣은 후 50N의 정하중기 압력으로 시멘트가 완전히 경화되도록 유지 하였다. 시멘트가 경화되면 잉여된 시멘트만 제거하고 아크릴 시트지로 박싱하여 폴리우레탄 모형재(Polyurock, Metalor, swiss)을 채워 포매 하였다. 포매한 시편은 근원심 방향 정중앙에 맞추어 절단기(DMT6, MTI Co, USA)를 사용하여 절단 분리하였다. 분리된 시편은 회전 연마기(Labopol-5, Struers, Denmark)를 사용하여 #400, #1000 SIC 연마지로 절단면을 연마하여 동일한 현미경을 이용하여 측정하였다(Fig. 3).

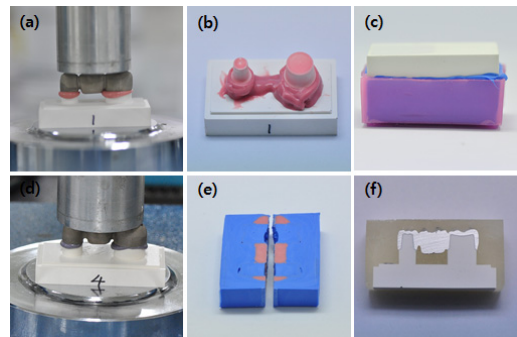


Fig. 3. specimen production process (a) filling the inner surface of the specimen with silicone (b) Specimens with prostheses removed (c) embedded specimen (d) filling the inner surface of the specimen with cement (e) specimen cut by indirect method, (f) specimen cut by direct method

캡처된 사진은 이미지 측정 소프트웨어(Topview 3.5, MIC, USA)를 사용하여 내면 적합도를 측정 분석하였다. 이때 측정부위는 보철물의 변연부분과 지대치 변연 부분의 틈을 marginal opening(MO), 지대치 변연에서 상방 400 μm 에서 거리를 internal gap(IG)로 측정하였다. 또한 지대치 측면은 3부분의 측정 평균값을 axial gap(AG), 교합면의 중앙부위 3부분의 측정 평균값을 occlusal gap(OG)로 하여 측정하였다(7,8). 측정은 제2소구치와 제2대구치 지대치 근원심에서 각각 측정하였고 지대치별로 평균값을 비교 분석하였다(Fig. 4).

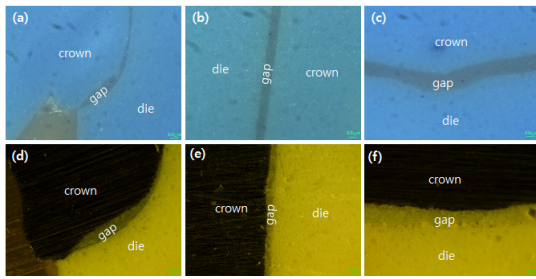


Fig. 4. Gap formation between Co-Cr crown and master model (a) MO and IG at knife margin by indirect method (b) AG by indirect method (c) OG by indirect method (d) MO and IG at knife margin by direct method (e) AG by direct method (f) OG by direct method

2.4 통계분석

각 그룹 간 평균값들의 통계적 차이를 알아보기 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)과 Duncan's test를 시행하였다. 또한 지대치 변연의 형태와 측정방법이 미치는 영향을 알아보기 위하여 이원배치분산분석(two way ANOVA)을 하였다.

3. 연구결과

Table 1은 제2소구치, Table 2는 제2대구치의 평균 값을 지대치 유형에 따른 각 영역에서 측정된 내부 적합도의 평균값을 나타낸 것이다. 전체적인 평균 적합도는 126 μm 이하의 적합도를 보였으며 측정부위에 따라 차이가 나타났다. 측정방법에 따른 부위별 유의한 차이는 나타나지 않았으며 MO, IG에서 변연 형태에 따른 차이는 나타났다. AG와 OG는 측정방법에 따른 차이는 없으며, 변연 형태에 따른 차이도 나타나지 않았다. 또한 MO는 CM의 값이 KM보다 작은 값을 나타냈고, MG는 KM이 CM보다 작은 값을 나타내었다. AG와 OG는 유의한 차이가 없는 비슷한 값을 나타내었다.

Table 3,4는 지대치 변연의 형태와 측정방법에 따른 이원배치분산분석 결과이다. MO, IG는 측정방법에 따라 유의한 영향을 받았고($P < 0.05$), 그 외 모든 측정부위에서 변연의 형태와 측정방법에 따라 상호작용이 나타나지 않았다($P > 0.05$).

Table 1. Mean gap dimensions (μm) and standard deviation of second premolar

Gap area	IM		DM	
	CM	KM	CM	KM
MO	3.3(4) ^a	42.2(6) ^b	13.4(9) ^a	51.4(32) ^b
IG	86.5(4) ^b	33.1(11) ^a	92.3(23) ^b	32.6(14) ^a
AG	20.9(9) ^a	23.5(7) ^a	23.3(17) ^a	22.0(20) ^a
OG	113(13) ^a	106(73) ^a	123.8(57) ^a	100(46) ^a

MO: marginal opening, IG: internal gap, AG: Axial gap, OG: occlusal gap

Table 2. Mean gap dimensions (μm) and standard deviation of second molar

Gap area	IM		DM	
	CM	KM	CM	KM
MO	11.2(6) ^a	38.5(27) ^{ab}	20(16) ^a	58.1(36) ^b
IG	91.1(9) ^b	36.3(18) ^a	104.3(13) ^b	48.5(30) ^a
AG	28.6(12) ^a	21.5(10) ^a	20.3(13) ^a	29.0(19) ^a
OG	110.8(10) ^a	126.3(79) ^a	109.5(27) ^a	110.6(30) ^a

MO: marginal opening, IG: internal gap, AG: Axial gap, OG: occlusal gap

Table 3. Two-way ANOVA of second premolar

Gap location	Source	P-value
MO	Margin	.181
	Method	.000
	Margin x Method	.953
IG	Margin	.665
	Method	.000
	Margin x Method	.597
AG	Margin	.934
	Method	.912
	Margin x Method	.750
OG	Margin	.929
	Method	.469
	Margin x Method	.709

Margin: knife or chamfer, Method: direct method or indirect method, MO: marginal opening, IG: internal gap, AG: Axial gap, OG: occlusal gap

Table 4. Two-way ANOVA of second molar

Gap location	Source	P-value
MO	Margin	.169
	Method	.004
	Margin x Method	.595
IG	Margin	.169
	Method	.000
	Margin x Method	.975
AG	Margin	.949
	Method	.892
	Margin x Method	.182
OG	Margin	.647
	Method	.654
	Margin x Method	.700

Margin: knife or chamfer, Method: direct method or indirect method, MO: marginal opening, IG: internal gap, AG: Axial gap, OG: occlusal gap

4. 고찰

치과 보철물의 적합도는 구강내에서 미세누출 발생 유무를 결정 지을 수 있는 중요한 사항이다. 보철물의 적합도가 좋지 않으면 자연치아와 보철물의 경계선 부위에 음식물 잔사와 세균, 플라그등이 부착하여 2차 치아우식증과 잇몸 염증을 발생 시킬 수 있다. 이에 치과 보철물의 적합도는 좋아야 하며, 우수해야 한다[9]. 이에 본 연구에서는 최근 소개된 치과용 연질금속 블록을 가공하여 3-unit 보철물을 제작하고, 내면 적합도를 측정하였다. 측정 시 변연 형태에 따른 적합도 차이를 비교 하고자 변연은 knife margin(KM), chamfer margin(CM)으로 설정하였다. 또한 연질금속 블록을 가공 후 소결과정에서 브릿지 시편의 가공치 수축률이 발생이 적합도에 영향을 미칠것으로 사료되어 단일치가 아닌 3-unit 시편으로 설정하였다.

고정성 보철물의 적합도 분석 방법은 여러 가지 소개되고 있다[10]. 첫 번째 보철물을 지대치 모형에 시정한 상태에서 외부에서 변연부를 측정하는 방법이다. 이 방법은 외부에 보이는 여러 지점을 선택하여 측정할 수 있고 보철물과 지대치 모형이 손상되지 않는 장점이 있다. 그러나 내면에서의 측정이 불가능하고 육안으로 만 보이는 수직적 거리만 측정되는 한계점이 있다. 두 번째 방법은 지대치 모형에 보철물을 적합 후 포매하여 절단 후 단면의 간격을 실체현미경으로 측정하는 방법(직접법)이다

[7,11,12]. 이 방법은 보철물과 지대치의 실제적인 적합도를 관찰 측정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 단단한 재료의 경우 절단이 어렵고, 절단된 시편은 다시 측정할 수 없다는 단점이 있다. 또한 절단면에서 보이는 곳만 측정하기 때문에 다양한 부분에서의 측정은 불가능하다. 세 번째 방법으로는 실리콘을 이용한 방법(간접법)이다 [13-15]. 이 방법은 보철물과 지대치 사이에 실리콘 인상재를 채워 경화된 실리콘을 분리하여 적합도를 측정하여 선행 연구에서도 많이 사용되어지고 있다. 단단한 재료도 측정 방법이 어렵지 않고 보철물과 지대치가 파손되지 않아 실리콘 채득을 실패해도 다시 측정할 수 있는 장점이 있다. 그러나 채득된 실리콘은 중합 시 수축과 압은 두께는 쉽게 찢어지는 단점이 있어 주의가 필요하다. 이렇게 다양한 적합도 측정 방법이 있으나 이중에서도 지르코니아 소재의 경우 단단한 소재이기에 간접법을 이용한 측정 방법을 가장 많이 사용하고 있다. 그러나 이러한 간접법에 의해 측정된 내면 적합도와 직접법에 의해 절단된 내면 적합도를 서로 비교 분석한 연구는 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 소결 후 경질 금속 보철물 상태인 시편을 이용하여 간접법으로 측정 완료 후 직접법으로 적합도를 측정 분석하였다.

본 실험에서 측정된 적합도는 측정 방법과 상관없이 126 μm 이하의 측정값을 나타냈다. 특히 OG를 제외하고는 104 μm 이하 측정값을 나타냈다. 그중에서도 가장 작은 측정값의 부위는 AG로 29 μm 이하의 값이 나왔다. 김 등은 수작업과 3D-printer을 이용하여 제작된 시편을 직접법으로 측정하였으며, 최 등은 PMMA블럭을 질삭가공하여 보철물의 적합도를 간접법으로 보고하였다 [7,8,16]. 이들 연구에서도 AG의 측정값은 가장 작은 평균값을 나타냈으며 OG의 값은 다른 부위들보다 가장 큰 값이 측정되었다. 또한 IG은 KM보다 CM에서 대부분 크게 측정되었다. 본 연구에서 측정 방법에 따른 차이는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉 실리콘을 이용한 간접법과 시적 후 절단하여 측정된 직접법 간에 평균값의 차이는 있지만 통계적으로 두 측정방법에 따른 유의한 차이가 없다는 의미이다.

McLean과 vonFraunhofer[17]는 수작업으로 제작한 1000개 이상의 보철물에서 적합도를 분석한 결과 임상적으로 100 μm 되어야 좋으며 최대 120 μm 를 초과해서는 안된다고 보고하였다. 또한 Sorensen 등[18]은 50 μm , Mously 등[19]은 39~120 μm 허용가능한 수치라고 보고하였다. 본 연구에서도 전체적으로 126 μm 이하의 값을 보였으며, OG를 제외하고는 104 μm 이하의

값이 측정되었다. 이는 기존의 금속주조법과 선행연구와 대등한 적합도이며 CAD/CAM을 이용한 연질 금속 블록 가공은 치과용 보철물로 충분히 사용 가능하겠다.

본 연구에서는 인상재를 이용한 간접 측정 방법과 시편을 직접 절단한 직접 측정 방법을 통해 두가지 변연의 내면적합도를 비교 분석하였다. 그러나 최근에는 3D 스캐너를 이용하여 지대치와 보철물의 내부 스캐닝을 하여 두 개의 데이터를 중첩시켜 내면의 적합도를 측정하는 방법이 개발되었다. 이에 본 연구에서 사용된 측정방법과 새롭게 개발된 3D 스캐너를 이용한 측정 방법의 추가 연구도 필요할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구에서는 CAD/CAM 시스템을 사용하여 연질의 Co-Cr 금속 블록으로 chamfer와 knife 변연의 보철물을 제작하여 간접법과 직접법을 통한 내면적합도를 분석하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1. 제작된 보철물의 전체적인 평균 적합도는 126 μ m 이하의 값을 보였으며 MO는 CM의 값이 KM보다 작은 값을 나타냈고, MG는 KM이 CM보다 작은 값을 나타내었다.
2. MO, IG는 측정방법에 따라 유의한 영향을 받았다 ($P < 0.05$).
3. AG와 OG는 측정방법에 따른 차이도 없으며, 변연 형태에 따른 차이도 나타나지 않았다.
4. 측정방법 DM, IM에 따른 부위별 유의한 차이는 나타나지 않았다.

전체적으로 두 측정방법에 따른 내면적합도의 차이는 없었다. 또한 연질금속가공을 통한 치과용 보철물의 적합도는 임상적 허용 범위 내 있으므로 충분히 사용 가능하다고 사료된다.

References

[1] T. Miyazaki, Y. Hotta, J. Kunii, S. Kuriyama, Y. Tamaki, "A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience", *Dental Materials Journal*, Vol.28, No.1, pp.44-56, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.4012/dmi.28.44>

[2] M. Contrepolis, A. Soenen, M. Bartala, O. Laviolle, "Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review", *The Journal Prosthetic Dentistry*, Vol.110, No.6, pp.447-454, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.08.003>

[3] F. Beuer, J. Schweiger, D. Edelhoff, "Digital dentistry : an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations", *British Dental Journal*, Vol.204 No.9, pp.505-511, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.350>

[4] L. V. Foster, "Failed conventional bridge work from general dental practice: clinical aspects and treatment needs of 142 cases", *British Dental Journal*, Vol.168, No.5, pp.199-201, 1990. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.bdj.4807133>

[5] S. C. Kim, M. S. Han, B. J. Choi, C. J. Lee, H. H. Lee, "Internal fit of bridge patterns fabricated by a 3D printing technique", *Korean Society For Dental Materials*, Vol.41, No.4, pp.239-244, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.14815/kjdm.2014.41.4.239>

[6] M. Molin, S. Karlsson, "The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems: A clinical and in vitro study", *Acta Odontologica Scandinavica*, Vol.51, No.4, pp.201-206, 1993. DOI: <http://dx.doi.org/10.3109/00016359309040568>

[7] J. H. Kim, K. B. Kim, "Influence of final crystallization process on precision of fit of monolithic CAD/CAM-generated restorations by lithium disilicate: A comparative study", *Journal of Technologic Dentistry*, Vol.41, No.4, pp.271-278, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14347/kadt.2019.41.4.271>

[8] M. S. Han, E. J. Kwon, E. Chio, S. C. Kim, "Comparison of the fit of the coping pattern constructed by manual and CAD/CAM, depending on the margin of the abutment tooth", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.16, No.10, pp.6611-6617, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.10.6611>

[9] D. A. Felton, B. E. Kanoy, S. C. Bayne, G. P. Wirthman, "Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health", *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol.65, No.3, pp.357-364, 1991. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-3913\(91\)90225-L](http://dx.doi.org/10.1016/0022-3913(91)90225-L)

[10] J. A. Sorensen, "A standardized method for determination of crown margin fidelity", *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol.64, No.1, pp.18-24, 1990. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(90\)90147-5](https://doi.org/10.1016/0022-3913(90)90147-5)

[11] R. Blackman, R. Baez, N. Barghi, "Marginal accuracy and geometry of cast titanium copings", *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol.67, No.4, pp.435-440, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(92\)90068-L](https://doi.org/10.1016/0022-3913(92)90068-L)

[12] J. R. Gavelis, J. D. Morency, E. D. Riley, R. B. Sozio, "The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal seat of full crown preparations", *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol.92, No.1, pp.1-7, 2004.

DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(81\)90330-9](https://doi.org/10.1016/0022-3913(81)90330-9)

- [13] A. Örtorp, D. Jönsson, A. Mouhsen, P. Vult von Steyern, "The fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: a comparative in vitro study", *Dental Materials*, Vol.27, No.4, pp.356-363, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.11.015>
- [14] K. Quante, K. Ludwig, M. Kern, "Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology", *Dental Materials*, Vol.24, No.10, pp.1311-1315, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.02.011>
- [15] K. B. Kim, W. C. Kim, H. Y. Kim, J. H. Kim, "An evaluation of marginal fit of three-unit fixed dental prostheses fabricated by direct metal laser sintering system", *Dental Materials*, Vol.29, No.7, pp.e91-e96, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.04.007>
- [16] J. W. Chio, B. C. Chio, S. C. Kim, "Marginal fit of the prosthesis fabricated by dental oral scanner and model scanner", *Korean Society For Dental Materials*, Vol.44, No.1, pp.79-86, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14815/kjdm.2017.44.1.079>
- [17] J. W. McLean, Fraunhofer von. "The estimation of cement film thickness by an in vivo technique", *British Dental Journal*, Vol.131, No.3, pp.107-111, 1971.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/si.bdi.4802708>
- [18] J. A Sorensen, E. C. Munksgaard, "Interfacial gaps of resin cemented ceramic inlays", *European Journal of Oral Sciences*, Vol.103, No.2, pp.116-120, 1995.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0722.1995.tb00128.x>
- [19] H. A. Mously, M. Finkelmen, R. Zandparsa, H. Hirayama, "Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique", *Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol.112, No.2, pp:249-256, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.03.017>

김 시 철(Si-Chul Kim)

[정회원]



- 2014년 8월 : 단국대학교 대학원 구강보건학박사
- 2016년 8월 ~ 현재 : 충북보건과학대학교 치기공과 초빙교수

<관심분야>

치과기공, 치과재료, CAD/CAM, 3D-printer