



### 저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원 저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)



전통적인 방식과 디지털 방식으로  
제작한 부분틀니의  
임상적 안정성 비교평가 :  
전향적 무작위 교차설계 임상연구

연세대학교 대학원

치 의 학 과

김 지 윤

전통적인 방식과 디지털 방식으로  
제작한 부분틀니의  
임상적 안정성 비교평가 :  
전향적 무작위 교차설계 임상연구

지도교수 김 지 환

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2024년 12월

연세대학교 대학원

치의학과

김지윤



## 김지윤의 석사 학위논문으로 인준함

심사위원 김지환 인

심사위원 오경철 인

심사위원 이현종 인

연세대학교 대학원

2024년 12월

## 감사의 글

이 논문을 완성하기까지 많은 분들의 도움과 격려가 있었습니다. 먼저, 저의 지도교수님이신 김지환 교수님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 교수님의 아낌없는 지도와 조언 덕분에 연구를 무사히 마칠 수 있었습니다. 또한, 부족한 저의 논문을 면밀히 검토해주시고 조언을 해주신 오경철 교수님과 이현종 교수님께도 감사드립니다.

또한, 이 연구를 함께 고민하며 고생해주신 강유정, 박예슬, 김지민 선생님에게도 진심으로 감사드립니다. 여러분의 소중한 피드백과 따뜻한 응원은 제게 큰 힘이 되었습니다.

마지막으로, 항상 저를 믿고 응원해 주신 가족과 친구들에게 감사의 마음을 전합니다. 여러분의 사랑과 지지가 없었다면 이 연구를 끝까지 해낼 수 없었을 것입니다.

이 논문이 완성되기까지 도움을 주신 모든 분들께 진심으로 감사드리며, 이 자리를 빌려 깊은 감사를 표합니다.

2024년 12월

저자 김지윤 드림

## 차례

그림 차례	iii
표 차례	v
국문 요약	vi
제 1 장 서론	1
제 2 장 연구 방법	4
2.1 작업 모형 및 복제 모형 제작	7
2.2 작업 모형과 복제 모형간 일치도 평가	8
2.3 국소의치 구조물 제작	9
2.4 국소의치 구조물 레스트 적합도 평가	10
2.5 최종 의치 제작	12
2.6 최종 의치 의치상 적합도 평가	16
2.7 최종 의치 저작압 평가	18
2.8 최종 의치 저작능력 평가	19
2.9 최종 의치 인공치 마모도 평가	20
2.10 최종 의치 만족도 평가	22
2.11 통계학적 분석	23



제 3 장 결과 .....	24
3.1 작업 모형과 복제 모형간 일치도 .....	24
3.2 국소의치 구조물 레스트 적합도 .....	25
3.3 최종 의치 의치상 적합도 .....	27
3.4 최종 의치 저작압 .....	29
3.5 최종 의치 저작능력 .....	32
3.6 최종 의치 인공치 마모도 .....	34
3.7 최종 의치 만족도 .....	36
제 4 장 고찰 .....	39
제 5 장 결론 .....	46
참고 문헌 .....	47
영문 요약 .....	50

## 그림 차례

Fig 1. Cross-over clinical study protocol .....	6
Fig 2. Image of working cast scan file .....	7
Fig 3. Framework design with software program .....	9
Fig 4. Superimposition of silicone applied framework and silicone removed framework by digital program .....	11
Fig 5. Conventional removable partial denture fabrication .....	13
Fig 6. Digital removable partial denture design with software program .....	14
Fig 7. Digital removable partial denture fabrication process .....	15
Fig 8. Superimposition process of silicone applied final denture and silicone removed final denture .....	17
Fig 9. Average and maximum masticatory pressure analysis with bite force analyzer .....	18
Fig 10. Masticatory capacity evaluation with 2-colored wax cube .....	19
Fig 11. Setting boundaries for artificial teeth wear evaluation .....	21
Fig 12. Evaluation of rest seat adaptation with sum and difference .....	26
Fig 13. Evaluation of denture base adaptation with sum and difference .....	28
Fig 14. Evaluation of average masticatory pressure with sum and difference .....	30
Fig 15. Evaluation of maximum masticatory pressure with sum and difference .....	31



Fig 16. Evaluation of masticatory capacity with sum and difference .....	33
Fig 17. Evaluation of artificial teeth wear with sum and difference .....	35
Fig 18. Evaluation of subjective satisfaction with sum and difference.....	38

## 표 차례

Table 1. Subjective satisfaction questionnaire .....	22
Table 2. Evaluation of rest seat adaptation with sum and difference .....	25
Table 3. Comparison of rest seat adaptation between CON group and DIG group.....	26
Table 4. Evaluation of denture base adaptation with sum and difference.....	27
Table 5. Comparison of denture base adaptation ..... between CON group and DIG group	28
Table 6. Evaluation of average masticatory pressure with sum and difference.....	30
Table 7. Evaluation of maximum masticatory pressure with sum and difference.....	30
Table 8. Comparison of average and maximum masticatory ..... pressure between CON group and DIG group	31
Table 9. Evaluation of masticatory capacity with sum and difference .....	32
Table 10. Comparison of masticatory capacity between CON group and DIG group.....	33
Table 11. Evaluation of artificial teeth wear with sum and difference .....	34
Table 12. Comparison of artificial teeth wear between CON group and DIG group.....	35
Table 13. Evaluation of subjective satisfaction by questionnaire .....	37
Table 14. Comparison of subjective satisfaction between ..... CON group and DIG group	38

## 국 문 요 약

전통적인 방식과 디지털 방식으로 제작한 부분틀니의 임상적 안정성  
비교평가 : 전향적 무작위 교차설계 임상연구

(지도교수 김지환)

연세대학교 대학원 치의학과  
김지윤

### 연구목적:

디지털 기술이 발달하면서 구강스캐너와 CAD/CAM 을 이용한 다양한 연구 및 임상증례가 보고되고 있다. 현재 자연치와 임플란트 등 고정성 영역에서는 디지털 기술들이 활발하게 이용되고 있으나 가철성 영역에서는 총의치에 대한 보고가 주로 이루어지고 있고 부분틀니에 대한 연구 및 증례보고는 아직 부족하다. 본 교차설계 임상연구에서는 전통적인 방식으로 제작한 부분틀니와 디지털 방식으로 제작한 부분틀니의 정확성과 임상적 안정성 그리고 환자의 만족도를 비교하였다.

**재료 및 방법:**

연구에 등록된 17 악궁을 임의로 두 군으로 나누어 한 군은 전통적인 방식으로 제작한 부분틀니를 먼저 장착하고, 다른 한 군은 디지털 방식으로 제작한 부분틀니를 먼저 장착한 다음, 3 개월 뒤 장착하지 않았던 부분틀니를 장착하였다.

작업 모형을 스캔한 후 디자인 소프트웨어를 이용해 서베이 및 블록 아웃하여 국소의치 구조물을 설계하고 프린팅 하였다. 전통적인 방식의 부분틀니는 기존 방식대로 레진 주입을 거쳐 제작하였고 디지털 방식의 부분틀니는 디자인 소프트웨어를 이용해 인공치와 의치상을 디자인한 후 프린팅하여 제작하였다.

객관적인 평가를 위해 국소의치 구조물 레스트의 적합도, 최종 의치 의치상의 적합도, 최종 의치 착용시 저작압 및 저작능력 그리고 3 개월 뒤 인공치의 마모도를 평가하였다. 추가적으로 설문지를 통해 각 틀니에 대한 주관적인 만족도를 평가하였다.

**결과:**

국소의치 구조물 레스트의 적합도( $P=0.139$ ), 최종 의치 의치상의 적합도( $P=0.319$ ), 최종 의치 착용시 평균( $P=0.813$ ) 및 최대( $P=0.355$ ) 저작압, 최종 의치 착용시 저작능력( $P=0.779$ ), 최종 의치 착용 후 3 개월 뒤 인공치의 마모도( $P=0.129$ ), 인공치 색에 대한 만족도 문항을 제외한 최종 의치에 대한 주관적인 만족도(all  $P>0.05$ )는 CON 그룹과 DIG 그룹 간에 유의미한 차이는 없었다.

**결론:**

국소의치 구조물 레스트의 적합도, 최종 의치 의치상의 적합도, 최종 의치 착용 시 저작압 및 저작능력, 인공치의 마모도, 인공치 색에 대한 만족도 문항을 제외한 최종 의치에 대한 주관적인 만족도는 전통적인 방식으로 제작한 틀니와 디지털 방식으로 제작한 틀니 간에 유의미한 차이는 없었다.

---

**핵심 되는 말:** CAD/CAM; 교차설계 임상연구; 부분틀니

## 제 1 장 서론

부분틀니는 치아뿐만 아니라 연조직으로부터 지지를 얻는 복잡한 구조를 가지기 때문에, 무치악부 치조제에 대한 의치상의 적합성과 견고함은 부분틀니의 성공을 위한 핵심 요소 중 하나이다. 현재까지 가철성 의치는 주로 전통적인 방식을 이용하여 제작하는 것이 일반적이지만, 최근에는 디지털 기술의 발달로 computer-aided design/computer-aided manufacturing(CAD/CAM)을 활용한 임상 및 기공과정이 고정성 보철 영역에서 다양하게 이루어지면서 가철성 보철 영역에서도 디지털 방식을 통해 제작하려는 시도가 증가하는 추세이다(Maeda et al. 1994). 기존 전통적인 방식의 틀니 제작 방법은 인공치 배열 시 해부학적 구조물이 기록상에 가려져 배열 기준을 확인하면서 배열하기 힘들며, 왁스 위에 기성 인공치아를 위치시킨 모형을 매몰한 후 왁스를 소환하여 음형으로 만들고 레진을 주입하기 때문에 과정이 복잡하여 오류가 많고, 레진 주입 후 교합기의 전방 핀이 벌어져 기공실 재부착과정이 필요하기도 하며, 이러한 과정에서 교합의 변화가 발생할 수 있다(Holt 1977; Stawarczyk et al. 2017). 더불어, 기성 인공치아의 사용은 환자 맞춤형의 효율적인 교합 형성에 제한을 준다.

반면, 디지털 방식의 의치 제작과정은 위험하고 복잡한 전통적인 방식의 기공과정을 단순화하고, 기공과정의 오차를 줄여 보다 정확한 보철물의 제작이 가능하며, 환자 내원 횟수와 치료 기간을 단축시킬 수 있고, 환자 맞춤형 교합 형성을 통해 저작 효율을 높일 수 있다. 또한 CAD/CAM 방식은 개개인의 데이터를 파일 형태로 보관할 수 있어, 술자, 기공사, 환자 간의 원활한 소통을 가능하게 하며, 의치의 손상이나 분실 시 복제 의치

제작과 재치료가 간편하다는 장점이 있다(Kattadiyil, Goodacre and Baba 2013; Bidra, Taylor and Agar 2013).

Maeda 등(1994)이 디지털 기술을 이용한 총의치 제작방식을 소개한 이후, 완전 무치약의 구강회복에서 디지털 워크플로우가 활발히 적용되고 있으며, 다양한 연구와 증례들을 통해 발전하고 있다(Kattadiyil, Goodacre and Baba 2013; Kattadiyil et al. 2015). Wang 등(2021)에 따르면 대부분의 연구에서 디지털 총의치는 임상적으로 허용 가능한 교합과 의치상의 적합성을 보였으며, CAD/CAM 밀링과 3D 프린팅 방식의 우수성에 대해 우열을 가리기 힘들다고 평가하였다. 최근에는 부분 무치약의 구강회복에서도 디지털 서베이ing을 통해 서베이드 크라운과 국소의치 금속구조물을 디자인하고 3D 프린팅하여 제작하는 방식이 시도되고 있다(Park et al. 2023; Lee et al. 2018). 디지털 방식으로 국소의치 구조물을 제작하는 방법에는 레진 또는 왁스패턴을 프린팅하여 주조하는 방법과 국소의치 구조물을 직접 프린팅하는 방법이 있다(Arnold et al. 2018). Hong 등(2011)의 연구에 따르면, 전자 서베이ing은 서베이어를 이용한 실제 서베이ing과 유사하며 실제 서베이ing보다 정확하고 빠르게 시행할 수 있다고 하였고, 레진 패턴을 프린팅하여 주조방식으로 제작한 국소의치 구조물의 적합도는 우수하였으며 장착 후 안정성과 탈착 시의 저항감 및 유지력도 임상적으로 적용하기에 적절하였다고 하였다. Oh 등(2022)에 따르면 전통적인 주조 방식과 3D printing 방식으로 제작된 국소의치 구조물 간에 유의미한 차이는 없었으며, 모두 임상적으로 적용 가능한 범위 내에 있었다고 보고하였다. Tregermann 등(2019)의 연구에 따르면, 국소의치 금속구조물을 아날로그, 아날로그-디지털, 디지털의 세 가지 방식으로 나누어 제작하여 각 방식에 대해 환자들의 만족도와 임상적 적합성을 비교한 결과, 디지털방식으로 제작한 국소의치 금속구조물이

가장 높은 만족도와 임상적 적합성을 가졌다고 보고하였다. Wu 등(2012) 또한, CAD/CAM 방식으로 국소의치 금속구조물을 디자인하는 것이 전통적인 왁스업 방식보다 정확할 수 있다고 하였다. 그러나 부분 무치악의 구강 회복에 대한 디지털 워크플로우를 다룬 연구는 여전히 소수에 불과하며, 단순한 시도였을 뿐이고 정확성과 안정성에 대한 충분한 검증이 이루어지지 않았으며 실질적인 후속 연구도 부족하다(Fueki et al. 2022). 또한, 대부분의 연구는 디지털 방식의 총의치 또는 국소의치 금속구조물 제작에서 멈추었으며, 최종적으로 디지털 방식으로 부분틀니를 제작한 연구는 이루어지지 않았다.

본 연구의 목적은 전통적인 부분틀니 제작 방법과 디지털 방식을 활용한 부분틀니 제작방법의 정확성과 임상적 안정성을 비교하는 것이다. 연구의 귀무가설은 ‘전통적인 방식으로 제작한 부분틀니와 디지털 방식으로 제작한 부분틀니의 정확성과 임상적 안정성의 차이는 없다.’라고 하였다.

## 제 2 장 연구 방법

### 연구 대상자의 선정기준 및 제외기준, 연구 표본수 및 산출근거

연세대학교 치과대학병원 치과보철과에 부분틀니 치료를 희망하여 내원한 환자를 대상으로 선정기준과 제외기준에 부합하는 환자를 스크리닝 하였다.

#### 1) 선정기준

- 만 20 세 이상의 성인 남녀
- 부분 무치약 환자, 혹은 부분 무치약 상태로 이행될 환자
- 본 임상시험에 대한 자세한 설명을 듣고 대상자가 자발적으로 참여를 결정하고 주의사항을 준수하기로 서면 동의한 자

#### 2) 제외기준

- 동의서를 읽을 수 없는 자
- 턱관절 이상으로 치료 시 개폐구에 문제가 있는 자
- 상 · 하악골에 선천적 혹은 후천적 결손부가 있는 자
- 임상적으로 유의한 의학적 또는 정신의학적 소견으로 시험책임자나 담당자가 부적합하다고 판단한 자
- 기타 윤리적으로 또는 임상시험 결과에 영향을 줄 수 있어 임상시험 책임자가 판단할 때 참여가 부적절한 자

### 3) 연구 표본수 및 산출근거

- 교차설계 연구로써 아래의 공식을 사용하여 표본수를 산출하였다(Chia et al. 2024).

Effect size=0.5,  $\alpha=0.10$ , power (1- $\beta$ )=0.80 으로 계산 시, 18 악궁으로 산출되었다.

탈락율(10%)을 고려하여 목표 악궁 수는 20 악궁으로 설정하였다.

$$n = (z_{\alpha/2} + z_{\beta})^2 \sigma^2 / d^2 = (1.65 + 0.84)^2 \cdot 53^2 / 31.5^2 = 17.55$$

### 연구설계 개요

디지털 워크플로우에 기반하여 제작한 부분틀니와 전통적인 방식으로 제작한 부분틀니를 비교평가하기 위하여 한 명의 대상자에게 두가지 방식의 부분틀니를 장착하였다. 전통적인 방식으로 제작한 부분틀니를 CON 그룹, 디지털 방식으로 제작한 부분틀니를 DIG 그룹으로 정의하였다.

본 연구는 교차설계(cross-over design) 연구로써 연구에 등록된 악궁을 임의로 두 군으로 나누어 한 군은 전통적인 방식으로 제작한 부분틀니를 처음 3 개월 간 착용하게 하고 다른 한 군은 디지털 방식으로 제작한 부분틀니를 처음 3 개월 간 착용하게 하였으며, 이후 착용하지 않았던 다른 방식의 부분틀니를 3 개월 동안 착용하게 하였다. 전통적인 방식으로 제작한 틀니를 처음 착용하고 그 다음으로 디지털 방식으로 제작한 틀니를 착용한 그룹을 C-D 그룹으로 정의하고, 디지털 방식으로 제작한 틀니를 처음 착용하고 그 다음으로 전통적인 방식으로 제작한 틀니를 착용한 그룹을 D-C 그룹으로 정의하였다. 각 잔류효과(carryover effect)를 감소시키기 위하여, 나중에 장착할 의치를 장착하기 위한 내원일 이전에 휴지기(washout period)를 최소 24 시간 가졌다.

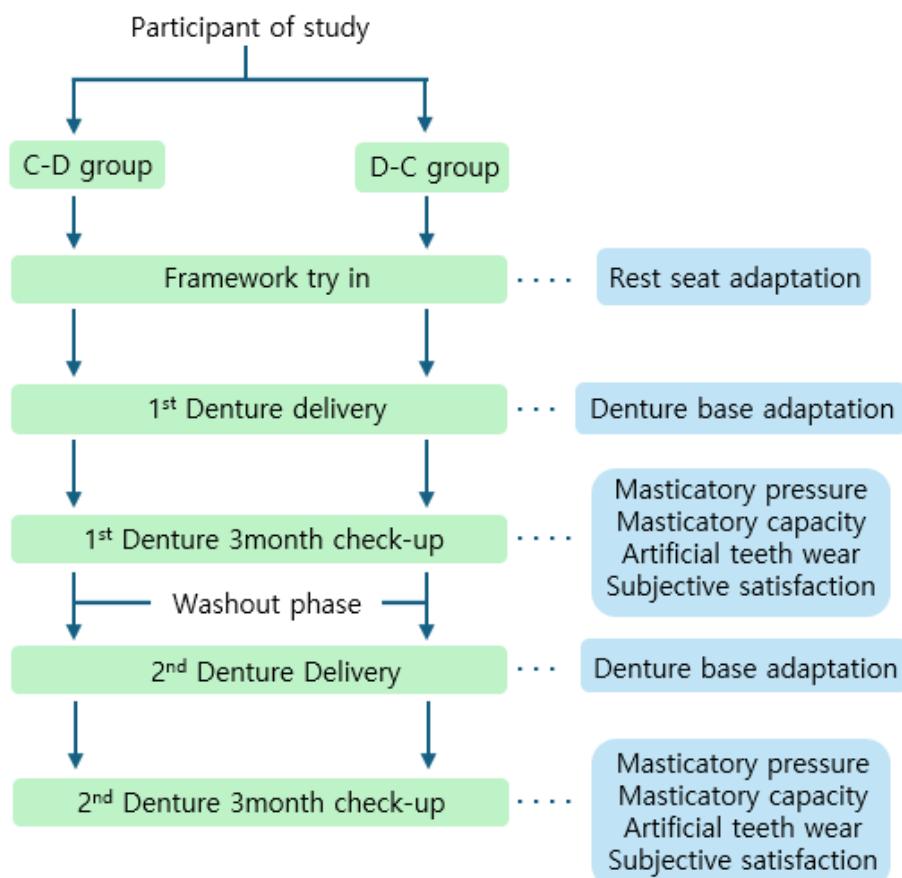
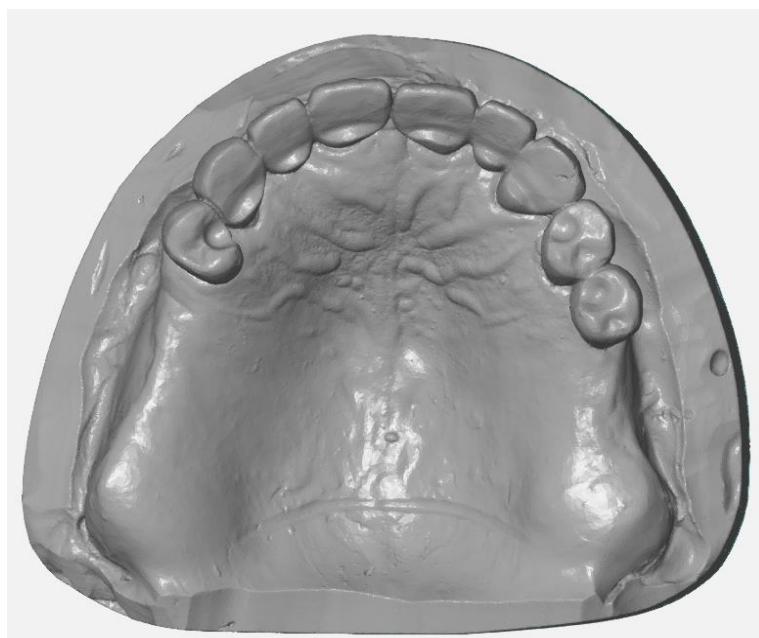


Fig 1. Cross-over clinical study protocol

전체적인 과정을 보여주는 연구 프로토콜이다(Fig 1). 각 과정에 대해 구체적으로 설명하겠다.

## 2.1. 작업 모형 및 복제 모형 제작

개인 트레이를 이용하여 변연 형성 후 최종 인상채득하고 Type4 초경석고(Die stone extreme, DK Mungyo, Gimhae, Korea)로 작업 모형을 제작했다. Tabletop scanner(T500, Medit, Seoul, Korea)을 이용해 작업 모형을 스캔하여 standard tessellation language(STL) 형식으로 스캔파일을 저장했다(Fig 2). 작업 모형을 복제용 실리콘(Elite Double 22 Fast, Zhermark GmbH, Badia Polesine, Italy)을 이용해 복제하고 Type4 초경석고로 복제 모형을 제작했다. 복제 모형을 tabletop scanner(T500, Medit, Seoul, Korea)을 이용해 스캔하여 standard tessellation language(STL) 형식으로 스캔파일을 저장했다.



**Fig 2. Image of working cast scan file**

## 2.2. 작업 모형과 복제 모형간 일치도 평가

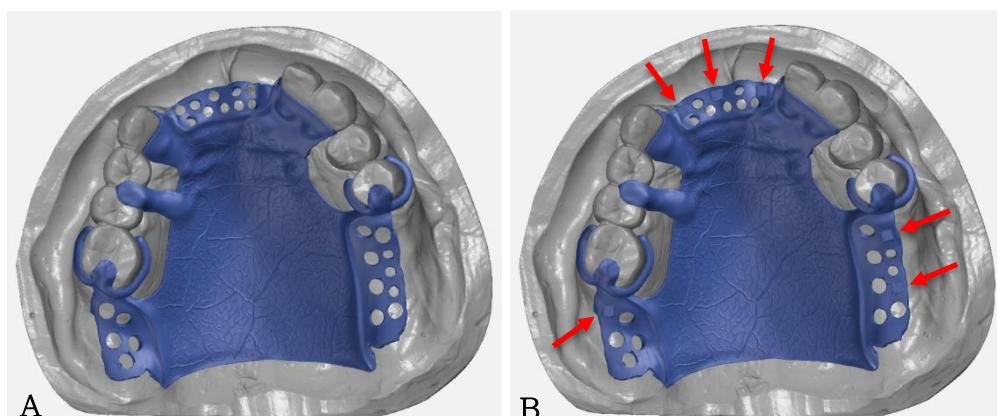
제작한 복제 모형이 작업 모형과 동일하게 제작되었는지 평가하기 위해 측량  
소프트웨어(Geomagic Control X version 2018.0.1 3D systems, Rock Hill, SC, USA)를 통해  
작업 모형과 복제 모형 스캔 데이터 간의 일치도를 평가하였다. 작업 모형과 복제 모형 스캔  
데이터를 모형의 바닥과 측면 및 land area 를 제거하고, 나머지 부분을 기준으로 최적합  
중첩한 후 모형 간의 평균 거리와 제곱 평균 근(root mean square)을 측정하였다.

## 2.3. 국소의치 구조물 제작

CON 그룹과 DIG 그룹 모두 작업 모형을 이용하여 국소의치 구조물을 제작하였다.

디자인 소프트웨어(Dental System version 20.1.0, 3Shape A/S, Copenhagen, Denmark)를 통해 CON 그룹과 DIG 그룹 모두 스캔한 모형 상에서 서베잉 및 블록 아웃 하여 국소의치 구조물을 설계했다. 두 그룹 모두 동일하게 디자인 후, DIG 그룹은 추가적으로 인공치가 위치할 곳 하부 minor connector 에 가로 세로 모두 2.5mm 길이의 직육면체 구조물을 설계하였다(Fig 3). 이 구조물을 기준으로 추후 인공치를 설계하였으며, 인공치를 프린팅 후 금속구조물에 정확하게 위치시키는데 도움이 되도록 했다.

설계한 국소의치 구조물을 selective laser melting(SLM) 3D metal printer(Dual-150, Riton, Guangdong, China)를 통해 프린팅 하였으며 supporting structure 를 제거 후 전해연마 하여 제작하였다(Fig 5). 제작된 국소의치 구조물을 tabletop scanner(T500, Medit, Seoul, Korea)을 이용해 스캔 하여 standard tessellation language(STL) 형식으로 스캔파일을 저장했다.



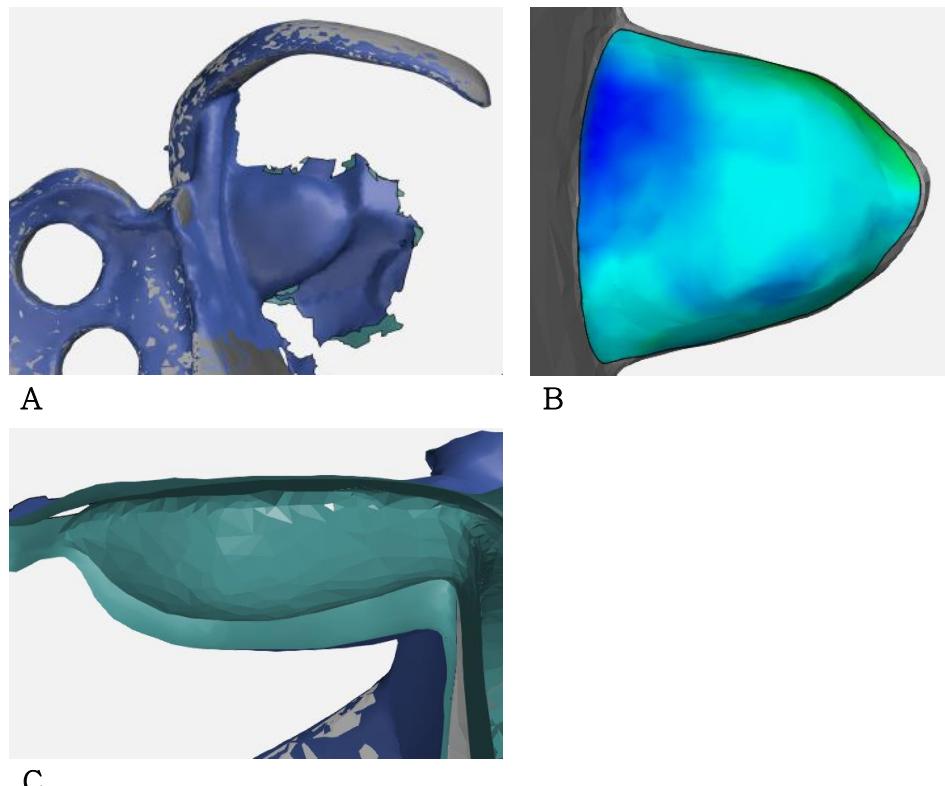
**Fig 3. Framework design with software program**

(A) CON group (B) DIG group. The arrows point to the cuboidal structure.

## 2.4. 국소의치 구조물 레스트 적합도 평가

국소의치 구조물 레스트의 주지대치 레스트 시트에 대한 적합도를 임상에서 평가했다.

국소의치 구조물을 구내에 시적하여 적합을 확인하였고 필요시 조정하였다. 국소의치 구조물의 적합을 확인한 후, 레스트가 레스트 시트와 적합되는 부분에 adhesive(VPS tray adhesive, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 소량 펴 바르고 vinyl polysiloxane 인상재(Aquasil Ultra XLV, Dentsply Sirona, Charlotte, North Carolina, USA)를 적용하여 구내에 시적하였다. 5분간 재료가 경화될 때까지 레스트 부위에 손가락으로 압력을 주어 인상재가 팽창하는 것을 막았다. 경화가 완료된 후 구내에서 제거한 뒤 인상재가 적용된 국소의치 구조물을 tabletop scanner(T500, Medit, Seoul, Korea)을 이용해 스캔하여 standard tessellation language(STL) 형식으로 스캔파일을 저장했다. 국소의치 구조물을 조정한 경우, adhesive 와 vinyl polysiloxane 인상재를 구조물에서 제거한 뒤 국소의치 구조물을 추가적으로 스캔했다. GOM Inspect 프로그램(GOM Inspect version 2018, GOM GmbH, Braunschweig, Germany)을 통해 인상재가 적용된 국소의치 구조물과 인상재가 제거된 국소의치 구조물 스캔 데이터를 인상재가 묻은 곳을 제외한 전체 금속의치 구조물을 기준으로 최적합 중첩한 후 레스트가 레스트 시트에 적합되는 부분에 적용된 인상재의 평균 두께를 측정하였다(Fig 4).



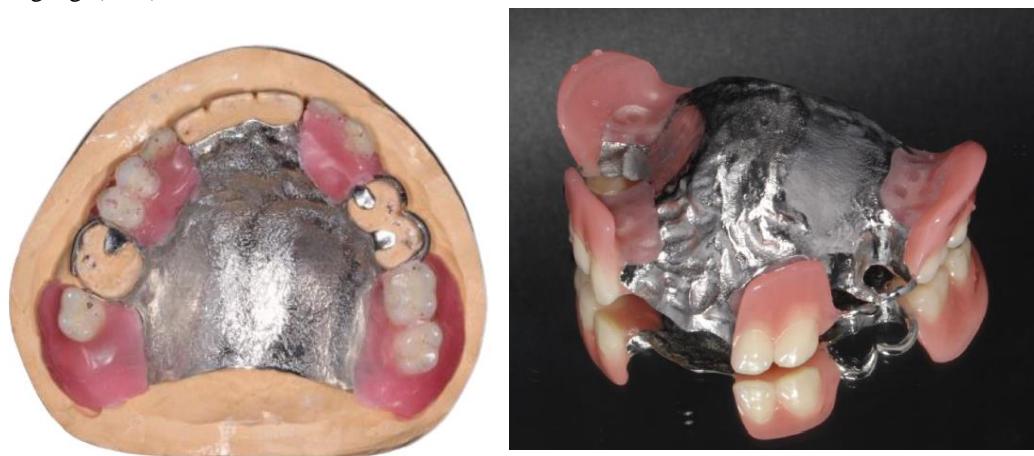
**Fig 4. Superimposition of silicone applied framework and silicone removed framework by digital program (A) Inside view (B) Defined boundary (C) Cross-sectional view**

## 2.5. 최종 의치 제작

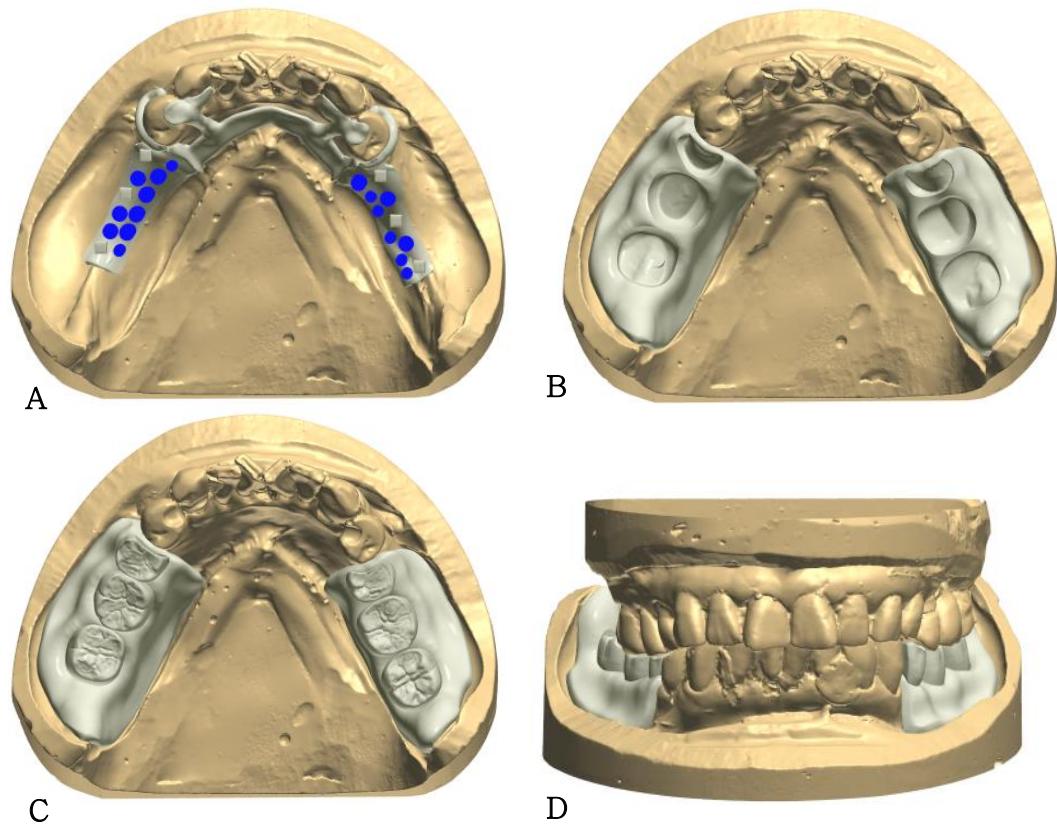
국소의치 구조물에 기록상 및 왁스 교합체를 제작하여 수직고경 및 교합평면을 고려해 악간 관계 채득을 한 후 CON 그룹과 DIG 그룹을 다른 방법으로 인공치과 의치상을 디자인 및 최종 의치를 제작했다. 작업 모형을 이용하여 CON 그룹을 제작하고 복제 모형을 이용하여 DIG 그룹을 제작했다. CON 그룹은 전통적인 방식으로 작업 모형 상에서 인공치(SR Orthotyp SDCL Posterior denture teeth, Ivoclar Vivadent, Zurich, Switzerland) 배열 및 치은 형성 후 교합기 상에서 교합 조정하였고 납의치 시적을 거쳐 플라스킹(flasking), 디플라스킹(deflasking), 레진 주입(resin injection), 기공실 재부착(laboratory remounting) 및 연마 단계를 거쳐 최종 의치를 제작했다(Fig 5). 최종 의치는 tabletop scanner(T500, Medit, Seoul, Korea)을 이용해 스캔 하여 standard tessellation language(STL) 형식으로 스캔파일을 저장했다.

DIG 그룹은 디자인 소프트웨어(Dental System version 20.1.0, 3Shape A/S, Copenhagen, Denmark)를 통해 기존 국소의치 구조물 디자인 정보를 불러와 인공치를 배열하고 의치상을 디자인했으며(Fig 6) 가상교합기 모듈을 이용해 교합조정(digitally calculated dynamic occlusion) 했다. 국소의치 금속구조물과 의치상을 모델상에서 위치시킬 때 겹치지 않고 정확하게 안착될 수 있도록 디자인시 국소의치 금속구조물과 의치상 사이에 10  $\mu\text{m}$ 의 간격을 두었다. 국소의치 구조물의 직육면체 구조물을 기준으로 인공치를 설계하였으며 구조물의 크기만큼 인공치 하방에 내면공간을 부여하여 정확하게 안착될 수 있도록 하였다. 인공치는 제작 시 오차를 감소시키기 위해 각각 디자인한 후 프린팅 하였다.

디자인 후 3D resin printer(NextDent 5100 3D printer, Nextdent B.V., Soesterberg, Netherlands)를 이용해 의치상은 base resin(NextDent B.V., Soesterberg, Netherlands)을, 인공치는 연구용 resin(NextDent B.V., Soesterberg, Netherlands)을 사용해 프린팅 하였으며 supporting structure 를 조심스럽게 떼어 내고 알코올에 담가 세척 후 건조한 뒤 광중합 시켰다. 광중합 된 인공치와 의치상을 복제 모형에 안착시켜 적합도를 확인한 후 각각의 연결 계면은 의치상용 광중합 콤포짓 레진(Crea.lign.gum, Bredent GmbH, Senden, Germany)을 이용해 채워 넣고 광중합 시켜 결합해주었다. 연마 단계를 거쳐 최종 의치를 제작했으며(Fig 7) 최종 의치는 tabletop scanner 을 이용해 스캔 하여 standard tessellation language(STL) 형식으로 스캔파일을 저장했다.

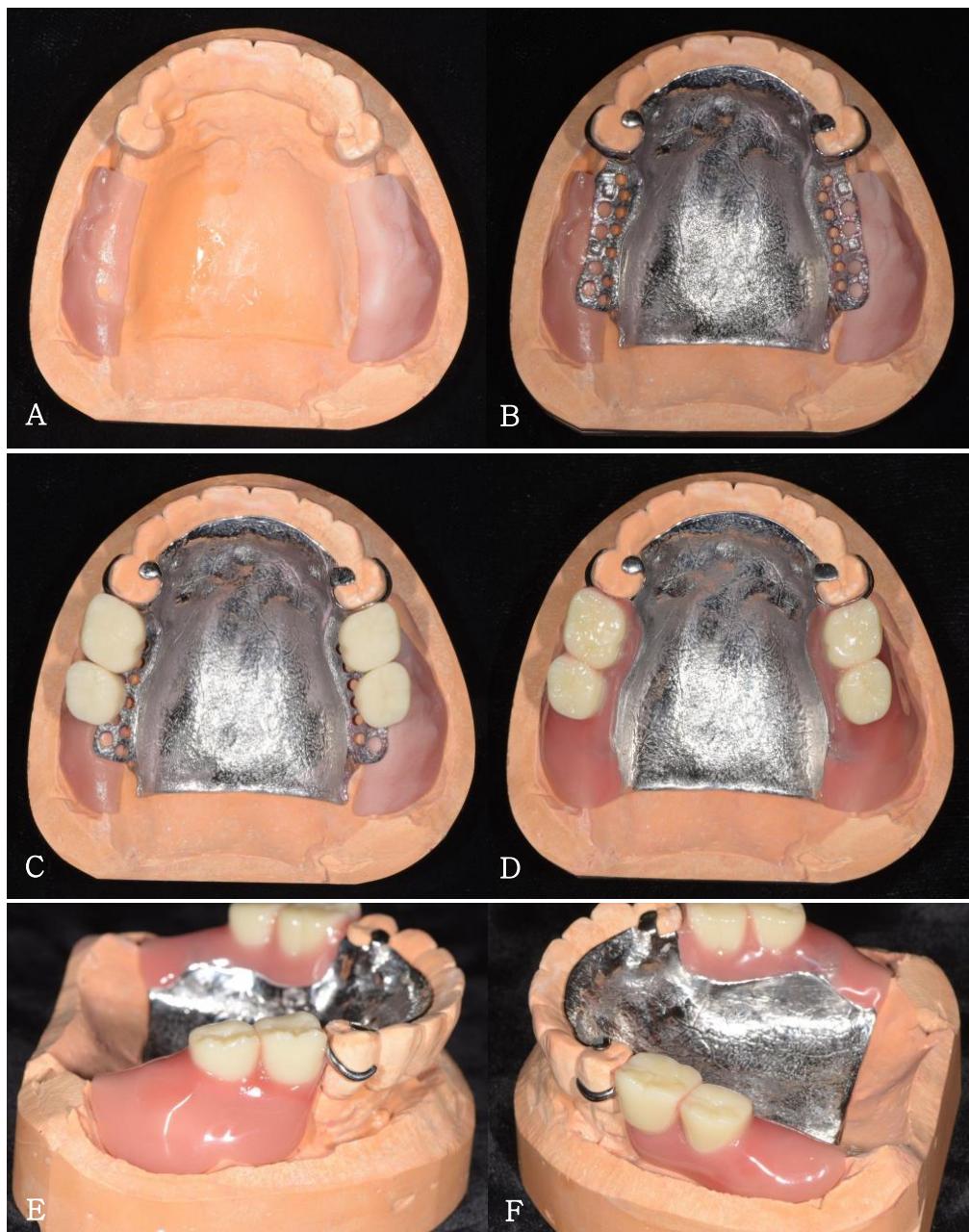


**Fig 5. Conventional removable partial denture fabrication**  
(A) Artificial teeth set up (B) Processed final denture



**Fig 6. Digital removable partial denture design with software program**

(A) Import framework scan data (B) Denture base design (C) Occlusal view of artificial teeth set up (D) Frontal view of artificial teeth set up



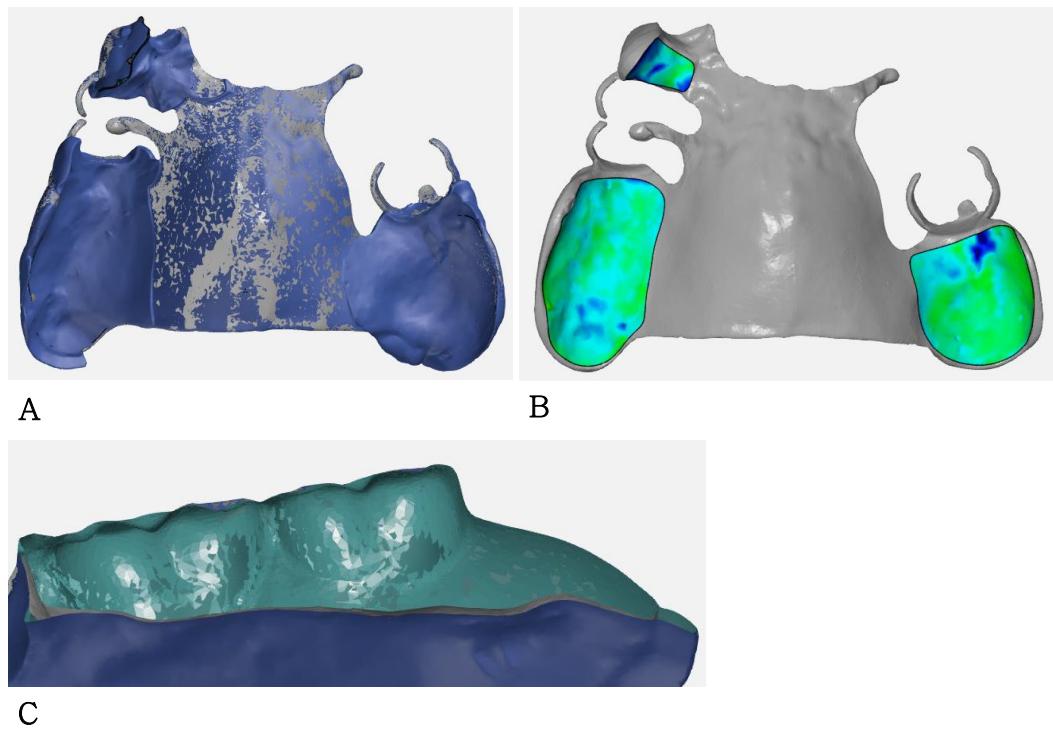
**Fig 7. Digital removable partial denture fabrication process**

(A) Adjust denture base to working cast (B) Adjust framework to working cast (C) Adjust artificial teeth to denture base and framework (D) Occlusal view of final denture (E) Left view of final denture (F) Right view of final denture

## 2.6. 최종 의치 의치상 적합도 평가

최종 의치 제작 후 의치상의 잔존 치조제 점막에 대한 적합도를 임상에서 평가했다.

최종 의치를 구내에 시적하여 적합을 확인하였고 필요시 내면 및 교합을 조정하였다. 최종 의치의 적합을 확인한 후, 의치상 내면에 adhesive(VPS tray adhesive, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 소량 펴 바르고 vinyl polysiloxane 인상재(Aquasil Ultra XLV, Dentsply Sirona, Charlotte, North Carolina, USA)를 적용하여 구내에 시적하였다. 5분간 재료가 경화될 때까지 레스트 및 인공치 교합면 부위에 손가락으로 압력을 주어 인상재가 팽창하는 것을 막았다. 경화가 완료된 후 구내에서 제거한 뒤 인상재가 적용된 최종 의치를 tabletop scanner(T500, Medit, Seoul, Korea)을 이용해 스캔하여 standard tessellation language(STL) 형식으로 스캔파일을 저장했다. 최종 의치를 조정한 경우, adhesive 와 vinyl polysiloxane 인상재를 제거한 뒤 추가적으로 스캔했다. GOM Inspect 프로그램(GOM Inspect version 2018, GOM GmbH, Braunschweig, Germany)을 통해 인상재가 적용된 최종 의치와 인상재가 제거된 최종 의치 스캔 데이터를 인상재가 묻은 곳을 제외한 전체 의치를 기준으로 최적합 중첩한 후(Fig 8) 의치상 내면에 적용된 인상재의 평균 두께를 측정하였다.



**Fig 8. Superimposition of silicone applied final denture and silicone removed final denture by digital program (A) Inside view (B) Defined boundary (C) Cross-sectional view**

## 2.7. 최종 의치 저작압 평가

최종 의치의 적합성과 효용성을 평가하기 위해 CON 그룹과 DIG 그룹 모두 최종 의치 장착 후 3 개월 뒤 교합력 측정 시스템용 필름(Dental prescale II, GC Co., Tokyo, Japan)을 통해 저작압을 평가하였다. 환자의 구강에 맞는 적절한 크기(S, M, L)를 선택하여 모든 치열 및 인공치가 필름안에 위치하도록 한 후 약 3 초간 강하게 물도록 지시하였다. 필름에 묻어 있는 타액을 제거 및 소독 후 스캐너(GTX830, EPSON, Tokyo, Japan)에 세팅한 후 교합력 분석 소프트웨어(Bite Force Analyzer, GC Co., Tokyo, Japan)를 통해 평균 및 최대 저작압을 평가하였다(Fig 9).

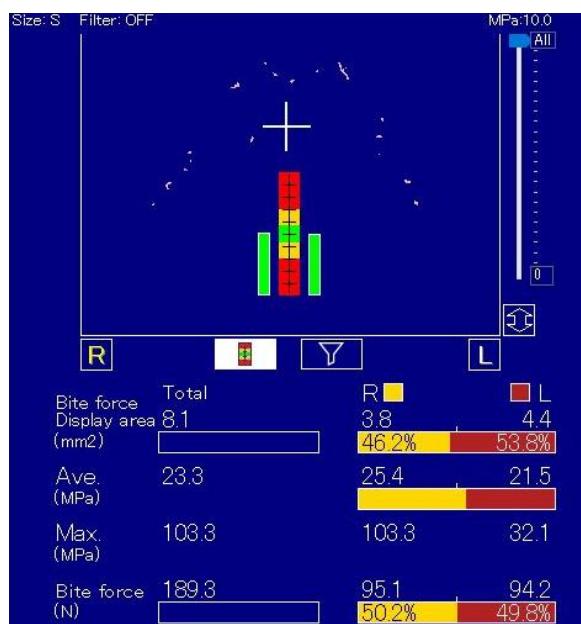
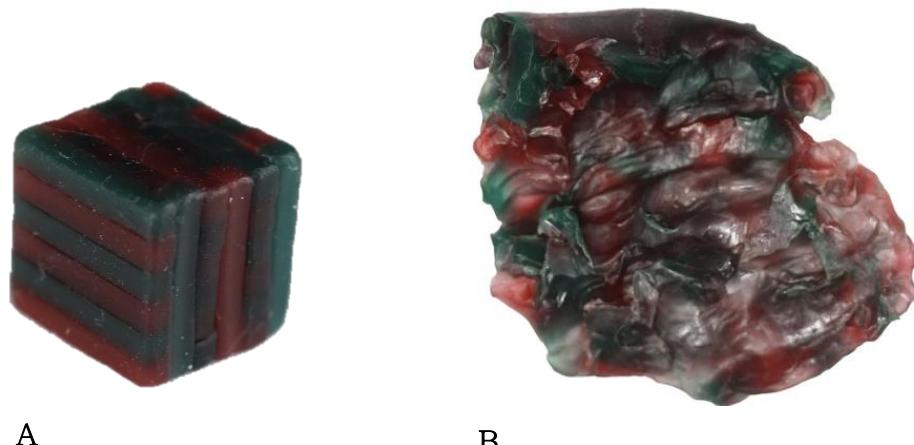


Fig 9. Average and maximum masticatory pressure analysis with bite force analyzer

## 2.8. 최종 의치 저작능력 평가

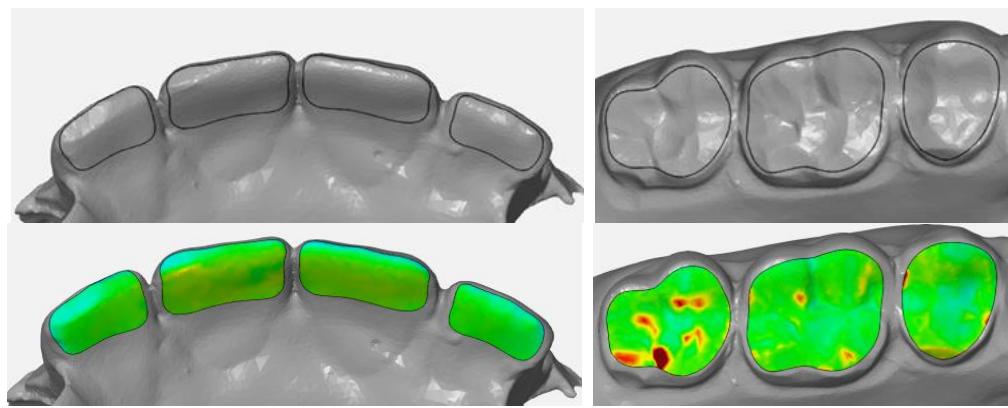
최종 의치 착용시 저작 효율성을 평가하기 위해 CON 그룹과 DIG 그룹 모두 최종 의치 장착 후 3 개월 뒤 2 가지 색상의 wax cube 를 통해 저작능력을 평가하였으며 결과값은 mixing ability index(MAI)로 표현하였다(Fig 10) (Jeong et al. 2010). 환자에게 습관적으로 wax cube 를 10 번씩 저작하도록 3 회 지시하였다. 2 가지 색상이 섞인 wax cube 는 디지털 이미지 분석기(Image-Pro Plus, v6.0, Media Cybernetics Inc, Rockville, Maryland USA)를 통해 이미지화 되었고 MAI 를 평가하였다. MAI 는 표준화된 공식을 통해 계산되며 점수범위는 1~100 점으로, 값이 높을수록 저작 능력이 높음을 의미한다.



**Fig 10. Masticatory capacity evaluation with 2-colored wax cube**  
(A) Before chewing (B) After chewing

## 2.9. 최종 의치 인공치 마모도 평가

CON 그룹과 DIG 그룹 모두 최종 의치 장착 후 3 개월 뒤 마모도를 평가했다. 장착 3 개월 후 의치는 tabletop scanner(T500, Medit, Seoul, Korea)을 이용해 스캔 하여 standard tessellation language(STL) 형식으로 스캔파일을 저장했다. GOM Inspect 프로그램(GOM Inspect version 2018, GOM GmbH, Braunschweig, Germany)을 통해 처음 장착 시 의치와 장착 3 개월 후 의치 스캔 데이터를 내면 및 교합면을 제외한 의치 전체 부분을 기준으로 하여 최적합 중첩했다. 인공치의 마모도는 상악 전치부의 경우 절단면 및 구개측, 구치부의 경우 교합면을 확인하여 전체 인공치의 평균 마모량을 구했다(Fig 11). 하악 전치부의 경우, 절단면을 확인하려고 하였으나 위 연구에서는 해당 중례가 없었다. DIG 그룹의 경우, 각각의 인공치와 의치상 연결 계면을 의치상용 광중합 콤포짓 레진(Crea.lign.gum, Bredent GmbH, Senden, Germany)을 이용해 채워 넣는 방식으로 제작했기 때문에 두 그룹 모두 경계 설정 시 인공치끼리와 인공치와 의치상이 만나는 부위는 제외했다.



A

B

**Fig 11. Setting boundaries for artificial teeth wear evaluation**

(A) Incisal and palatal area of maxillary anterior (B) Posterior occlusal area

## 2.10. 최종 의치 만족도 평가

최종 의치 장착 3 개월 뒤 CON 그룹과 DIG 그룹 모두 OHIP-14 항목을 이용해(Slade 1977) 본 연구에 적용할 수 있는 10 개의 문항으로 변경하여 제작한 설문지를 통해 심미적, 물리적, 생리적 만족도를 평가하였다. 설문지는 총 10 개의 문항으로 연구 참여자에게 각 문항 별로 만족한 정도에 대해 0에서 5 점의 점수를 매기도록 요청하였다(Table 1).

**Table 1. Subjective satisfaction questionnaire**

	전 혀 그 렇 지 않 다	그 렇 지 않 다	보 통 이 다	그 렇 다	매 우 그 렇 다
1) 부분틀니의 모양에 만족하십니까?					
2) 부분틀니 치아의 색에 만족하십니까?					
3) 부분틀니가 떨어지지 않고 잘 붙어있는 성질에 대해 만족하십니까?					
4) 부분틀니 장착 후 음식을 씹는 것에 대해 만족하십니까?					
5) 부분틀니 장착 후 맛을 느끼는 감각에 대해 만족하십니까?					
6) 부분틀니 장착 후 발음(정확성, 명확성)에 대해 만족하십니까?					
7) 부분틀니로 인한 혀나 볼, 잇몸의 불편감은 없으십니까?					
8) 부분틀니가 잇몸에 잘 맞다고 느끼십니까?					
9) 부분틀니 장착 후 삶의 만족도가 향상되었습니까?					
10) 현재 장착 중인 부분틀니에 대해 전반적으로 만족하십니까?					

## 2.11. 통계학적 분석

SPSS Statistics version 29.0(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 통해 통계학적인 분석을 진행하였다. 각 악궁 별로 2 가지 틀니에 대한 각 변수들의 합(sum)을 구하였고 C-D 그룹과 D-C 그룹으로 분류하여 합(sum)에 대한 두 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였다. 변수들의 합(sum)에 대한 분석은 본 연구가 교차설계 연구로써 잔류효과(carryover effect)의 유무를 확인하기 위해 진행하였다. 잔류효과가 없음을 확인한 변수들에 대해 C-D 그룹과 D-C 그룹으로 분류되는 각 악궁 별로 2 가지 틀니에 대한 각 변수들의 차이(difference)를 구하였고 차이(difference)에 대한 두 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였다. 차이(difference)에 대한 분석은 CON 그룹과 DIG 그룹이 유의미하게 다른지, 다르다면 무슨 그룹이 더 높은 결과값을 나타내는지 평가하기 위해 진행하였다. 모든 분석은 정규분포성을 이루는지 먼저 평가한 후, 정규 분포를 이루는 경우 독립표본 T 검사를 이용해 분석하였고 정규 분포를 이루지 못하는 경우 Mann-Whitney test를 이용해 분석하였다( $\alpha=0.05$ ).

## 제 3 장 결과

총 16 명의 연구 대상자가 선정되었으며 상·하악 모두 부분틀니 연구대상으로 선정된 경우가 존재하여 총 악궁의 개수는 21 악궁이였다. 그 중 4 악궁이 지대치 발치 및 미내원 등의 이유로 탈락하여 결과적으로 총 17 악궁이 포함되었다. 10 악궁이 두가지 부분틀니 중 전통적인 제작 방식에 의한 부분틀니를 먼저 장착하였고 나머지 7 악궁이 디지털 방식에 의한 부분틀니를 먼저 장착하였다.

### 3.1. 작업 모형과 복제 모형간 일치도

각 악궁마다 제작한 복제 모형이 작업 모형과 동일하게 제작되었는지 평가하기 위해 작업 모형과 복제 모형 간의 평균 거리와 제곱 평균 근(root mean square)을 측정하였다. 전체적으로 평균 거리는  $0.2\sim7.3\ \mu\text{m}$  범위였고, 제곱 평균 근은  $12.6\sim40.9\ \mu\text{m}$  범위였다.

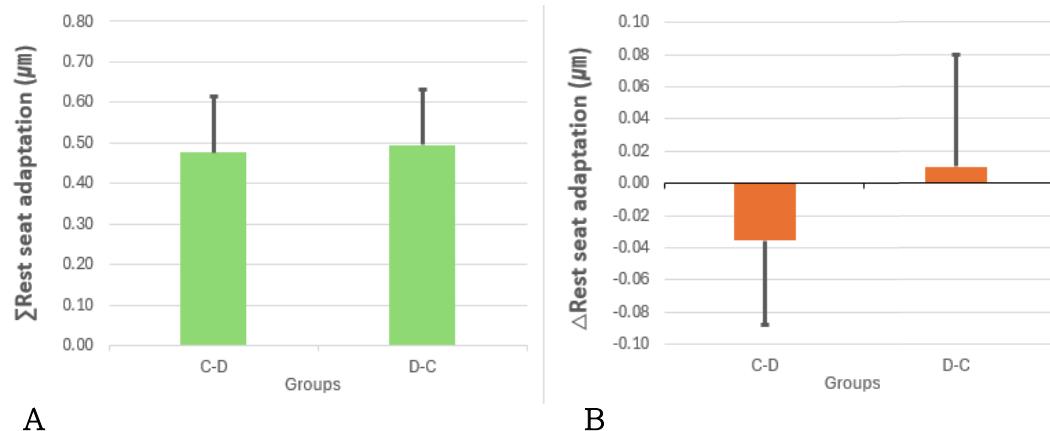
### 3.2. 국소의치 구조물 레스트 적합도

레스트 적합도는 먼저 합(sum)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 C-D 그룹의 평균은  $480 \mu\text{m}$ , D-C 그룹의 평균은  $490 \mu\text{m}$ 로 D-C 그룹이 크게 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.790$ ). 이를 통해 잔류효과가 없음을 확인하여 차이(difference)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 C-D 그룹의 평균은  $-40 \mu\text{m}$ , D-C 그룹의 평균은  $10 \mu\text{m}$ 로 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.139$ ) (Table 2, Fig 12). CON 그룹의 평균은  $220 \mu\text{m}$ 이었으며 DIG 그룹의 평균은  $240 \mu\text{m}$ 이었다(Table 3).

**Table 2. Evaluation of rest seat adaptation with sum and difference**

Rest seat adaptation evaluation		
	Sum	Difference
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
C-D group	$480 \pm 140$	$-40 \pm 50$
D-C group	$490 \pm 140$	$10 \pm 70$
<i>p</i> value	0.79	0.139

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation ( $\mu\text{m}$ ).



**Fig 12. Evaluation of rest seat adaptation with sum and difference**

(A) Sum of rest seat adaptation( $\mu\text{m}$ ) (B) Difference of rest seat adaptation( $\mu\text{m}$ )

**Table 3. Comparison of rest seat adaptation between CON group and DIG group**

Rest seat adaptation evaluation	
Mean $\pm$ SD	
CON group	220 $\pm$ 60
DIG group	240 $\pm$ 80

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation ( $\mu\text{m}$ ).

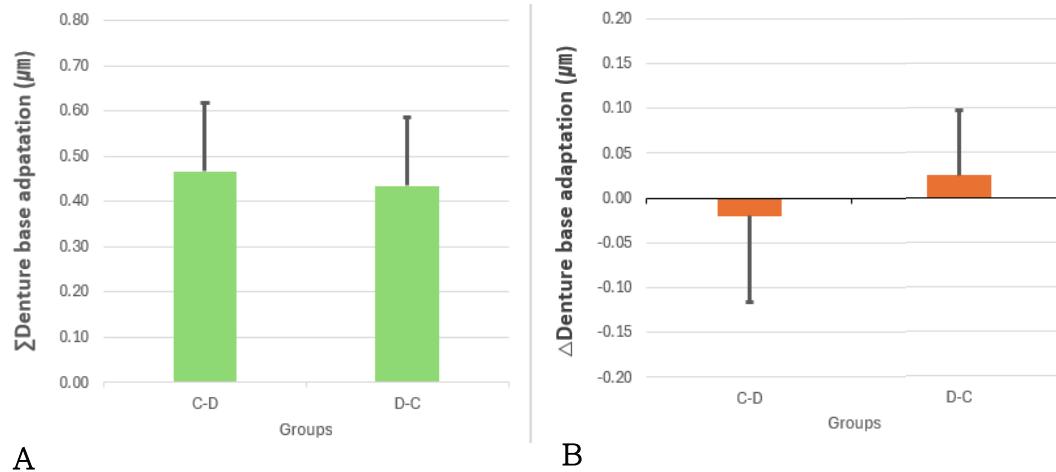
### 3.3. 최종 의치 의치상 적합도

의치상 적합도는 먼저 합(sum)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 C-D 그룹의 평균은  $470 \mu\text{m}$ , D-C 그룹의 평균은  $430 \mu\text{m}$ 로 C-D 그룹이 크게 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.676$ ). 이를 통해 잔류효과가 없음을 확인하여 차이(difference)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 C-D 그룹의 평균은  $-20 \mu\text{m}$ , D-C 그룹의 평균은  $20 \mu\text{m}$ 로 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.319$ ) (Table 4, Fig 13). CON 그룹의 평균은  $210 \mu\text{m}$ 이었으며 DIG 그룹의 평균은  $240 \mu\text{m}$ 이었다(Table 5).

**Table 4. Evaluation of denture base adaptation with sum and difference**

Denture base adaptation evaluation		
	Sum	Difference
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
C-D group	$470 \pm 150$	$-20 \pm 100$
D-C group	$430 \pm 150$	$20 \pm 70$
<i>p</i> value	0.676	0.319

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation ( $\mu\text{m}$ ).



**Fig 13. Evaluation of denture base adaptation with sum and difference**

(A) Sum of denture base adaptation( $\mu\text{m}$ ) (B) Difference of denture base adaptation( $\mu\text{m}$ )

**Table 5. Comparison of denture base adaptation between CON group and DIG group**

Denture base adaptation evaluation	
Mean $\pm$ SD	
CON group	210 $\pm$ 100
DIG group	240 $\pm$ 80

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation ( $\mu\text{m}$ ).

### 3.4. 최종 의치 저작압

최종 의치 장착 후 3 개월 뒤 평균 및 최대 저작압을 평가하였다. 먼저 합(sum)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 평균 저작압은 C-D 그룹의 평균은 59.87 MPa, D-C 그룹의 평균은 59.47 MPa로 C-D 그룹이 크게 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었고( $P=0.887$ ), 최대 저작압은 C-D 그룹의 평균은 193.96 MPa, D-C 그룹의 평균은 179.57 MPa로 C-D 그룹이 크게 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.530$ ). 이를 통해 잔류효과가 없음을 확인하여 차이(difference)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 평균 저작압은 C-D 그룹의 평균은 3.47 MPa, D-C 그룹의 평균은 6.81 MPa로 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었고( $P=0.813$ ), 최대 저작압은 C-D 그룹의 평균은 27.62 MPa, D-C 그룹의 평균은 9.66 MPa로 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.355$ ) (Table 6,7, Fig 14,15). 평균 저작압의 경우, CON 그룹의 평균은 29.47 MPa 이였으며 DIG 그룹의 평균은 30.24 MPa 이였고, 최대 저작압의 경우, CON 그룹의 평균은 100.15 MPa 이였으며 DIG 그룹의 평균은 87.88 MPa 이였다(Table 8).

**Table 6. Evaluation of average masticatory pressure with sum and difference**

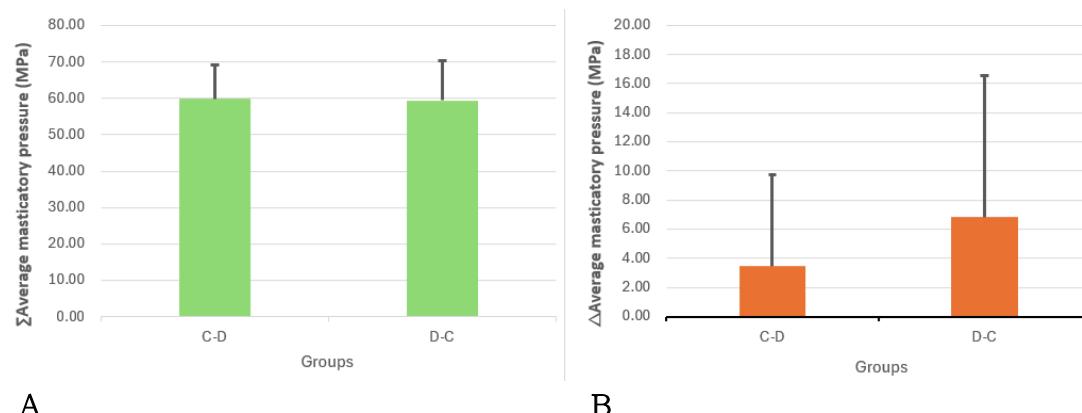
Average masticatory pressure evaluation	
	Sum
	Mean $\pm$ SD
C-D group	59.87 $\pm$ 9.42
D-C group	59.47 $\pm$ 10.92
<i>p</i> value	0.887

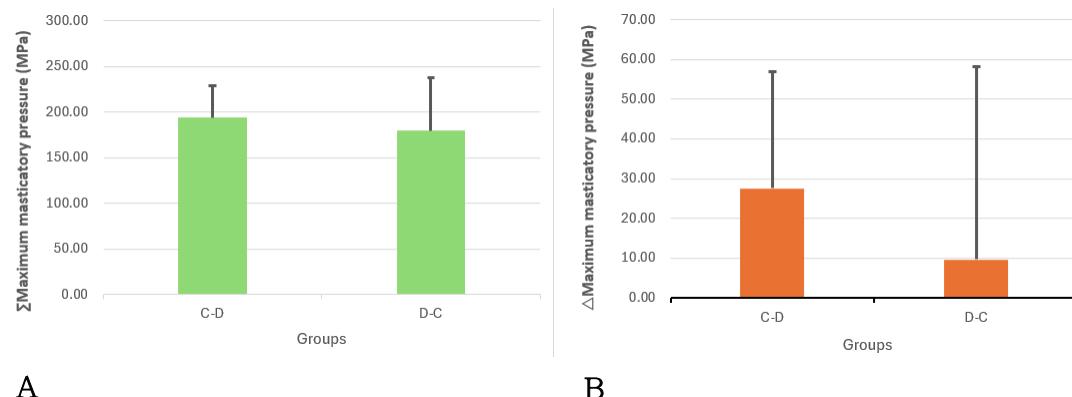
Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation (MPa).

**Table 7. Evaluation of maximum masticatory pressure with sum and difference**

Maximum masticatory pressure evaluation	
	Sum
	Mean $\pm$ SD
C-D group	193.96 $\pm$ 34.65
D-C group	179.57 $\pm$ 57.9
<i>p</i> value	0.530

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation (MPa).


**Fig 14. Evaluation of average masticatory pressure with sum and difference** (A) Sum of average masticatory pressure (MPa) (B) Difference of average masticatory pressure (MPa)



**Fig 15. Evaluation of maximum masticatory pressure with sum and difference** (A) Sum of maximum masticatory pressure (MPa) (B) Difference of maximum masticatory pressure (MPa)

**Table 8. Comparison of average and maximum masticatory pressure between CON group and DIG group**

	Average masticatory pressure evaluation	Maximum masticatory pressure evaluation
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
CON group	29.47 $\pm$ 4.49	100.15 $\pm$ 25.87
DIG group	30.24 $\pm$ 8.35	87.88 $\pm$ 34.43

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation (MPa).

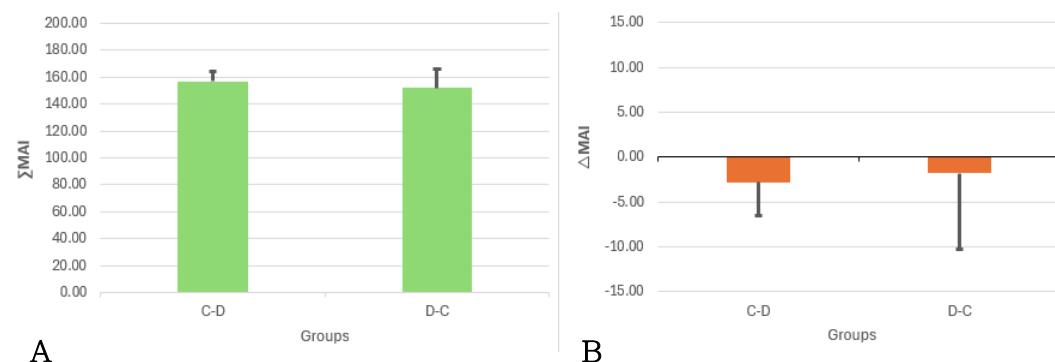
### 3.5. 최종 의치 저작능력

최종 의치 장착 후 3 개월 뒤 저작능력을 평가하였다. 먼저 합(sum)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 C-D 그룹의 평균은 157.02, D-C 그룹의 평균은 151.99로 C-D 그룹이 크게 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.962$ ). 이를 통해 잔류효과가 없음을 확인하여 차이(difference)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 C-D 그룹의 평균은 -2.8, D-C 그룹의 평균은 -1.81로 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.779$ ) (Table 9, Fig 16). CON 그룹의 평균은 77.02였으며 DIG 그룹의 평균은 77.92였다(Table 10).

**Table 9. Evaluation of masticatory capacity with sum and difference**

Masticatory capacity evaluation (MAI)		
	Sum	Difference
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
C-D group	157.02 $\pm$ 6.73	-2.8 $\pm$ 3.76
D-C group	151.99 $\pm$ 13.71	-1.81 $\pm$ 8.42
$p$ value	0.962	0.779

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation (MAI).



**Fig 16. Evaluation of masticatory capacity with sum and difference**

(A) Sum of masticatory capacity (MAI) (B) Difference of masticatory capacity (MAI)

**Table 10. Comparison of masticatory capacity between CON group and DIG group**

Masticatory capacity evaluation (MAI)	
Mean $\pm$ SD	
CON group	77.02 $\pm$ 6.16
DIG group	77.92 $\pm$ 5.77

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation (MAI).

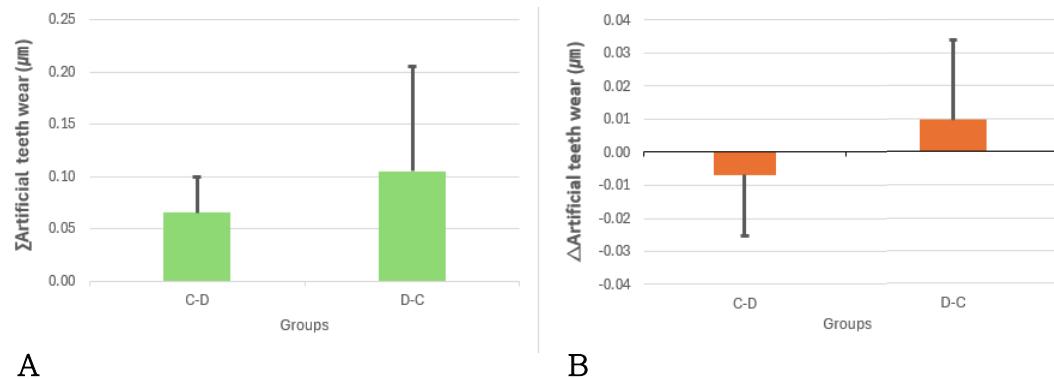
### 3.6. 최종 의치 인공치 마모도

최종 의치 장착 후 3 개월 뒤 인공치의 마모도를 평가하였다. 먼저 합(sum)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 C-D 그룹의 평균은  $0.07 \mu\text{m}$ , D-C 그룹의 평균은  $0.11 \mu\text{m}$ 로 D-C 그룹이 크게 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.887$ ). 이를 통해 잔류효과가 없음을 확인하여 차이(difference)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 C-D 그룹의 평균은  $-0.01 \mu\text{m}$ , D-C 그룹의 평균은  $0.01 \mu\text{m}$ 로 나타났으나 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.129$ ) (Table 11, Fig 17). CON 그룹의 평균은  $30 \mu\text{m}$ 이었으며 DIG 그룹의 평균은  $40 \mu\text{m}$ 이었다(Table 12).

**Table 11. Evaluation of artificial teeth wear with sum and difference**

Artificial teeth wear evaluation		
	Sum	Difference
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
C-D group	$0.07 \pm 0.03$	$-0.01 \pm 0.02$
D-C group	$0.11 \pm 0.1$	$0.01 \pm 0.02$
<i>p</i> value	0.887	0.129

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation ( $\mu\text{m}$ ).



**Fig 17. Evaluation of artificial teeth wear with sum and difference**

(A) Sum of artificial teeth wear( $\mu\text{m}$ ) (B) Difference of artificial teeth wear( $\mu\text{m}$ )

**Table 12. Comparison of artificial teeth wear between CON group and DIG group**

Artificial teeth wear evaluation	
	Mean $\pm$ SD
CON group	30 $\pm$ 30
DIG group	40 $\pm$ 40

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation ( $\mu\text{m}$ ).

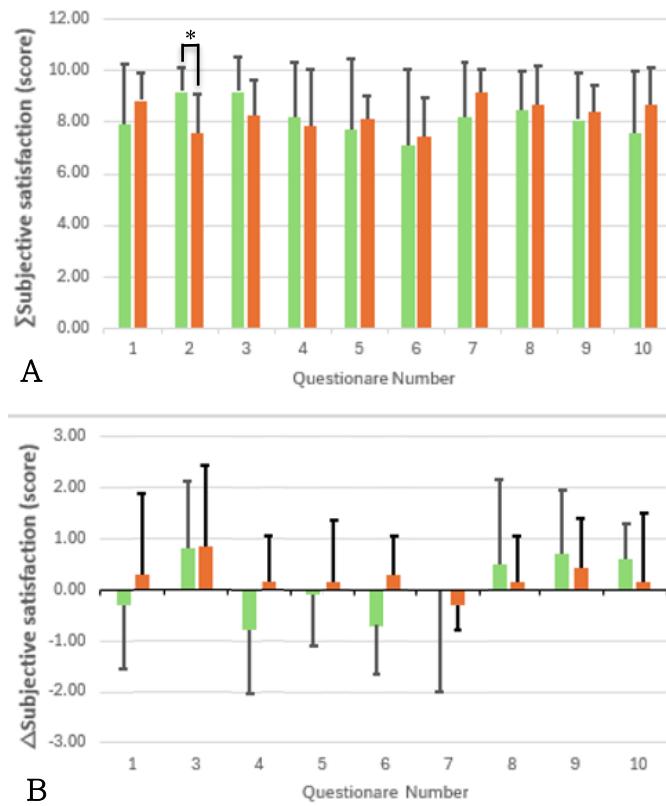
### 3.7. 최종 의치 만족도

최종 의치 장착 후 3 개월 뒤 주관적인 만족도를 10 개의 문항으로 나누어 평가하였다. 먼저 합(sum)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 문항에 대해 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.282$  for question 1,  $P=0.133$  for question 3,  $P=0.740$  for question 4,  $P=0.887$  for question 5,  $P=0.767$  for question 6,  $P=0.536$  for question 7,  $P=0.776$  for question 8,  $P=1.000$  for question 9,  $P=0.283$  for question 10). 반면, 2 문항에 대해서 C-D 그룹의 평균은 9.2 점, D-C 그룹의 평균은 7.57 점으로 C-D 그룹이 유의미하게 컸다( $P=0.033$ ). 이를 통해 2 문항은 잔류효과가 존재하는 것으로 판단하여 차이(difference)에 대한 통계 분석에서 제외시켰다. 2 문항을 제외한 문항들은 잔류효과가 없음을 확인하여 차이(difference)에 대한 C-D 그룹과 D-C 그룹 간의 평균을 통계학적으로 비교 분석하였을 때 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 문항에 대해 두 그룹간 유의미한 차이는 없었다( $P=0.74$  for question 1,  $P=0.887$  for question 3,  $P=0.23$  for question 4,  $P=0.536$  for question 5,  $P=0.055$  for question 6,  $P=0.601$  for question 7,  $P=0.962$  for question 8,  $P=0.639$  for question 9,  $P=0.315$  for question 10) (Table 13, Fig 18). 10 개 문항의 총합에 대한 평균은 CON 그룹은 40.88 점이였으며 DIG 그룹은 41.41 점이였다(Table 14).

**Table 13. Evaluation of subjective satisfaction by questionnaire**

Question 1		Question 2	
Sum		Difference	
Mean $\pm$ SD		Mean $\pm$ SD	
C-D group	7.9 $\pm$ 2.38	-0.3 $\pm$ 1.25	
D-C group	8.86 $\pm$ 1.07	0.29 $\pm$ 1.6	
<i>p</i> value	0.282	0.740	
Question 3		Question 4	
Sum		Difference	
Mean $\pm$ SD		Mean $\pm$ SD	
C-D group	9.2 $\pm$ 1.32	0.8 $\pm$ 1.32	
D-C group	8.29 $\pm$ 1.38	0.86 $\pm$ 1.57	
<i>p</i> value	0.133	0.887	
Question 5		Question 6	
Sum		Difference	
Mean $\pm$ SD		Mean $\pm$ SD	
C-D group	7.7 $\pm$ 2.75	-0.1 $\pm$ 0.99	
D-C group	8.14 $\pm$ 0.9	0.14 $\pm$ 1.21	
<i>p</i> value	0.887	0.536	
Question 7		Question 8	
Sum		Difference	
Mean $\pm$ SD		Mean $\pm$ SD	
C-D group	8.2 $\pm$ 2.1	0 $\pm$ 2	
D-C group	9.14 $\pm$ 0.9	-0.29 $\pm$ 0.49	
<i>p</i> value	0.536	0.601	
Question 9		Question 10	
Sum		Difference	
Mean $\pm$ SD		Mean $\pm$ SD	
C-D group	8.1 $\pm$ 1.85	0.7 $\pm$ 1.25	
D-C group	8.43 $\pm$ 0.98	0.43 $\pm$ 0.98	
<i>p</i> value	>0.999	0.639	

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation (score). Asterisk indicates a statistically significant difference.



**Fig 18. Evaluation of subjective satisfaction with sum and difference**

(A) Sum of subjective satisfaction(score) (B) Difference of subjective satisfaction(score)  
 Asterisk indicates a statistically significant difference.

**Table 14. Comparison of subjective satisfaction between CON group and DIG group**

Subjective satisfaction	
Mean $\pm$ SD	
CON group	40.88 $\pm$ 8.28
DIG group	41.41 $\pm$ 6.87

Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation (score). The maximum score is 50.

## 제 4 장 고찰

본 연구는 한 환자가 두가지 방식의 틀니를 일정한 기간을 두고 착용하는 교차설계(cross-over design) 연구이기 때문에 합(sum)에 대한 두 그룹 간의 평균 분석을 통해 잔류효과(carryover effect)가 있는지 확인하였고 잔류효과가 없음을 확인한 변수들에 대해 차이(difference)에 대한 두 그룹 간의 평균을 분석하여 전통적인 방식으로 제작한 부분틀니와 디지털 방식으로 제작한 부분틀니의 정확성과 임상적 안정성의 차이가 있는지 평가하였다. 대부분의 변수에서 합(sum)에 대한 두 그룹 간의 평균은 유의미한 차이는 없었으나 만족도 조사 문항 중 부분틀니의 치아 색에 대한 만족도인 2 번째 문항에서 합(sum)에 대한 두 그룹간 평균의 유의미한 차이가 있었다. 이는 해당 항목에 대해 잔류효과가 존재함을 의미한다. 즉, 처음에 착용한 부분틀니의 치아 색에 대한 주관적인 만족도가 나중에 착용한 부분틀니의 치아 색에 대한 만족도에 영향을 미친 것으로 판단된다. 본래 교차설계 연구의 경우, 주요 분석 전에 잔류 효과의 존재 여부에 대한 분석을 먼저 수행해야 하며 잔류효과를 배제할 수 있을 만큼 충분히 긴 휴지기(wash out period)를 가져 첫 번째 치료의 효과가 두 번째 치료가 시작되기 전에 완전히 사라져야 한다(Wellek and Blettner 2012). 본 연구에서는 휴지기를 비교적 짧은 기간인 24 시간을 가져 잔류효과가 남았을 것으로 판단되며 휴지기를 보다 길게 가질 경우 연구 참여자가 식사하는 데 불편감이 크기 때문에 기간 설정에 제한이 있었던 점에서 아쉬움이 남았다. 만족도 조사의 2 번째 문항을 제외한 다른 모든 변수들에서는 잔류효과가 없음을 확인하였고 차이(difference)에 대한 두 그룹 간의 평균 분석 시 모두 유의미한 차이는

없었다. 이를 통해 전통적인 방식으로 제작한 부분틀니와 디지털 방식으로 제작한 부분틀니의 정확성과 임상적 안정성의 차이는 없음을 증명하였으나 귀무가설은 부분적으로 기각되었다.

본 연구에서는 DIG 그룹의 최종 의치 제작 시 복제용 실리콘 재료를 이용해 작업 모형을 복제한 모형을 이용하였기 때문에 작업 모형과 허용 가능한 오차 범위내로 모형이 제작되었는지 평가가 필요하였으며 작업 모형과 복제 모형 스캔 데이터를 중첩해서 이를 분석하였다. 가철성 보철물에서 작업 모형의 허용 가능한 정도의 오차는 Pant 등(2008)에 따르면  $100\text{ }\mu\text{m}$ 라고 하였고, Hayama 등(2018)은  $122\text{--}157\text{ }\mu\text{m}$ 라고 하였다. 본 연구에서의 분석 결과, 평균 거리는  $0.2\text{--}7.3\text{ }\mu\text{m}$ , 제곱 평균 근은  $12.6\text{--}40.9\text{ }\mu\text{m}$  범위로 나타나 임상적으로 허용 가능한 오차 범위 내에 있음을 확인하였다.

CAD/CAM 을 이용한 국소의치 구조물 제작 방식은 여러 가지가 있으며 다양한 연구가 보고되고 있다. Kanazawa 등(2014)에 따르면 금속 분말 층을 레이저 또는 전자빔으로 소결하거나 용융하여 적층하는 방식인 selective laser melting(SLM) 기법을 제안하며, 이를 통해 전통적인 방식인 왁스패턴 형성 없이 디지털 방식의 국소의치 구조물 제작이 가능해 보다 편리하며 임상적으로 적용하기에 적절하다고 하였다. Hitzler 등(2018)에 따르면 SLM 방식으로 금속구조물 제작 시 가공 후에 적절한 열처리 과정을 거치면 임상적으로 원하는 연성 및 등방성 특성을 가질 수 있다고 하였다. 이와 다른 방식으로, Ye 등(2018)은 금속이 아닌 polyetheretherketone(PEEK) 재료를 이용한 one-piece PEEK milling 방식을 소개하면서 전통적인 방식으로 제작한 국소의치 구조물에 비해 one-piece PEEK milling 방식으로 제작한 국소의치 구조물의 적합도가 더 우수하였다고 하였다. 또한, Negm 등(2019)은 direct PEEK milling 방식과 PEEK thermopressing 주조방식으로 제작한 국소의치 구조물을

비교하였을 때 direct milling 방식이 보다 우수한 적합도를 보이나 두 가지 방식 모두 임상적으로 적용가능한 결과를 보였다고 하였다. 하지만 PEEK를 이용한 국소의치 구조물 제작 방식은 아직 장기적인 임상 연구 데이터가 부족하다(Lo Russo et al. 2023). 본 연구에서는 국소의치 구조물 제작 시 CON 그룹과 DIG 그룹 모두 동일하게 디자인 소프트웨어를 통해 서베이징 및 블록아웃 하여 디자인한 후 편리하고 적합성도 우수한 SLM 방식으로 프린팅하여 제작하였으며 완성된 국소의치 구조물의 레스트 적합도를 평가하기 위해 레스트에 인상재를 적용한 후 구강내에 직접 시적하여 적용된 인상재의 두께를 측정하였다. Oh 등(2022)은 69~426.3  $\mu\text{m}$  범위에서 오차를 보이는 국소의치 구조물은 임상적으로 허용 가능하다고 하였으며, Dunham 등(2006)은 레스트와 레스트 시트 간에 공간은 평균적으로  $193 \pm 203 \mu\text{m}$ 이며 레스트의 24% 만이 실질적으로 형성된 레스트 시트와 접촉하고 있었다고 하였다. 본 연구에서는 적용된 인상재의 두께 측정 시 CON 그룹은 110~337.5  $\mu\text{m}$ , DIG 그룹은 127~345  $\mu\text{m}$ 로 임상적으로 허용 가능한 정도의 오차를 보였으며 CON 그룹의 평균은 220  $\mu\text{m}$ , DIG 그룹의 평균은 240  $\mu\text{m}$ 으로 비슷한 결과를 보였다. 이를 통해 SLM 방식으로 프린팅하여 제작한 국소의치 구조물이 임상적으로 적용하기에 적절한 것을 확인할 수 있었다.

내면적합이 적절한 틀니는 장착 후 외상성 케양이 적고 틀니의 유지력과 안정성이 높아 환자에게 편안함을 제공해 줄 수 있다(Fenlon and Sherriff 2004). 최종 의치 제작 시 의치상과 작업 모형 간에 발생하는 오차는 대개 레진 재료의 중합 수축과 의치상의 중앙으로 향하는 냉각 수축 경향성에 기인하며(Johnson and Duncanson 1987), 이러한 왜곡은 의치의 유지, 지지, 안정과 구강 점막의 적응을 위해 최소화되어야 한다(Goodacre et al. 2016). Wang 등(2021)의 systematic review에 따르면 비록 총의치에 관한 논문이었으나

대부분의 연구에서 디지털 방식으로 제작한 총의치는 교합 형성의 정확도와 내면 적합도가 임상적으로 허용 가능한 수치를 보였으며, 더 나아가 디지털 총의치는 기존 방식의 총의치와 비슷하거나 더 나은 내면 적합도를 보였다고 하였다. Deng 등(2018)은 의치내면과 작업 모형 사이 평균 0.3mm 정도의 차이는 임상적으로 허용 가능하다고 하였다. 본 연구에서는 최종 의치의 의치상에 인상재를 적용한 후 구강내에 직접 시적하여 적용된 인상재의 두께를 통해 의치상의 적합도를 확인하였을 때 CON 그룹은 60~386.7  $\mu\text{m}$ , DIG 그룹은 140~370  $\mu\text{m}$  범위였으며, CON 그룹의 평균은 210  $\mu\text{m}$ , DIG 그룹의 평균은 240  $\mu\text{m}$ 로 유의미한 차이는 없고 선행 연구와 비슷한 결과를 보였다. 이러한 의치상의 내면 적합도는 의치를 제작하는 과정에서 일어나는 의치상의 체적 변화가 임상적으로 허용 가능한 수준인지 확인할 수 있는 중요한 지표이며, 위 결과를 통해 두 그룹은 서로 다른 방식으로 제작되었지만, 임상적으로 허용 가능한 수준에서 유사한 체적 변화를 보였다는 것을 확인할 수 있었다.

틀니의 수명에 있어서 인공치아의 강도와 마모 저항성은 중요한 요소이다(Munshi et al. 2017). Chung 등(2018)에 따르면 3D-printing 된 인공치아는 레이어 인쇄 기법을 이용하여 레이어 간 결합을 통해 제작되는 반면, 기성 인공치아는 가압하여 패킹된 PMMA resin을 이용해서 제작되기 때문에 물성적으로 차이가 있다고 설명하였다. Gad 등(2023)의 3D-printing 된 인공치아와 기성 인공치아의 마모 저항성 및 파절 저항성을 비교 분석한 연구에서 3D-printing 된 인공치아는 기성 인공치아에 비해 마모 저항성은 낮고 파절 저항성은 높은 결과를 보였으며, 이러한 결과는 두 인공치아 간 물성적인 특성 차이뿐만 아니라 3D-printing 된 인공치아의 경우 기성 인공치아처럼 매끈한 enamel layer가 없기 때문이라고 설명하였다. 본 연구에서는 처음 장착 시 의치와 장착 3 개월 후 의치를

중첩하여 인공치아의 마모도를 평가하였고, 분석 결과 CON 그룹은 10~80  $\mu\text{m}$ , DIG 그룹은 10~97  $\mu\text{m}$ 이였으며 CON 그룹의 평균은 30  $\mu\text{m}$ , DIG 그룹의 평균은 40  $\mu\text{m}$ 로 선행 연구와는 달리 두 그룹 사이에 유의미한 차이는 보이지 않았다. 그러나 본 연구에서 각 틀니의 착용 기간은 3 개월로, 마모가 발생하기에는 비교적 짧은 시간이었기 때문에 이에 대한 분석은 보다 장기적인 연구가 필요할 것이다.

여러 연구에서 제작된 국소의치 구조물 및 최종 의치와 같은 보철물의 적합도를 확인하는 다양한 방법들을 보고하였다. 과거 Gay 등(1978)은 국소의치 구조물 하방에 스테아르산아연 파우더를 뿐려 작업 모형에 적합시키는 방법으로 간접 부위를 확인하였다. 레스트의 적합도 측정 시 Stern 등(1985)은 폴리이씨 인상재를 통해 확인하였으며 Nikon profile projector 를 이용해 그 두께를 측정하였고, Dunham 등(2006)은 vinyl polysiloxane 인상재를 통해 확인하였으며 다이얼 캘리퍼를 사용해 그 두께를 측정하였다. 최근에는 디지털화된 새로운 분석 방법들이 지속적으로 소개되고 있다. Soltanzadeh 등(2019)은 국소의치 구조물의 적합도를 표면 매칭 소프트웨어 프로그램(Geomagic Control 2014 3D Systems, Rock Hill, SC)을 이용하여 스캔 파일들을 최적합 중첩해 국소의치 구조물과 작업 모형 간의 공간을 측정하였고, Tasaka 등(2019)은 제작된 총의치의 정확도를 GOM Inspect 프로그램(GOM Inspect version 2018, GOM GmbH, Braunschweig, Germany)을 이용해 분석하였다. 본 연구에서는 작업 모형과 복제모형 간의 일치도 분석을 위해 평균 거리뿐만 아니라 root mean square(RMS) 값을 측정할 수 있는 측량 소프트웨어(Geomagic Control X version 2018.0.1 3D systems, Rock Hill, SC, USA)를 활용하였으며, 레스트 및 내면 적합도 분석 시 vinyl polysiloxane 인상재의 두께와 인공치의 마모도 분석을 위해 GOM Inspect 프로그램(GOM Inspect version 2018, GOM GmbH, Braunschweig, Germany)을 활용하였다.

이러한 디지털 방식의 분석을 통해 3D 스캔 데이터들을 신속하고 정확하게 분석할 수 있었고, 점이 아닌 영역을 설정하여 평균을 계산함으로써 보다 객관적이고 종합적인 정보를 얻을 수 있었다.

최근 CAD/CAM 기술이 발전함에 따라 디지털화 된 임상 및 기공과정이 활발하게 이루어지고 있다. 본 연구에서는 가철성 치료에서 완전 무치악에 머물러 있던 디지털 치료 연구를 부분 무치악 부위로 적용 영역을 확장시키고자 하였다. 디지털화된 부분 무치악의 치료는 제작과정을 단순화하여 비용절감을 통해 의료비를 절감시키고, 위험물질 취급 감소 및 방식 간소화로 인해 위해요소의 제거 효과를 기대할 수 있으며, 정확성을 증진시켜 진료 효율성을 증진시키고, 환자 성향 및 대합치 상황에 적절한 맞춤형 치아 선택과 치아 재료 및 외형 결정이 가능해지고, 악안면 환자에서의 폐색 장치 등 기존 방식으로 제작이 어려운 경우에도 활용이 가능할 것으로 보인다. 또한, 디지털 활용 분야의 확장을 통해 디지털 기반 치의학 연구의 증진과 구강 스캐너를 활용한 가철성 국소의치 치료 연구로의 확장 가능성을 제시하고 데이터들을 디지털 자료화하여 인공지능 및 기계학습과 연계되는 연구 증진 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 한계점은 교차 설계 연구를 통해 전통적인 제작 방식의 부분틀니와 디지털 제작 방식의 부분틀니를 비교하고자 하였으나 표본 수가 충분히 크지 않았으며 상악 틀니와 하악 틀니를 모두 연구 진행한 대상자가 존재하여 C-D 그룹과 D-C 그룹의 악궁 수가 각각 10 악궁, 7 악궁으로 동일하지 않았다. 또한 내면 적합도, 인공치 마모도 측정 시 모두 유의미하지는 않았지만 DIG 그룹이 CON 그룹보다 큰 평균값을 보였는데 이는 작업 모형과 복제 모형 간에 임상적으로 허용 가능한 정도의 오차가 관찰되었으나 최종 의치 제작 시 CON 그룹은 작업모형을, DIG 그룹은 복제 모형을 이용하였기 때문에 DIG 그룹에서 보다

큰 오차를 가졌을 가능성이 있다. 만약 최종 인상을 두 번 채득하여 두 개의 작업 모형을 제작하였거나, CON 그룹과 DIG 그룹 각각 절반은 작업 모형을, 나머지 절반은 복제 모형을 이용하여 제작하였다면 보다 일관되고 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있었을 것으로 판단된다. 추후 연구에서는 더 큰 표본을 포함하여 결과의 신뢰성을 높이는 것이 필요하며 본 연구의 추적 관찰 기간이 짧아 장기적인 효과를 평가하지 못하였기 때문에 장기적인 추적 검사를 통해 파절빈도, 생체적 합성, 노후화, 착색 및 색 안정성의 평가에 대한 연구가 필요하다.

## 제 5 장 결론

본 임상 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 국소의치 구조물 레스트 적합도, 최종 의치 의치상 적합도, 최종 의치 저작암, 최종 의치 저작능력, 최종 의치 인공치 마모도, 인공치 색에 대한 만족도 문항을 제외한 최종 의치에 대한 만족도는 전통적인 방식으로 제작한 틀니와 디지털 방식으로 제작한 틀니 간에 차이는 없었다.
2. 디지털 제작 방식의 부분틀니는 전통적인 제작 방식의 부분틀니와 정확성과 임상적 안정성이 유사하며 임상적으로 적용하기에 적절하다.

## 참고 문헌

- Arnold C, Hey J, Schweyen R, Setz JM. Accuracy of CAD-CAM-fabricated removable partial dentures. *J Prosthet Dent.* 2018;119(4):586-592.
- Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent.* 2013;109(6):361-366.
- Chia VAP, See Toh YL, Quek HC, Pokharkar Y, Yap AU, Yu N. Comparative clinical evaluation of removable partial denture frameworks fabricated traditionally or with selective laser melting: A randomized controlled trial. *J Prosthet Dent.* 2024;131(1):42-49.
- Chung YJ, Park JM, Kim TH, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. 3D Printing of Resin Material for Denture Artificial Teeth: Chipping and Indirect Tensile Fracture Resistance. *Materials (Basel)*. 2018;11(10):1798. Published 2018 Sep 21.
- Deng K, Chen H, Zhao Y, Zhou Y, Wang Y, Sun Y. Evaluation of adaptation of the polylactic acid pattern of maxillary complete dentures fabricated by fused deposition modelling technology: A pilot study. *PLoS One.* 2018;13(8):e0201777. Published 2018 Aug 29.
- Dunham D, Brudvik JS, Morris WJ, Plummer KD, Cameron SM. A clinical investigation of the fit of removable partial dental prosthesis clasp assemblies. *J Prosthet Dent.* 2006;95(4):323-326.
- Fenlon MR, Sherriff M. Investigation of new complete denture quality and patients' satisfaction with and use of dentures after two years. *J Dent.* 2004;32(4):327-333.
- Fueki K, Inamochi Y, Wada J, Arai Y, Takaichi A, Murakami N, Ueno T, Wakabayashi N. A systematic review of digital removable partial dentures. Part I: Clinical evidence, digital impression, and maxillomandibular relationship record. *J Prosthodont Res.* 2022;66(1):40-52.
- Gad MM, Alghamdi R, Al-Ghamdi R, Al-Jefri A, Akhtar S, Khan SQ, Alalawi H, Al-Qarni FD. Wear and Fracture Resistance of 3D-Printed Denture Teeth: An In Vitro Comparative Study. *J Prosthodont.* 2023;32(2):170-177.
- Gay WD. Laboratory procedures for fitting removable partial denture frameworks. *J Prosthet Dent.* 1978;40(2):227-229.
- Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *J Prosthet Dent.* 2016;116(2):249-256.
- Hayama H, Fueki K, Wadachi J, Wakabayashi N. Trueness and precision of digital impressions obtained using an intraoral scanner with different head size in the partially edentulous mandible. *J Prosthodont Res.* 2018;62(3):347-352.
- Hitzler L, Alifui-Segbaya F, Williams P, Heine B, Heitzmann M, Hall W, Merkel M, Öchsner A. Additive manufacturing of cobalt-based dental alloys: analysis of microstructure and physicomechanical properties. *Adv Mater Sci Eng* 2018;2018: 1-12.
- Holt JE. Research on remounting procedures. *J Prosthet Dent.* 1977;38(3):338-341.

- Hong YS, Park EJ, Kim SK, Koak JY, Heo SJ, Park JM. Surveyed restoration and RPD framework design utilizing electronic surveying. *J Korean Acad Prosthodont*, 2011;49:354-61.
- Jeong SH, Kang SM, Ryu JH, Kwon HK, Kim BI. Subjective food intake ability in relation to the Mixing Ability Index in Korean adults. *J Oral Rehabil*. 2010;37(4):242-247.
- Johnson DL, Duncanson MG Jr. The plastic postpalatal denture seal. *Quintessence Int*. 1987;18(7):457-462.
- Kanazawa M, Iwaki M, Minakuchi S, Nomura N. Fabrication of titanium alloy frameworks for complete dentures by selective laser melting. *J Prosthet Dent*. 2014;112(6):1441-1447.
- Kattadiyil MT, Goodacre CJ, Baba NZ. CAD/CAM complete dentures: a review of two commercial fabrication systems. *J Calif Dent Assoc*. 2013;41(6):407-416.
- Kattadiyil MT, Jekki R, Goodacre CJ, Baba NZ. Comparison of treatment outcomes in digital and conventional complete removable dental prosthesis fabrications in a predoctoral setting. *J Prosthet Dent*. 2015;114(6):818-825.
- Lee JS, Ahn SJ, Lee SB, Lee SW. A case of removable dentures using digital method. *J Korean Acad Prosthodont*, 2018. 56(3): p. 250-257.
- Lo Russo L, Lo Muzio E, Troiano G, Guida L. Cast-free fabrication of a digital removable partial denture with a polyetheretherketone framework. *J Prosthet Dent*. 2023;129(2):262-266.
- Maeda Y, Minoura M, Tsutsumi S, Okada M, Nokubi T. A CAD/CAM system for removable denture. Part I: Fabrication of complete dentures. *Int J Prosthodont*. 1994;7(1):17-21.
- Munshi N, Rosenblum M, Jiang S, Flinton R. In Vitro Wear Resistance of Nano-Hybrid Composite Denture Teeth. *J Prosthodont*. 2017;26(3):224-229.
- Negm EE, Aboutaleb FA, Alam-Eldein AM. Virtual Evaluation of the Accuracy of Fit and Trueness in Maxillary Poly(etheretherketone) Removable Partial Denture Frameworks Fabricated by Direct and Indirect CAD/CAM Techniques. *J Prosthodont*. 2019;28(7):804-810.
- Oh KC, Yun BS, Kim JH. Accuracy of metal 3D printed frameworks for removable partial dentures evaluated by digital superimposition. *Dent Mater*. 2022;38(2):309-317.
- Pant R, Juszczak AS, Clark RK, Radford DR. Long-term dimensional stability and reproduction of surface detail of four polyvinyl siloxane duplicating materials. *J Dent*. 2008;36(6):456-461.
- Park SY, Park SW, Park C, Jang W, Yun KD. 3D printed surveyed restoration and metal framework in removable dentures: A case report. *J Korean Acad Prosthodont*, 2023: p. 153-159.
- Slade GD. Derivation and validation of a short-form oral health impact profile. *Community Dent Oral Epidemiol*. 1997;25(4):284-290.
- Soltanzadeh P, Suprono MS, Kattadiyil MT, Goodacre C, Gregorius W. An In Vitro Investigation of Accuracy and Fit of Conventional and CAD/CAM Removable Partial Denture Frameworks. *J Prosthodont*. 2019;28(5):547-555.
- Stawarczyk B, Lümkemann N, Eichberger M, Wimmer T. Accuracy of Digitally Fabricated Wax Denture Bases and Conventional Completed Complete Dentures. *Dent J (Basel)*. 2017;5(4):36. Published 2017 Dec 19.

- Stern MA, Brudvik JS, Frank RP. Clinical evaluation of removable partial denture rest seat adaptation. *J Prosthet Dent.* 1985;53(5):658-662.
- Tasaka A, Matsunaga S, Odaka K, Ishizaki K, Ueda T, Abe S, Yoshinari M, Yamashita S, Sakurai K. Accuracy and retention of denture base fabricated by heat curing and additive manufacturing. *J Prosthodont Res.* 2019;63(1):85-89.
- Tregerman I, Renne W, Kelly A, Wilson D. Evaluation of removable partial denture frameworks fabricated using 3 different techniques. *J Prosthet Dent.* 2019;122(4):390-395.
- Wang C, Shi YF, Xie PJ, Wu JH. Accuracy of digital complete dentures: A systematic review of in vitro studies. *J Prosthet Dent.* 2021;125(2):249-256.
- Wellek S, Blettner M. On the proper use of the crossover design in clinical trials: part 18 of a series on evaluation of scientific publications. *Dtsch Arztebl Int.* 2012;109(15):276-281.
- Wu J, Wang X, Zhao X, Zhang C, Gao B. A study on the fabrication method of removable partial denture framework by computer-aided design and rapid prototyping. *Rapid Prototyping Journal*, 2012.18(4): p. 318-323.
- Ye H, Li X, Wang G, Kang J, Liu Y, Sun Y, Zhou Y. A novel computer-aided design/computer-assisted manufacture method for one-piece removable partial denture and evaluation of fit. *Int J Prosthodont.* 2018;31:149-51.

## ABSTRACT

**Comparative evaluation of clinical stability of removable partial dentures fabricated by conventional and digital methods :  
A prospective, randomized, cross-over clinical study**

**Purpose of the Study:**

With the advancement of digital technology, various studies and clinical cases using intraoral scanners and CAD/CAM have been reported. While digital technologies are actively used in fixed prosthodontics, such as natural teeth and implants, most reports in the removable prosthodontics area focus on complete dentures, and research and case reports on removable partial dentures are still lacking. This cross-over clinical study aims to compare the accuracy, clinical stability, and patient satisfaction of removable partial dentures fabricated by conventional and digital methods.

**Materials and Methods:**

Seventeen subjects of study were randomly divided into two groups: one group first wore removable partial denture fabricated by conventional methods, while the other group first wore removable partial denture fabricated by digital methods. After three months, all groups wore removable partial dentures that they did not wear at first.

After scanning the working cast, the scanned models were surveyed, blocked out and designed using design software and the designed frameworks were printed. The conventional removable partial dentures were fabricated using the conventional resin injection method, while

the digital removable partial dentures were fabricated by designing artificial teeth and denture bases using design software and then printed.

For objective evaluation, the evaluation of rest seat adaptation, denture base adaptation, masticatory pressure, masticatory capacity, and wear of artificial teeth after three months were assessed. Additionally, subjective satisfaction with each type of denture was evaluated through questionnaires.

### **Results:**

There were no significant differences in evaluation of rest seat adaptation( $P=0.139$ ), denture base adaptation( $P=0.319$ ), average( $P=0.813$ ) and maximum( $P=0.355$ ) masticatory pressure, masticatory capacity( $P=0.779$ ), artificial teeth wear( $P=0.129$ ), subjective satisfaction with the final denture(all  $P>0.05$ ) except for the question regarding satisfaction with the color of artificial teeth between the CON and DIG groups.

### **Conclusion:**

There were no significant differences in the rest seat adaptation, denture base adaptation, masticatory pressure, masticatory capacity, wear of artificial teeth and subjective satisfaction with the final removable partial denture except for the question regarding satisfaction with the color of artificial teeth between the conventional and digital methods.

---

Key words: CAD/CAM; Cross-over clinical study; Removable partial denture